

Fundamentos de ingeniería ambiental

Academia Nacional de la
Ingeniería y el Habitat



FUNDAMENTOS

DE

INGENIERÍA

AMBIENTAL

Griselda Ferrara de Giner

Manuel Torres Parra

Eduardo Buroz

Rafael Lairet

Editores

2019

FUNDAMENTOS DE INGENIERIA AMBIENTAL

Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, ANIH
Griselda Ferrara de Giner, Manuel Torres Parra, Eduardo Buroz y
Rafael Lairet (eds)



Academia Nacional
de la Ingeniería y el Hábitat

ISBN: 978-980-7106-08-5



9 789807 106085

ISBN: 978-980-7106-08-5

Depósito legal: DC2019000773

Diagramación y Edición: Antonio Machado-Allison

Diagramación Portada: María Isabel Almiñana

Imagen Fuente: <https://www.cleanpng.com/png-environmental-engineering-natural-environment-clea-5836385/download-png.html>

Impresión electrónica.

DESCARGO DE RESPONSABILIDADES

El contenido de este informe no refleja necesariamente los puntos de vista o políticas de la ANIH. Si bien se han realizado esfuerzos razonables para garantizar que los contenidos de esta publicación sean objetivamente correctos y se mencionen adecuadamente la ANIH no acepta responsabilidad por la exactitud o integridad de los mismos, ni por ninguna pérdida o daño que pueda ocasionarse directa o indirectamente mediante el uso de los contenidos de esta publicación. Asimismo, los autores son responsables de los derechos de autor de las figuras incluidas en esta publicación. Sin embargo, la ANIH manifiesta su compromiso con las obligaciones y derechos establecidos en el marco legal vigente y las normativas internacionales sobre propiedad intelectual, por lo que, para cualquier requerimiento, reclamo o sugerencia, pone a disposición su dirección de email y página WEB indicada en esta página.

Palacio de las Academias, Bolsa a San Francisco, Caracas, 1010 – Venezuela
Apartado Postal 1723 - Caracas, 1010 – Venezuela. Oficina Administrativa: Edif.
Araure, Piso 1, Ofic. 104, Sabana Grande, Caracas, 1050 - Venezuela. Teléfonos:
(+58-212) 761.03.10 / 761.20.70 Correo-e: acadingven@gmail.com / url:
www.acading.org.ve

Caracas -Venezuela

PRESENTACION

La Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, ANIH, de Venezuela, se complace en presentar esta primera edición del libro *FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA AMBIENTAL*, el cual constituye el primer avance sobre el tema en referencia, con el propósito de contribuir al conocimiento y divulgación de los aspectos relacionados con el ejercicio de la Ingeniería y Gestión Ambiental. Podrá servir también de texto auxiliar para apoyar el aprendizaje a la introducción en las ciencias ambientales, a los estudiantes de aquellas asignaturas relacionadas y de aplicación transversal en las diversas carreras de la ingeniería, la arquitectura, el urbanismo, ciencias y otras con temas ambientales en sus diseños curriculares. Del mismo modo, se aspira que pueda ser útil como material de consulta en los programas de nivelación de quienes han decidido tomar cursos de diplomados, especialización o maestría en la temática ambiental.

Esta entrega, es el producto de un trabajo en equipo que forma parte del programa de actividades de la Comisión de Ambiente de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, en donde cada capítulo ha sido desarrollado por un experto en la temática, con un consejo editorial encargado de recopilar y supervisar la publicación. Aun cuando esta versión no es exhaustiva, pues la temática que abordan los distintos programas curriculares de las universidades nacionales es muy amplia, se espera que la misma pueda contribuir en algunos aspectos a la formación de los estudiantes. Los miembros de la referida Comisión de Ambiente de la ANIH, continuarán elaborando nuevos capítulos para ir agregando contenidos en temas complementarios en nuevas ediciones, corregidas y aumentadas, a fin de ofrecer una publicación cada vez más actualizada e integral.

Esta publicación intenta plantear contenidos conceptuales que permitan la comprensión del tema ambiental, crear conciencia en nuestro entorno sobre la cuestión fundamental que significa conocer el ambiente, formar una cultura sobre el valor estratégico que el mismo representa y estimular la curiosidad profesional sobre el tema. También persigue desarrollar instrumentos que faculten a los profesionales para adoptar capacidades que les permitan resolver problemas sencillos y adquirir conocimientos básicos para

investigar y resolver problemas de complejidad media. Se ha estructurado en concordancia con los contenidos de las asignaturas que se imparten en las carreras mencionadas.

Aunque el libro está dirigido principalmente a estudiantes y profesores de las carreras referidas, puede abarcar una población-objetivo mucho más amplia, por cuanto aspira ser utilizado para complementar estrategias de enseñanza-aprendizaje en otros programas de carreras que tengan temas relacionados con el contenido general del texto. Igualmente apunta a aquellos lectores interesados en conceptos como los que aquí se exponen, tan vigentes en la actualidad. Sobre todo cuando la humanidad se enfrenta a un especial esfuerzo por crear conciencia sobre el desarrollo sostenible, la nueva visión del crecimiento de las naciones, que nos permitirá enfrentar los retos que plantean el acelerado crecimiento poblacional, el desarrollo agroindustrial, comercial y urbano y el cambio climático. Todo en pro de lograr un equilibrio armónico entre el bienestar del hombre y el ambiente.

El libro, en concordancia con la temática cubierta por la ingeniería ambiental, incluye capítulos que están relacionados con el ambiente y el desarrollo sostenible, los recursos, la contaminación y su control, los problemas ambientales, y la planificación y gestión ambiental. Su publicación en formato digital facilitará la inserción, en una nueva edición, de nuevos contenidos en la medida que sean elaborados, revisados y aprobados para su publicación por el Consejo Editorial.

Dado el carácter experimental de este enfoque en la publicación del referido texto, los editores agradecen a los lectores y a los especialistas en estos temas, hacer llegar las sugerencias y contenidos asociados que a bien tengan, para mejorar y ampliar su alcance, reservándose desde luego, el derecho de insertarlos de acuerdo con los criterios editoriales de la ANIH.

Caracas, 7 de Diciembre de 2019.

PRÓLOGO

La presencia en nuestro planeta de la especie *Homo sapiens* –estimada según los datos más recientes en unos 300.000 años– es el resultado de una larga línea evolutiva de millones de años, incluyendo entre nuestros ancestros primates a los *Australopitecos* ya con gran capacidad de marcha bípeda y de posterior aparición formando parte del linaje humano, una variada representación del género *Homo* tales como el *Homo habilis*, *Homo erectus* y *Homo neanderthalis* con cerebros de mayor capacidad y antecesores más cercanos, en tiempos geológicos, a nosotros los *sapiens*. Ya presentes en el planeta Tierra como la especie *Homo sapiens*, nuestros ancestros pasaron de ser recolectores-cazadores viviendo en grupos muy pequeños conformados por unas pocas familias, hasta la situación actual donde somos más de 7.500 millones de personas habitando el planeta Tierra y un 55% viviendo en ciudades, porcentaje que se elevará a 68% para el 2050. Con el correr del tiempo, el impacto de nuestra especie sobre su entorno pasó de ser francamente muy exiguo a constituir un factor altamente degradante. La explosión demográfica, la industrialización, la pobreza, las migraciones y el proceso de urbanización de la sociedad, desde pequeños asentamientos organizados, comunidades estables y pueblos, hasta las grandes ciudades y megalópolis de la actualidad, ejercen fuertes presiones sobre el ambiente que finalmente se traducen en problemas para la población y para el medio natural, sea el aire, el agua, el suelo o los otros seres vivos con los que compartimos el planeta.

Con el paso de los años en la historia de la Tierra, estimada en unos 4.500 millones de años, el planeta ha pasado de ser un sistema abiótico a uno pletórico de vida. Desde la aparición de las primeras formas de vida -alrededor de unos 3.000 millones de años atrás según nos indican los registros fósiles- hasta hoy en día, la biosfera que incluye a todas las especies de la Tierra junto con sus ambientes abióticos y sus complicadas interrelaciones, ha evolucionado hasta su carácter actual con una amplia variedad de ecosistemas que nos dan servicios inestimables para sostener la población humana. Sin embargo, sin percarnos apenas de la gravedad de nuestras acciones depredadoras, estamos sometiendo a la biosfera a una feroz presión y degradación muchas veces irreversible.

Entre 3.500 y 3.000 millones de años atrás aparecen los primeros seres vivos: bacterias anaerobias (que usan H y H₂S) y bacterias fotosintéticas (bacterias del azufre y cianobacterias) que consumen dióxido de carbono (CO₂) y dan comienzo a la producción de oxígeno (O₂) que estaba ausente en la atmósfera original. Este elemento tan vital para nuestro mundo actual, se consumía inicialmente en reacciones de oxidación y por eso no se acumulaba en la atmósfera. Hace 570 millones de años, el oxígeno había aumentado lo suficiente para permitir vida primitiva en los cuerpos de agua. Posteriormente su contenido siguió incrementándose y permitió la evolución de animales terrestres capaces de respirar aire. Hace unos 100 millones de años, su concentración comenzó a estabilizarse a los niveles actuales. La aparición de los primeros primates que evolucionaron hasta conducir al hombre moderno sucedió en un mundo con una atmósfera muy parecida a la actual, pero sin los contaminantes que hoy en día son parte de su composición.

En los albores de la historia del hombre, este apenas se diferenciaba de las otras especies animales desde el punto de vista de su limitado impacto ambiental, pero ya desde el descubrimiento del fuego, en el período Paleolítico, comienza su inexorable intervención negativa sobre los sistemas naturales y apropiación del territorio.

Con el surgimiento de la agricultura y las actividades pecuarias que se remontan a unos 10.000 años atrás en el período Neolítico, los seres humanos se hacen sedentarios y surgen los primeros asentamientos humanos que van consolidándose y constituyendo el germen de las futuras ciudades. El crecimiento de la población humana fue muy lento inicialmente y con el transcurrir de los años se fue incrementando llegando a la tasa exponencial de los últimos siglos. Este fenómeno que conlleva un incremento de las necesidades de agua, alimentación, vivienda y requerimientos de energía, conduce a un uso cada vez más intenso de los recursos naturales introduciendo un factor acelerador de modificaciones ambientales, la mayoría con una connotación negativa para nuestro entorno. Cabe destacar que en la actualidad aún existen comunidades humanas en el mundo viviendo como sus ancestros del Neolítico, en una forma sustentable, sin causar mayor agresión a su entorno, como ciertas tribus de la Orinoquia y la Amazonia.

Nuestra sociedad actual se encara a un mundo lleno de contradicciones. Por una parte la industrialización y la tecnología que nos avasallan día a día con sus novedades y que hacen más confortable la vida a un segmento, nada desdeñable, de la población mundial que puede acceder a ellas, pero que vienen acompañadas generalmente de una carga contaminante, de ago-

tamiento de los recursos y de modificaciones del medio. Por la otra, una fracción significativa, aunque afortunadamente en descenso, de los habitantes del planeta con graves problemas de hambre, escasez de recursos, inequidad y pobreza. En suma, dos situaciones antagónicas que deben resolverse en favor de los más vulnerables, para conseguir un mundo donde todos los seres humanos podamos vivir a plenitud y en armonía con la naturaleza.

El intelecto del hombre, ventaja competitiva frente a las otras especies de primates, ha impulsado un desarrollo tecnológico que requiere de cantidades ingentes de materiales y energía para satisfacer el llamado estado de bienestar de los seres humanos, alcanzado por muchos países desarrollados y que quisieran lograr para si los más numerosos países en desarrollo. El advenimiento de la revolución industrial a finales del siglo XVIII fue un paso clave en esa dirección y en los siglos posteriores se potenció con la consecución de un amplio conjunto de novedosas transformaciones tecnológicas, que aunque sin duda mejoraban la vida de los humanos, traían aparejada la introducción de un amplio abanico de contaminantes en los diferentes compartimientos ambientales. Entre ellos, miles de compuestos químicos sintéticos que utilizamos en nuestras actividades cotidianas, sean domésticas, agropecuarias e industriales incluyendo la quema de millones de toneladas de combustibles fósiles usados como fuente de energía. Todo este panorama está unido a los cambios en el uso de la tierra, producto de las crecientes necesidades alimentarias mundiales, que al mismo tiempo van en detrimento de la biodiversidad natural de los ecosistemas.

Los avances tecnológicos, que tan caros nos son a los habitantes del mundo actual, conllevan generalmente una carga de degradación de los recursos naturales, explotados para beneficio de los seres humanos mas no de los sistemas naturales. Cuestión que es perfectamente evitable porque existen los conocimientos para sobreponerse a los impactos negativos de esas actividades. Hace falta, entonces, una visión más amplia de la situación del planeta que logre encaminar a la sociedad hacia un uso racional de los recursos y a una convivencia armoniosa de la especie humana con nuestro entorno.

De cara a la situación planteada la Ingeniería Ambiental, rama de la ingeniería, que nace de la conjunción de disciplinas académicas relacionadas en torno a la comprensión y manejo del ambiente con una visión de desarrollo sostenible, se enfrenta a la realidad de esa crisis ambiental. Esto supone acometer prioritariamente la prevención de los impactos que potencialmente pudieran provocar las actividades propias del desarrollo económico de las naciones y cuando esta estrategia no fuera suficiente y el impacto

ya es un hecho, incorporar las tecnologías de control existentes, todo en pro de mejorar la calidad ambiental para la salud humana y el bienestar de los pobladores. Esta disciplina está fuertemente vinculada a las tres dimensiones del desarrollo sostenible: lo económico, lo social y lo ambiental. Por ello incluye proyectos de desarrollo industrial, de urbanismo, de minería, agrícolas, de infraestructura civil, transporte y comunicaciones, entre otros y los aspectos sociales y culturales que conlleva el desarrollo y una amplia temática relacionada con el ambiente.

Los ingenieros ambientales tendrán que encarar en su área de trabajo la gestión integral del ambiente enmarcada en un desarrollo que permita avanzar hacia una sociedad en favor de las personas, el planeta y la sostenibilidad. Esto significa que deben tener un bagaje de conocimientos que incluya, sin pretender ser exhaustivos, los recursos naturales, los problemas ambientales y sus causas, la prevención y el control de la contaminación ambiental, la administración ambiental, la problemática social y cultural de las poblaciones, factores todos que inciden sobre la consecución del desarrollo sostenible del planeta, meta a la que todos debemos aspirar, y que debe enfocarse con una base científica pero también tecnológica y de gestión.

Este libro *Fundamentos de la Ingeniería Ambiental* dirigido a estudiantes de ingeniería y ciencias ambientales de cursos introductorios a nivel universitario, intenta iniciar al educando en la vía para alcanzar tal cometido y fomenta y estimula la creación de una cultura ambiental en sus lectores haciéndolos más conscientes de la paradoja existente entre la dependencia de los habitantes del planeta con los servicios ecosistémicos que nos brinda la naturaleza y por otra parte la fuerte presión negativa que ejercemos sobre la Tierra degradando sus espacios. Esta situación paradójica debe resolverse y existen herramientas que podemos utilizar para disminuir los impactos ambientales y en el texto se dan a conocer sus fundamentos.

El contenido del libro abarca desde generalidades sobre el ambiente y la sustentabilidad pasando por los recursos naturales de diversa índole, la contaminación ambiental y su control, problemas ambientales como el crecimiento de la población y el cambio climático y la planificación y gestión ambiental en sus diversas vertientes. El texto es el producto de un esfuerzo colectivo, donde cada capítulo tiene la impronta de su autor, un especialista en la temática correspondiente.

El Consejo Editorial del libro agradece la valiosa colaboración de los coautores de los diferentes capítulos para el feliz término de este proyecto,

que pensamos es un aporte interesante a la toma de conciencia sobre nuestro entorno por parte de los ingenieros, arquitectos, urbanistas y otras profesiones relacionadas con las ciencias ambientales.

Griselda Ferrara de Giner

Caracas, 7 de Diciembre 2019

CONTENIDO

Capítulo I. El ambiente: Generalidades. *Griselda Ferrara*

Capítulo II. La sustentabilidad ambiental. *Reinaldo Martínez*

Capítulo III. El recurso aire. *Maria T. Martelo y Griselda Ferrara*

Capítulo IV. Los ambientes y recursos naturales y el desarrollo sustentable en las áreas continentales de Venezuela. *Antonio Machado-Allison*

Capítulo V. El recursos energético. *Juan Carlos Sánchez*

Capítulo VI. Contaminación ambiental. *Manuel Torres Parra*

Capítulo VII. Control de la contaminación del agua. *Griselda Ferrara*

Capítulo VIII. Contaminación por ruido. *Victoria Rastelli y Victor Rastelli*

Capítulo IX. Contaminación visual y contaminación lumínica.
Reinaldo Martínez

Capítulo X. Cambio Climático. *Alicia Villamizar*

Capítulo XI. Riesgos ambientales. *Ángel Rangel*

Capítulo XII. Conflictos ambientales. *Rafael Laiet*

Capítulo XIII. Ordenación del territorio. *Maria Antonieta Febres*

Capítulo XIV. Legislación ambiental. *M^a. de las Mercedes Diez Negrillo*

Capítulo XV. La gestión ambiental en áreas urbanas. *Rosa María Chacón, Loraine M. Giraud Herrera, Luisa Páez, Juana Pujaico Rodríguez*

Capítulo XVI. Ética ambiental. *Lorraine M. Giraud Herrera y Debbie Elizabeth Méndez*

Capítulo XVII. Educación para el desarrollo sostenible. *Rosa M. Chacón y Nila Pellegrini*

Capítulo XVIII. Economía y ambiente. *José Antonio Pérez Roa*

Capítulo XIX. Gestión de los desechos y residuos sólidos. *Rebeca Sánchez*

Capítulo XX. Istrumentos para la evaluación ambiental. *Rafael Laiet*

CAPÍTULO I

EL AMBIENTE: GENERALIDADES

Introducción

En la vasta inmensidad del universo, entre millones de constelaciones y estrellas, emerge este pequeño planeta que llamamos Tierra, nuestro hogar, y el cual forma parte de un minúsculo sistema solar en la constelación denominada Vía Láctea. Es el hogar del *Homo sapiens*, nuestra especie, pero también lo es de millones de otras especies de seres vivos, con los que convivimos y con los que compartimos sus recursos y sus espacios. Ese “punto azul pálido” en la vasta arena cósmica, como expresara Carl Sagan en 1996, es nuestra única morada y debemos preservarla para los actuales pobladores pero más importante aún, para nuestros descendientes.

En este capítulo nos vamos a referir al ambiente, al medio que nos rodea y que es la fuente de nuestro sustento como seres vivos que somos y que ha permitido el florecimiento de las civilizaciones humanas a lo largo de su historia. El agua y los alimentos que consumimos, el aire que respiramos, el suelo que nos permite la actividad agrícola, los materiales con que confeccionamos nuestra vestimenta y nuestras viviendas, son todos ejemplos de la fuerte interrelación que tiene la especie humana con el ambiente que nos envuelve.

Toda criatura viviente, desde las minúsculas bacterias hasta el hombre, altera el ambiente que le rodea al interactuar a través de sus procesos vitales tomando oxígeno y devolviendo dióxido de carbono a su entorno (caso de los seres vivos que respiran), o toma dióxido de carbono y devuelve oxígeno (caso de seres vivos fotosintéticos).

Es así, qué desde su aparición como especie, el hombre ha modificado su entorno. En menor grado cuando su población era escasa y nómada; con mayores efectos negativos a medida que esta se incrementaba, formaba comunidades estables (sedentarias), llegando a acciones devastadoras cuando su crecimiento se hizo exponencial y que al día de hoy alcanza a más de 7.000 millones de habitantes con sociedades más exigentes en la utilización o el consumo de recursos renovables y no renovables.

El ambiente y su manejo debemos verlo desde diferentes aproximaciones que incluyen los aspectos materiales, pero también los sociales, econó-

micos y morales o éticos. En una primera visión pareciera que los recursos hídricos, la atmósfera, el suelo y la biota constituyen ese todo que llamamos ambiente de los cuales obtenemos recursos o servicios, pero inmediatamente como seres que vivimos en sociedad nos percatamos que los aspectos socioculturales son un componente primordial del mismo y que el desarrollo que ha acompañado a la humanidad a través de los tiempos incluye aspectos económicos sustanciales que deben incorporarse a la noción de ambiente. Más aún hoy día cuando se consideran dos comportamientos quasi antagónicos de ver al ambiente y sus recursos: 1) con una visión Antropocéntrica (oferta y uso de recursos), o 2) con una actitud Ecocéntrica de considerarlo como parte de nuestra vida y el respeto por la vida otros organismos y sus necesidades.

El hombre moderno y las sociedades industriales actuales requieren satisfacer necesidades, hábitos y costumbres para mantener el estilo de vida que se considera confortable a la luz de los estándares de hoy en día. Este desiderátum obliga a la mayoría de las naciones a un consumo masivo de materiales y energía que requiere de la extracción y refinación de ingentes recursos naturales, su transformación y manufactura en productos, su transporte hasta llegar al consumidor y su vertido luego que ya fue utilizado. Cada una de estas etapas generalmente está acompañada de intervención (o huella) de sistemas naturales, consumo de energía y producción de desechos, aspectos todos que conducen a la degradación de: ecosistemas, salud de los seres vivos y valores socio-culturales y estéticos. Si agregamos los cambios en el uso de la tierra para incrementar los terrenos a ser utilizados en la agricultura y cría de ganado necesarios para alimentar a la creciente población humana, es otra vertiente del proceso de afectación negativa del ambiente y que conlleva la deforestación de miles de hectáreas de sistemas naturales con efectos a largo plazo, que serán devastadores para la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas.

Todas estas circunstancias conducen a conformar una situación de grave deterioro en una amplia variedad de paisajes geográficos de muchos países del globo. Esta realidad cada día que pasa se hace más avasallante:

- 1) Ríos tan contaminados que no pueden garantizar la vida silvestre o garantizar sus usos tradicionales domésticos, cuando la escasez de agua dulce es una gran preocupación a nivel mundial;
- 2) Producción de plásticos y otros deshechos no biodegradables de un sólo uso que finalmente alcanzan los océanos en magnitudes tales que conforman islas de “basura” mayores a países;

- 3) Ciudades con una contaminación atmosférica muy alta cuya comprobada incidencia sobre las tasas de mortalidad por enfermedades respiratorias es una realidad.
- 4) Modificaciones del paisaje eliminando las bellezas escénicas y afectando la psique humana.

Todos los sistemas naturales, aun los que se consideran prístinos como la Amazonía, están afectados en mayor o menor grado por lo que se suele denominar degradación ambiental. En la amplia variedad y cantidad de publicaciones que tratan el tema, sean técnicas, científicas o sencillamente para todo público, frecuentemente se usa como grito de alarma sobre esta sumatoria de situaciones de contaminación y degradación de nuestro entorno, la contundente expresión de *crisis ambiental*. Denominación que se ajusta a las implicaciones tan negativas al ambiente que conllevan. Esa es la incuestionable realidad, sin ninguna duda. Nos estamos enfrentando a una crisis ambiental global, con una extensión sin precedentes en la historia humana.

1 El Ambiente

El conjunto de los componentes físicos, químicos, biológicos y los valores sociales y culturales que confluyen en un espacio donde se asientan los seres humanos lo llamamos ambiente. Se trata de los factores naturales del espacio en el que se encuentran las personas, como son el agua, el aire, el suelo y los otros seres vivos, que adicionalmente integra las relaciones sociales entre estos pobladores del planeta y un valor intangible como es la cultura.

Esta definición trata de considerar no sólo los aspectos naturales del entorno que rodea a los seres humanos, que básicamente aparecen en cualquier descripción del ambiente que tenga que ver con disciplinas relacionadas con seres vivos y el espacio en el que se encuentran, sino que incluye las relaciones que se generan en una sociedad por pequeña que sea y a las que nos referimos como valores sociales y culturales.

No obstante, si nos remitimos a la descripción de la palabra “ambiente”, tal como aparece en el diccionario de la Real Academia Española (RAE), hay que destacar que aparecen múltiples acepciones adicionales de esta palabra que son de uso común en el habla coloquial, pero en otros contextos. Queda claro que en este texto, la palabra ambiente la estamos usando en la acepción que ataña directamente a las disciplinas de la ingeniería ambiental y las ciencias ambientales en general. Etimológicamente la palabra ambiente tiene su origen en la palabra latina *ambiens, ambientis* del verbo *ambere*, “rodear”, “estar a ambos lados” (RAE).

Dado el uso, cada vez más frecuente y generalizado de la palabra “medioambiente” o también aunque menos frecuente, como “medio ambiente” referidas al mismo concepto que acabamos de describir, es imperativo dedicar un espacio a explicar esta dualidad de las dos acepciones. No obstante, cabe decir que en este capítulo vamos a usar, cuando corresponda, la palabra “ambiente”.

En la mayoría de los países latinoamericanos, incluido Venezuela, el término “ambiente” es la acepción más común, y puede citarse a manera de confirmación que los ministerios encargados de esa temática en esos países ostentan el término ambiente en su denominación. No es el caso de México. Pero, debemos destacar que la opción “medio ambiente” o “medioambiente” se usa frecuentemente como sinónimo de ambiente en muchas referencias escritas en el idioma español y particularmente en España, cuna de nuestro idioma, el uso de este término es el habitual, incluyendo las publicaciones oficiales y entre ellas todo lo relativo a la legislación. Es una realidad que cada vez encontramos con mayor frecuencia la acepción “medioambiente” en cualquier trabajo o documento sobre el tema ambiental. Las traducciones al español de documentos emanados de las Naciones Unidas y de sus diferentes oficinas de rango mundial, de tan amplia divulgación a nivel global, también usan preferentemente la opción medioambiente. Se puede citar particularmente la denominación del relevante programa de las Naciones Unidas dedicado al ambiente, que es una referencia mundial, y cuya sigla en inglés es UNEP (United Nations Environment Programme) y en español la sigla correspondiente es PNUMA, o sea Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. El diccionario de la Real Academia Española (RAE) ha aceptado el uso del término medioambiente y puede consultarse en su diccionario Panhispánico de Dudas (2005), donde se incluye para rematar el concepto, explicaciones adicionales sobre la forma de escribir el plural de la palabra y sobre el adjetivo derivado de la acepción medioambiente.

En la Tabla I.1 se hace un recorrido por diferentes definiciones del ambiente, medioambiente y términos relacionados, que nos permiten observar las variadas aproximaciones que diferentes organizaciones y autores hacen del concepto.

Al estudiar el ambiente nos enfrentamos a un sistema natural bastante complejo que incluye el medio físico natural y el medio socio cultural. En el primer caso nos estamos refiriendo a elementos abióticos y bióticos, los primeros conformados por los compartimientos ambientales aire, agua y suelo constituyendo sus componentes físicos y los segundos por todos los

Tabla I.1. Definiciones de ambiente, medioambiente y términos relacionados

* Ambiente: Conjunto o sistema de elementos de naturaleza física, química, biológica o socio-cultural, en constante dinámica por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia de los seres humanos y demás organismos vivos, que interactúan permanentemente en un espacio y tiempo determinado (Ley Orgánica del Ambiente, 2006, G.O.E. 5833).
* Ambiente: Conjunto de elementos naturales y sociales relacionados e interdependientes, en un lugar y tiempo determinado, que en forma directa influyen en la vida de todos los seres vivos (VITALIS, 2014).
* Ambiente: Conjunto o condiciones o circunstancias físicas, sociales, económicas, etc, de un lugar, una colectividad o una época. (Diccionario de la RAE, 2018).
* Por ambiente, entorno o medio: se entiende la sistematización de distintos valores, fenómenos y procesos naturales, sociales y culturales que condicionan en un momento y espacio determinados la vida y el desarrollo de los organismos y el estado de los elementos inertes, en una conjunción integradora, sistemática y dialéctica de relaciones de intercambio entre el hombre y los diferentes recursos (Fraga et al., 2011).
* Ambiente: Condición o circunstancia de un lugar, considerada favorable o desfavorable para las personas o cosas que están en él. (Diccionario Larousse, 2009)
* El Ambiente: es un sistema dinámico definido por las interacciones físicas, biológicas, sociales y culturales, percibidas o no, entre los seres humanos y los demás seres vivientes y todos los elementos del medio en el cual se desenvuelven, bien que estos elementos sean de carácter natural o sean transformados o creados por el hombre (García Bermúdez, 2013).
* El ambiente: es un sistema complejo en el cual las partes y el todo están integrados por un conjunto dinámico de dimensiones/componentes físico-naturales, socioeconómicos, culturales y políticos estructurados de manera jerárquica, compuestos a su vez por subsistemas que están en constante interacción entre ellos y con el entorno, en permanentes cambios derivados de procesos naturales o inducidos por la acción humana, a diferentes escalas, en un espacio y tiempo determinados (Lairet, 2015).
* Medio: Conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades (Diccionario de la RAE, 2018)
* Medioambiente: Conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades. Aunque aún es mayoritaria la grafía <i>medio ambiente</i> , el primer elemento de este tipo de compuestos suele hacerse átono, dando lugar a que las dos palabras se pronuncien como una sola; por ello, se recomienda la grafía simple <i>medioambiente</i> , cuyo plural es <i>medioambientes</i> . Su adjetivo derivado es <i>medioambiental</i> (Diccionario panhispánico de dudas-RAE, 2005).
* Medioambiente: Conjunto de componentes físicos, químicos y biológicos externos con los que interactúan los seres vivos. (Diccionario del español jurídico, 2019).
* Medio ambiente. Ecología. Conjunto de elementos, condiciones o factores que rodean a un ser vivo e influyen en su desarrollo y actividad (Diccionario Larousse, 2009).
* Calidad del ambiente: Estado del ambiente tal como se percibe objetivamente en términos de la medición de sus componentes, o subjetivamente en términos de atributos tales como belleza y valor (Munn, 1979, citado por Buroz, 2009).
* Calidad de vida: para cada persona, es el producto de sus estados de salud y satisfacción (Mallmann, Max-Nelf y Nudler, 1978, citado por Buroz, 2009). Entendiéndose por salud, el bienestar físico, mental y social, y por satisfacción, la concordancia entre aspiraciones y logros.

seres vivos representados por los animales, los vegetales, los protistas y el hombre; este último aunque forma parte del grupo de los animales, juega un papel tan central en su impacto al ambiente que tenemos que colocarlo en una clasificación particular, cuestión que además coincide con la visión antropocéntrica que tenemos los seres humanos sobre nuestro papel en la naturaleza. La energía que nos llega del sol forma parte de los elementos abióticos y al ser el motor de la vida en el planeta es primordial en este sistema. En el caso del medio socio cultural conforma el subsistema constituido por las estructuras y condiciones sociales, histórico culturales y económicas emanadas de la forma como se comportan los seres humanos en sus comunidades al interactuar entre sí y con su entorno. Entre todos los componentes ambientales descritos existen complicadas interacciones físicas, químicas y sociales que conducen finalmente a un estado particular de equilibrio en cada zona del planeta, situación que pudiera cambiar por presiones internas y externas de los componentes y que pudieran transformar tal estado. La contaminación ambiental es una de tales situaciones, que cada vez impacta con mayor fuerza nuestro entorno, cambiando a veces en forma irreversible a amplias regiones de este sistema tan complejo que llamamos Planeta Tierra.

Se debe enfatizar que en este capítulo introductorio no se va a profundizar sobre los elementos constitutivos del ambiente señalados en el párrafo anterior. Ese es el objeto principal de los capítulos posteriores del libro. En los capítulos III, IV y V dedicados a los recursos biofísicos y en los capítulos VI, VII, VIII y IX dedicados a la planificación y gestión ambiental se presentan con detalle los aspectos correspondientes a los mismos y por lo tanto en este capítulo introductorio no se va a discutir en detalle sobre tales temas, sino presentar acercamientos básicos y fundamentales de tales elementos constitutivos. Por otra parte, nos vamos a referir a algunos aspectos generales sobre el ambiente que creemos deben destacarse y no están cubiertos en esos capítulos.

Una propiedad o característica que debe resaltarse cuando estudiamos el ambiente es su carácter global. No existen fronteras entre los diferentes componentes del ambiente. Las interrelaciones entre tales componentes son dinámico-temporales comunes. A manera de ejemplo, citamos que: 1) se han encontrado vestigios de plaguicidas en los pingüinos de la Antártida, donde no existe la posibilidad de actividades agrícolas y que provienen de los campos de cultivo del continente europeo o el asiático, entre otros y que están situados a miles de kilómetros; 2) la vida promedio y el transporte que tiene una molécula de CO₂ que exhalamos (aproximadamente 60 años); y

3) Los refrigerantes utilizados modernamente afectan la capa de ozono y causan el aumento del llamado “efecto invernadero”. Estas situaciones se dan por efecto del movimiento de las masas de aire contaminado que se lleva a cabo entre esos continentes, o entre poblaciones cercanas sencillamente por las propiedades meteorológicas de la atmósfera por un lado y el “metabolismo físico-químico” por el otro. Así mismo, otro ejemplo que puede destacarse esta vez con la participación del componente agua, se refiere a los ríos contaminados por mercurio proveniente de la extracción artesanal del oro y que producen a su vez, diversas afecciones en seres humanos que utilizan como fuente dichas aguas y también en los peces y otros seres vivos propios del ambiente acuático, que incluso conducen a la biomagnificación del mercurio en la cadena trófica. Todos estos ejemplos son sólo una muestra del carácter global del ambiente, que no tiene fronteras.

Una forma bastante acertada de introduciéndonos en el estudio de la globalidad del ambiente es comenzar por hablar de la biosfera, la parte del planeta que soporta la vida. La biosfera cuenta con una fuente externa de energía inagotable en términos prácticos como es nuestro sol, además con abundante provisión de agua y muy importante, está situada en la interfase líquido-sólido-gas (intersección de la hidrosfera, la litosfera y la atmósfera) del planeta. En esta zona se tienen los ingredientes requeridos para hacer posible la vida: nutrientes del suelo, oxígeno y dióxido de carbono provenientes de la atmósfera, y agua de los océanos, ríos y aguas subterráneas.

La biosfera es una delgada e irregular capa de la Tierra, una más entre las otras capas que los estudiosos del tema definen para una mejor comprensión de la estructura del planeta, como son la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera. El término biosfera lo acuñó Eduard Suess, un geólogo de origen inglés, en 1875, pero no fue sino hasta 1926 que el científico ruso Vladimir Vernadsky popularizó la expresión, cuando la incluyó en un artículo que tuvo amplia divulgación en la comunidad científica y así lo tenemos aceptado en la actualidad (Hutchinson, 1970). Se puede decir que la biosfera es el ecosistema más vasto del planeta e incluye a todas las especies de la tierra junto con sus ambientes abióticos y sus complicadas interrelaciones, bien entre los seres vivos o entre estos y su entorno (Giner et al., 2008). La biosfera incluye la parte inferior de la atmósfera, la superficie de la tierra, unos pocos cm de suelo y la parte superior de las aguas. El límite superior del hábitat humano está alrededor de 5.000 metros. Un poco más arriba se consiguen algunos seres vivos como arañas y ciertas esporas. En el límite inferior de la biosfera, en las profundidades abisales (aprox. 10.000 m) ya se conoce que existen peces y otros seres vivos adaptados a las altas presio-

nes existentes en tales regiones. Pero, sin duda, la mayor concentración de seres vivos está en una franja ubicada entre los 2.000 m de profundidad y los 3.000 m de altitud. Se sabe que las condiciones de los extremos no son las deseables por la mayoría de las formas de vida (Hutchinson, 1970; Nebel y Wrigth, 1999).

Es interesante evidenciar que de los más de 100 elementos químicos que tiene la tabla periódica, los que mayormente abundan en la materia viva, componente principal de la biosfera, son el hidrógeno (49,8%), el carbono (24,9%), el oxígeno (24,9%) y el nitrógeno (0,27%), además están presentes otros elementos como el azufre y el fósforo, que no podemos olvidar ya que también son esenciales, pero en mucha menor proporción. Se puede decir que la biosfera es el lugar de interacción de esos cuatro elementos tan abundantes. Una fórmula empírica de la materia viva que toma en cuenta estos elementos y es de las más usadas es: $H_{2960}O_{1480}C_{1480}N_{16}S$. La biosfera está muy carboxilada y más hidratada y reducida (hydrogenada) que la litosfera. La composición de la corteza terrestre (última subcapa de la litosfera) tiene como elementos más abundantes el oxígeno (46,4%), el silicio (27,8%) y el aluminio (8,1%). La atmósfera tiene 78,1% nitrógeno y 21 % oxígeno y la hidrosfera tiene 66,4% hidrógeno y 33% oxígeno (Deevey, 1970). En definitiva, cada compartimiento tiene una composición característica y propia del mismo.

La biosfera es el asiento de la inmensa cantidad de especies que pueblan el planeta. Esos seres vivos pueden medrar en el ambiente gracias a las fuertes interrelaciones que existen con la hidrosfera, la atmósfera y la litosfera. Estas relaciones se pueden evidenciar claramente cuando estudiamos los ciclos biogeoquímicos de los elementos que nos muestran como cicla la materia entre los seres vivos (la biosfera) y las esferas físicas. Procesos físicos, químicos y biológicos ciclan los elementos esenciales. Los nutrientes requeridos por cualquier especie para crear su biomasa son puestos a su disposición por este ciclaje de elementos, donde los microorganismos tienen un papel primordial. Las fronteras entre biosfera, hidrosfera, atmósfera y litosfera son fácilmente traspasadas por los compuestos al cambiar de estado o de forma. No podemos desligar la vida de tales relaciones. La descomposición de la materia carbonosa por la biota encargada de esta función, especialmente bacterias, produce dióxido de carbono requerido por los vegetales para hacer su fotosíntesis y durante esta se produce oxígeno requerido por los seres aerobios para su respiración. El nitrógeno atmosférico ($N_{2(g)}$), inerte para la mayoría de las especies, es fijado por bacterias especializadas y transformado en amoníaco y nitrato, ahora disponibles como

fuente de nitrógeno para la mayoría de los seres vivos que lo requieren para la formación de las proteínas constituyentes de la biomasa. Al morir la biota, su biomasa se convierte en fuente de nitrógeno y carbono asimilables. Este relato da cuenta de algunos ejemplos de las relaciones entre la biosfera y el resto de las esferas físicas. Como resultado de que existan condiciones ambientales apropiadas para la presencia de seres vivos, adaptados a los múltiples hábitats que se encuentran en la Tierra, existen millones de especies constituyentes de lo que se denomina la biodiversidad del planeta, que tan cara es para el equilibrio natural (Nebel y Wrigth, 1999; Henry y Heinke, 1999).

Remontándonos a las lejanas épocas de existencia de la Tierra hace más de 3.500 millones de años, dicen teorías aun en discusión pero con amplia aceptación, que la atmósfera primigenia del planeta debía tener una composición semejante a la de los gases volcánicos actuales (de carácter reductor) porque empezó a formarse a partir de las emisiones de gran cantidad de volcanes en erupción presentes en esa era geológica. Por tanto, en ese entonces la atmósfera era rica en N₂, CO₂ y vapor de agua. Con menor abundancia había presencia de SO₂, CO, otros compuestos de azufre y de cloro y debe destacarse que en ese tiempo la atmósfera no contenía rastros de O₂. Pero, hace unos 3.000 millones de años comienza una gran transformación cuando aparecen las primeras bacterias anaerobias (que usan H y H₂S) y los primeros organismos fotosintéticos (cianobacterias) que consumen CO₂ y producen O₂. Este oxígeno se consume inicialmente en reacciones de oxidación y por tanto, en ese momento, no se acumulaba en la atmósfera. El incremento del oxígeno en la atmósfera fue un proceso lento. Hace ya unos 570 millones de años el oxígeno había aumentado lo suficiente para permitir vida acuática y unos 400 millones de años atrás su contenido se había incrementado lo suficiente para permitir la evolución de animales terrestres capaces de respirar aire. El vapor de agua se condensó y se formaron los antiguos océanos y allí se disolvieron gases como el CO₂, HCl y SO₂. En ese mar primitivo se dieron las condiciones propicias para que se iniciara la vida. El O₂ gradualmente producido por los organismos fotosintéticos oxidó a sustancias reductoras presentes en los océanos. El CO₂ disminuyó por sus reacciones con las rocas de la corteza terrestre, desde una concentración inicial en la atmósfera de alrededor del 98% y transformándose en carbonatos, materia orgánica en suelos y sedimentos y en petróleo y carbón. Los niveles actuales de la atmósfera (78,1% N, 20,9 O₂, 0,9% Ar y 0,03% CO₂) comenzaron a estabilizarse hace unos 100 millones de años por las reacciones químicas y bioquímicas y por los procesos físicos descritos (Stern, 1976; Moore y Moore, 1976; Alonso y Sesé, 1988; González Cárdenas, 2005).

Las 3/4 partes de la superficie del globo terráqueo están cubiertas por agua. Cuantitativamente, el recurso hídrico alcanza un número llamativamente alto de $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$. Este número nos puede dar una impresión de gran abundancia, pero una primera revisión de los tipos de agua nos enfrenta a la realidad de que 97,4 % de ese total es agua salada proveniente de océanos y mares. Con tal característica esa fracción mayoritaria de agua no está disponible para importantes usos humanos del recurso como son el riego y el uso doméstico. Restan apenas 2,6 % de agua dulce, que incluye los prácticamente inaccesibles casquetes polares y glaciares quedando para los ríos, lagos, aguas subterráneas someras y agua verde (zona de raíces) un escaso 0,4 % (De Sola, 1970). Este porcentaje relativamente tan pequeño, sin embargo, aún podría ser suficiente para abastecernos a los más de 7.600 millones de habitantes del globo ya que equivale a $5 \times 10^{13} \text{ m}^3$ de agua dulce. No obstante, la distribución del agua a nivel del globo terráqueo no es uniforme y en muchos países estamos inmersos en una crisis de agua porque se presenta escasez del recurso. La localización geográfica y la estación del año son factores naturales que influyen con fuerza sobre la disponibilidad del agua. Se puede encontrar países como los Emiratos Árabes que apenas cuentan con una disponibilidad promedio de $58 \text{ m}^3/\text{persona/año}$ y otros como la Guayana Francesa en el otro extremo de la disponibilidad con $812.121 \text{ m}^3/\text{persona/año}$ (UNESCO-WWAP, 2003).

Además de los factores naturales, tanto en países desarrollados pero con mayor énfasis en países en desarrollo, nos enfrentamos a una amenaza creciente sobre el recurso agua constituida por el fenómeno de su contaminación aportada por las aguas residuales producidas por las actividades antrópicas. Es un factor que incide negativamente en la calidad del agua dulce y por ende influye directamente en la disminución de la cantidad de agua de calidad apropiada disponible por las poblaciones y por tanto en la creciente escasez del recurso.

El recurso suelo, la parte más externa de la corteza terrestre, es el soporte de las actividades del hombre sobre la superficie sólida del planeta, así que sostiene la vegetación y las infraestructuras construidas. La litosfera, que es toda la parte sólida de la Tierra, se estudia dividiéndola desde lo más profundo en las capas denominadas núcleo, manto y corteza. Hace 4.500 millones de años el planeta Tierra era todavía una bola de magma fundida y cuando se enfrió sus elementos constituyentes se fueron separando y unos 50 millones de años después el hierro se hundió hasta lo que conocemos hoy como el núcleo. Los elementos más ligeros silicio, aluminio, calcio, magnesio,

sodio, potasio y oxígeno, junto con alguna cantidad de hierro, formaron una “corteza rocosa” en la superficie (Tarbuck y Lutgens, 2005). Las rocas de la corteza, mayoritariamente silicatos, carentes de vida, químicamente poco activas, relativamente duras y no porosas, se transforman por una sorprendente metamorfosis -el proceso denominado pedogénesis- en suelo, un material poroso, con vida, químicamente activo, blando y permeable. Ese proceso, también llamado meteorización, de desintegración física y química de las rocas cercanas a la superficie (la roca madre), conduce a la formación de minerales secundarios de tamaño de partícula mucho más pequeño y al mismo tiempo produce iones, llegando finalmente a la constitución del material de textura suelta y porosa que conocemos como suelo. Es un sistema multicomponente, con una extensión entre unos pocos milímetros a unos pocos metros, dependiendo de la zona geográfica de la que se trate, con una fase sólida (50%), una fase líquida (25%) y una fase gaseosa (25%) y con la capacidad de soportar seres vivos. La fase sólida del suelo tiene una fracción orgánica de alrededor de 5%, que incluye la biota presente, raíces y sustancias húmicas, y una fracción en torno al 95% de materia inorgánica, básicamente silicatos de aluminio con hierro, sodio, potasio, calcio y magnesio, que según el tamaño de las partículas constituyentes pueden clasificarse como arena, limo o arcillas. (Porta et al., 2003)

2 Evolución de la percepción sobre el ambiente y sus problemas en los últimos siglos

A lo largo de los últimos siglos, la percepción de la humanidad sobre el ambiente ha sufrido un cambio relevante. El punto de partida es una actitud explotadora de los sistemas naturales que tenían como objetivo primordial, el crecimiento económico y cuyo ejemplo era el desarrollo alcanzado por el llamado “primer mundo”, donde las chimeneas emitiendo toneladas de humo contaminante se concebían como indicadores del mismo. La revolución industrial que nace en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII inicia esta era que se expande al resto del mundo occidental. En la década de los 60’s se alcanza un período donde comienza a ponerse en entredicho el modelo de desarrollo anterior y la pobreza y desigualdad social se empiezan a tomar en cuenta. Ya los grupos de ciudadanos “verdes” comienzan a tener un espacio. Fue la época de la publicación del libro de la bióloga Rachel Carson (1962) “La primavera silenciosa” con un contenido muy de vanguardia sobre los plaguicidas y sus efectos devastadores sobre la biota y que tuvo en ese momento un gran impacto en la sociedad generando una conciencia ambientalista tan significativa que influyó incluso en producir cambios en la normativa de USA sobre el uso de productos agrotóxicos.

En la década de los 70's se introduce la dimensión ambiental en la agenda internacional. En 1972 se lleva a cabo en Estocolmo la histórica conferencia sobre el Medio Humano que significó un hito en el desarrollo de la política ambiental en el seno de las relaciones internacionales. En esta reunión se plantea el concepto de ecodesarrollo y es el espacio donde la Organización de las Naciones Unidas crea el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA). Es la época de la publicación, auspiciada por el prestigioso Club de Roma, del libro "Los Límites del Crecimiento", producto de un estudio realizado por Meadows y sus colaboradores y que fuera una gran influencia para la comprensión a nivel mundial del fenómeno del desarrollismo, donde se presenta un modelo que anticipaba las distintas fases del agotamiento de los recursos naturales y el declive de la sociedad acompañado de un fuerte incremento de la contaminación a partir de 2030. Se podría decir que este modelo ha sido bastante acertado.

En la década de los 80's cuando empeoran los indicadores económicos y sociales en el llamado 3^{er} mundo, comienza a plantearse un nuevo orden económico mundial. Así, en 1987 como fruto del trabajo sobre esta temática por parte de una comisión de las Naciones Unidas se presenta el llamado Informe Brundtland sobre el Desarrollo Sostenible. La primera ministra noruega Gro Harlem Brundtland presidía esa comisión y de ahí el nombre con que es conocido. Este nuevo concepto sobre el desarrollo fue un cambio de paradigma en lo económico y social al incluir el ambiente como parte sustancial a tomar en cuenta en el desarrollo de las naciones. Se reconciliaba el bienestar económico con los recursos naturales y la sociedad. Básicamente expresaba que la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes no podían comprometer las posibilidades de las generaciones futuras de atender sus propios requerimientos. El Desarrollo Sostenible intenta una toma de conciencia sobre la globalidad de la crisis ambiental y considera como dimensiones básicas los aspectos sociales, económicos y ambientales.

A partir de este informe, con gran aceptación por la mayoría de los países, el consenso sobre el Desarrollo Sostenible y la existencia de relaciones causa-efecto entre degradación del ambiente y modelo de crecimiento se ha afianzado y tuvo su confirmación con la realización de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (1992). Esta histórica reunión contó con la participación de 178 naciones que fueron signatarias de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que aclaró el concepto de desarrollo sostenible y elaboró un programa de acción para el siglo XXI, llamado *Agenda 21*. También en esta reunión se aprobó el *Convenio sobre la Diversidad Biológica*, así como la *Convención Marco de las Naciones*

Unidas sobre el Cambio Climático que condujo, más adelante a la firma del Protocolo de Kioto, realizado en 1997.

Aunque el modelo de Desarrollo Sostenible ha tenido dificultades desde el punto de vista práctico para su implementación a nivel global, debe reconocerse que ha habido avances en diversos espacios en el mundo. Con la aprobación por la ONU de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para los tres primeros lustros de este siglo (2000-2015) se intentó una vez más conseguir que los países del mundo se desarrollaran, garantizando la sostenibilidad del medio ambiente. Esto incluía además como objetivos principales erradicar la pobreza extrema y el hambre, lograr la enseñanza primaria universal, promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer, reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años, mejorar la salud materna, combatir el VIH, el paludismo y otras enfermedades. Al concluir el período de los ODM, se puede destacar que ha habido logros importantes en cada uno de los objetivos planteados, pero al mismo tiempo se reconoce que aún persisten las desigualdades. Entre los logros relacionados con el ambiente pueden mencionarse: la eliminación de las sustancias que agotan la capa de ozono, se han incrementado áreas protegidas en muchas regiones, se incrementó a 91% la población mundial que utiliza fuentes de agua mejoradas, 58% de la población mundial disfruta de agua potable por cañería, en todo el mundo, 95 países han alcanzado la meta de saneamiento, hubo una disminución desde 39,4% a 29,7% de población urbana viviendo en barrios marginales en regiones en desarrollo (Naciones Unidas, 2015).

Como una importante pieza en la evolución de la percepción global del ambiente cabe mencionar que a mediados del año 2015 el Papa Francisco publica su encíclica “*Laudato si*”. Esta publicación partiendo de tan influyente personaje en el ámbito mundial es bastante relevante. Está dedicada a criticar el consumismo y el desarrollo irresponsable y proponer una acción mundial para combatir la degradación ambiental y el cambio climático. El planteamiento desarrollado a lo largo de la encíclica, aun cuando tiene la impronta de un dirigente tan importante de la Iglesia Católica, no obstante, la hace expresamente extensible a cada persona que habita el planeta, independientemente de sus creencias. La percepción del Papa Francisco sobre el desarrollo sostenible queda plasmada en el llamado que hace en la introducción de su documento:

“*El desafío urgente de proteger nuestra casa común incluye la preocupación de unir a toda la familia humana en la búsqueda de un desarrollo sostenible e integral*” (Papa Francisco, 2015).

Partiendo de las enseñanzas que se experimentaron durante el lapso de implementación de los ODM, en las Naciones Unidas se llevó a cabo un activo proceso de negociaciones entre los representantes de diferentes naciones para suscribir en septiembre de 2015 una nueva hoja de ruta, la denominada “*Transformar nuestro mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*” que entró en vigor el 1 de enero de 2016, con la aprobación de 193 países y de un conjunto de actores de la sociedad civil y el mundo académico. Esta agenda incluye 17 objetivos y 169 metas del desarrollo sustentable (ODS) para los próximos 15 años, los cuales constituyen «un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad» y conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental (Naciones Unidas, 2015).

La Agenda 2030 reconoce que el desarrollo social y económico depende de la gestión sostenible de los recursos naturales en nuestro planeta y por ello incluye la preservación y utilización sostenible de los recursos naturales y la protección de la diversidad biológica y los ecosistemas, enfrentar a la escasez de agua y su contaminación y la degradación del suelo, la adopción de medidas urgentes en la lucha contra el cambio climático y sus efectos, entre otros aspectos relativos al ambiente, sin olvidar la erradicación de la pobreza y el hambre en el mundo, la promoción de la salud, bienestar y trabajo para todos, la igualdad de género, acceso a energía asequible y sostenible, una industria sostenible, el consumo responsable, la reducción de la desigualdad entre países y entre ellos, ciudades y comunidades sostenibles (Naciones Unidas, 2015). Sin duda es un gran reto el que tiene la comunidad internacional para alcanzar tan exigentes objetivos y metas. En la actualidad, en muchos países se hacen esfuerzos por lograr su consecución. No obstante, a casi cuatro años de aprobada la Agenda 2030 por la comunidad internacional, lo que se puede destacar es que formando parte de algunos de los ODS se han alcanzado logros generalmente modestos y por el contrario en muchos casos lo que se tiene es una reducción de los avances logrados en años anteriores. En el proceso para alcanzar tan ambiciosos objetivos se enfrentan dificultades como los conflictos, el cambio climático, la desigualdad, la persistencia de la pobreza y el hambre, la rápida urbanización y la degradación del ambiente (Naciones Unidas, 2018). En el informe de las Naciones Unidas de 2018, sobre los avances de los ODS se plantea que una buena forma de comenzar el plan incluye, en particular, establecer una infraestructura sólida de agua y saneamiento, asegurar el acceso a energía limpia y asequible, construir ciudades seguras y ecológicas, proteger los ecosistemas e introducir modalidades de consumo y producción sostenibles.

Debe reconocerse que estos desafíos y sus soluciones requieren un enfoque integrado que reconozca que están interrelacionados.

3 Cambios Ambientales Globales

El término cambio global se refiere al conjunto de cambios ambientales profundos con participación de la actividad humana y con especial referencia a cambios en los procesos que determinan el funcionamiento del sistema Tierra. El concepto cambio global significa una serie de cambios a escala planetaria en los mecanismos de regulación de la biosfera, zona habitada por *Homo sapiens* y cuyas actividades están afectando inequívocamente los procesos determinantes de su funcionamiento comprometiendo de forma aguda a las generaciones futuras (Duarte et al., 2009).

El hombre tiene capacidad de utilizar la tecnología para reemplazar el lento proceso de la evolución. Esas capacidades se han utilizado sin plena conciencia de las consecuencias que tienen sobre la naturaleza y funcionamiento del planeta. En el término cambio global se incluyen aquellas actividades antrópicas que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional para afectar el funcionamiento global del sistema Tierra (Duarte et al., 2009). Los seres humanos ahora tienen la capacidad de alterar el sistema Tierra en formas que amenazan los procesos y componentes bióticos y abióticos de los que ellos mismos dependen. Las evidencias de que esos cambios están afectando el funcionamiento básico del Sistema Tierra, particularmente el clima, crece cada año. (Steffen et al., 2004).

Cuando se habla de los cambios a nivel global en el ambiente, a veces se piensa en las transformaciones ocurridas en los últimos 250 años asociadas al crecimiento exponencial de la población mundial y a los requerimientos extraordinarios de recursos necesarios para sostener una población cada vez más demandante. Pero, los cambios ambientales se han estado sucediendo siempre a lo largo de las eras geológicas y desde la presencia de nuestros ancestros homínidos; lo inédito que está ocurriendo ahora, es un cambio de escala y velocidad. Anteriormente, en épocas pretéritas, los problemas eran más regionales y se presentaban en períodos de cientos o miles de años. Ya durante la lejana época de nuestros antecesores cazadores-recolectores fueron capaces de transformar mediante la quema inmensas regiones de bosques (p.e el “outback” en Australia Central hace 50.000 años) o extinguir al mamut y al rinoceronte lanudo por la caza intensiva que hicieron de estos animales, y más tarde en el devenir histórico con el adve-

nimiento de la agricultura, las civilizaciones asentadas en los valles de los ríos Tigris y Eufrates provocaron la salinización de los suelos bajo riego. Todos estos procesos son ejemplos de un impacto ambiental provocado por actividades de la especie humana, pero aún con efectos limitados. En las sociedades industrializadas actuales los problemas ambientales se manifiestan con mayor rapidez, ahora suceden en decenas de años. Las profundas transformaciones del ambiente en nuestra Tierra, lo que se llama cambio global, y que son únicas en la historia humana, se debe no a fuentes naturales sino al creciente número de la población mundial y sus actividades, que aun cuando empezaron siglos atrás, sin duda han sufrido una profunda aceleración a partir de la segunda mitad del siglo XX (Sapiña, 2002; Steffen et al., 2004).

Cabe mencionar que las características del cambio global han llevado a algunos especialistas en el tema ambiental a proponer el término Antropoceno para referirse a la etapa actual del planeta Tierra. Lo propuso en el año 2000 el químico atmosférico y premio Nobel Paul Crutzen junto a su colega E. Stoermer para designar una nueva era geológica en la historia del planeta, en la que la humanidad ha emergido como una nueva fuerza capaz de dominar los procesos fundamentales de la biosfera (Duarte et al., 2009). Esta propuesta está en discusión y tiene detractores por no constituir una era geológica como tal. No obstante, ha tenido una buena acogida en el ámbito comunicacional y por ello el término lo encontramos con bastante frecuencia en muchas publicaciones. La era geológica en la que estamos inmersos actualmente es el Holoceno correspondiente a la última del período cuaternario actual. Es un período post-glacial y comenzó aproximadamente hace 11.700 años. Sin embargo, daños mayores como los señalados anteriormente se sucedieron incluyendo la desaparición de poblaciones o especies humanoides del género *Homo* desde su aparición hace aproximadamente 2,5 millones de años.

La fuerte interrelación e interdependencia de las diferentes regiones del orbe se hace cada vez mayor e influye en que los problemas se globalicen y entre ellos los ambientales. La población mundial está más fuertemente conectada que nunca bien sea por la globalización de la economía como por el flujo de información y la facilidad de transporte. Hay un efecto cascada de las actividades humanas interactuando unas con otras. A manera de ejemplo, el requerimiento de un producto vegetal propio de zonas tropicales, por parte de naciones con mayores recursos económicos y de zonas templadas, repercute en la degradación de los suelos de una nación pobre donde se puede cultivar ese producto. Ese sería el caso de la deforestación de selvas tropicales para sembrar la palma aceitera, requerida para producir biocom-

bustible por países industrializados. Una actividad evidentemente insostenible que repercute en el equilibrio de ese rico ecosistema, quizás en forma irreversible y acabando con el hábitat de especies propias del mismo, con lo cual las estamos condenando a la desaparición. Esta problemática narrada se repite con variantes en diversas zonas del orbe y básicamente es la realización de un profundo cambio en el uso de la tierra y forma parte del cambio global.

Antes de la introducción del concepto de cambio global, la Tierra era vista como subcomponentes, como piezas de un “rompecabezas” que se unían, pero en las últimas décadas esa perspectiva localista está cambiando y ahora se ve como un todo: el sistema Tierra. El cual tiene interconexiones entre procesos físicos, químicos y biológicos y entre suelo, océano y atmósfera, en el espacio y el tiempo, con el añadido de la intervención humana. Este cambio de percepción ha estado influido por nuevos aportes al conocimiento como el uso generalizado de sistemas de observación global y de bases de datos globales y la visión de la Tierra desde el espacio, entre otros. La conducta sistémica del ambiente de la Tierra se debe a una combinación de fuerzas externas -primariamente variaciones en radiación solar cerca de la superficie del planeta- y un complejo arreglo de retroalimentación y forzamiento dentro del ambiente de la Tierra misma (Steffen et al., 2004). Un indicador clave como es la concentración de CO₂ en la atmósfera está incrementándose dramáticamente desde 280 ppm al inicio de la época de la revolución industrial hasta más de 400 ppm en la actualidad y las evidencias de la relación de este cambio con las actividades antropogénicas es muy fuerte. Este cambio global incide directamente en el comportamiento del efecto invernadero que consigue hacer habitable nuestro planeta con una temperatura promedio de 15°C, pero la cual está mostrando incrementos y desde 1880-2012 ha aumentado 0,85°C ± 0,41 (IPCC, 2013).

Se pueden citar diversas manifestaciones de los cambios, de origen multi-variado pero consistentemente ocasionado por actividades antropogénicas, que está sufriendo el Sistema Tierra y que forman parte de lo que se define como cambio global. Entre otros, se pueden citar los siguientes impactos ambientales, todos de carácter global (Sapiña, 2002; Steffen et al., 2004; Duarte et al., 2009):

- a) Grandes extensiones de suelo cubiertas originalmente por bosques y selvas se han transformado en suelos para cultivos y pastizales, estimándose que entre 39 y 50% de la superficie de la tierra ha sido domesticada para uso humano.

- b) Se ha producido una disminución de la extensión de la capa de ozono existente en la estratosfera, que nos protege de la tóxica radiación ultravioleta B, causada básicamente por una familia de productos químicos sintéticos como son los Clorofluorocarbonos (CFC) y que no existían en forma natural en el planeta. Sin embargo, puede citarse como caso excepcional que este proceso se ha podido revertir gracias al cumplimiento del Protocolo de Montreal (1987) firmado por la mayoría de los países y que obligaba al cierre de las industrias fabricantes de los CFC.
- c) Se ha alterado el ciclo biogeoquímico del nitrógeno por cuanto la fijación artificial del elemento, por el proceso Haber-Bosch que produce amonio a partir del nitrógeno atmosférico, sobrepasa a su fijación natural en más del 35% y esto incide en el comportamiento del ciclo, en muchos casos negativamente. Se estimula la tasa de nitrificación y desnitrificación, produciendo un incremento de N_2O en la atmósfera. El aumento en la producción de fertilizantes lleva a una presencia excesiva del nitrógeno en las aguas de retorno agrícolas induciendo eutrofización en cuerpos de agua con poco movimiento.
- d) El incremento de la presencia de gases contaminantes y partículas de aerosoles en la atmósfera, especialmente en zonas urbanas e industrializadas tienen un fuerte impacto sobre la salud humana, constituyendo la causa de millones de muertos al año. La atmósfera es altamente sensible a las perturbaciones antropogénicas y es un factor de redistribución muy eficiente a nivel planetario de los materiales nocivos que le llegan por actividades antrópicas, jugando un papel muy importante en los procesos de cambio global.
- e) Se ha incrementado en forma alarmante la pérdida de un número apreciable de especies biológicas en muchos ecosistemas del planeta, con su incidencia negativa en la biodiversidad propia del sistema natural. Una de las principales causas de la disminución de la biodiversidad es el cambio en el uso de la tierra, que transforma los hábitats originales en zonas inhóspitas para muchas especies. Esta situación permite observar las fuertes interrelaciones existentes entre distintas manifestaciones del cambio global.
- f) Entre las manifestaciones más impactantes del cambio global ocupa un papel muy relevante el cambio climático, uno de los fenómenos más inquietantes para el futuro de la humanidad, en la actualidad. La quema masiva de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo, cuestión

unida estrechamente a los requerimientos de energía de los países modernos para lograr su desarrollo económico, produce ingentes cantidades de CO₂, uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI) presentes en la atmósfera y que nos enfrenta al cambio climático, con su secuela de impactos negativos sobre el ambiente (Para el desarrollo de este tema ver cap.18 del texto). La magnitud y tasa de estos cambios, son en muchos casos sin precedentes, en al menos el último medio millón de años. Por ello, la humanidad debe afrontar con prontitud un cambio en su estilo de vida actual que consiga la disminución de los GEI producidos.

4 Las “Huellas”. Una novedosa forma de estimar los impactos ambientales de diversas actividades antrópicas

Enfrentados como estamos a una situación de deterioro del ambiente, parece relevante que podamos cuantificar los niveles de la degradación que se le está causando a nuestro entorno. Existe una amplia variedad de formas de expresar los impactos de las actividades humanas sobre el ambiente: estrictamente económicos, estrictamente ambientales, tomando en cuenta la sustentabilidad o los aspectos sociales o los institucionales.

Desde la década de los 90's se han generado diversos indicadores que intentan cuantificar los impactos antrópicos sobre la Tierra y sus recursos. Podemos destacar los siguientes (Sotelo Navalpotro et al., 2010):

- > El Ahorro Genuino (Presentado por Pearce y Atkinson, 1993 y Hamilton et al., 1997).
- > El Índice de Capital Ecológico (Presentado por van der Perk and De Groot, 2000).
- > El Índice del Planeta Vivo (Presentado por WWF, 2000).
- > El Índice de Capital Natural (Presentado por RIVM, 2002).
- > El Índice de Desarrollo Humano Presentado por PNUD, 1990).

Brevemente, estos indicadores de impacto antrópico se definen:

- > El Ahorro Genuino (*Genuine saving*): mide el ahorro real de una economía, sustrayendo la degradación de los recursos naturales y la inversión en capital humano (educación).
- > El Índice de Capital Ecológico (*Ecological Capital Index*): Evalúa el estado de los ecosistemas natural y cultural en relación con las actividades humanas.

- > El Índice del Planeta Vivo (Living Planet Index): Mide las tendencias de la diversidad biológica del planeta, mediante la media de tres subíndices (poblaciones de especies forestales, marinas, agua dulce).
- > El Índice de Capital Natural (Natural Capital Index): Mide la superficie de ecosistemas por su calidad. Lo desarrolla el *Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu* or simply *RIVM* (Instituto Nacional Holandés para Salud Pública y Ambiente).
- > El Índice de Desarrollo Humano (IDH): basado en las ideas de Amartya Sen. Incluye variables sociales: esperanza de vida, educación y nivel de vida digno (PIB y paridad en poder adquisitivo en dólares).

Por otra parte, es de destacar que está muy en boga la utilización de la *familia de las huellas*, como las denominaron muy acertadamente Fang y colaboradores (2014). Son indicadores capaces de incluir un amplio espectro de los problemas de sustentabilidad en relación al uso de recursos naturales y descarga de desechos y proveer a los gestores políticos con una visión más completa de la complejidad ambiental. El concepto de “huella” se originó a partir de la idea de la “*huella ecológica*” introducida en la comunidad científica en la década de los 90 por Wackernagel y Rees, investigadores de la Universidad de Columbia y la cual ha tenido una amplia e inmediata aceptación por la comunidad científica. Desde entonces se han desarrollado muchos indicadores en el estilo de huellas, entre otros: la “*huella de la energía*” por Wackernagel y Rees en 1996, la “*huella hídrica*” por Hoekstra y Hung en 2002, la “*huella del carbono*” por Wiedmann y Minx en, 2008), la “*huella de la biodiversidad*” por Yoap y colaboradores en 2008), la “*huella del fósforo*” por Wang y colaboradores en 2011 (Fang et al., 2014). Algunos de estos conceptos han sido más exitosos y se utilizan con mayor frecuencia. En este capítulo nos vamos a referir específicamente a la huella ecológica, a la huella del carbono y al agua virtual y la huella hídrica, que están entre las más utilizadas.

4.1 La huella ecológica

Representa el área de tierra y agua ecológicamente productivas que utiliza la humanidad para producir los recursos que consume sumado al área requerida para asimilar los desechos que generan los seres humanos. Es un indicador del impacto ambiental causado por la demanda humana sobre los recursos existentes en el planeta. Se expresa en unidades de área: hectáreas globales (hag). Generalmente se refiere a la población que la produce y las unidades entonces se transforman en: hag/hab. Williams Rees, en una

primera publicación en 1992, usó el concepto de “capacidad de carga apropiada” para referirse a la idea. Posteriormente con la ejecución de la tesis de Mathis Wackernagel, que dirigió Rees, el término “Huella Ecológica” (HE) se introdujo expresando la idea con gran acierto y obteniendo un rotundo éxito en la comunidad científica (Fang et al., 2014). A partir de ese momento la expresión quedó aceptada globalmente como expresión de impacto antrópico. Una definición formal expresa que la Huella Ecológica es:

“el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados por una población definida con un nivel de vida específico, donde sea que se encuentre esta área”(Tobasura, 2008).

La HE es una herramienta de contabilidad de los recursos que ayuda a los países a entender su balance ecológico y proporciona datos necesarios para manejar más eficientemente sus recursos. Si los Estados usan la huella en su gestión ambiental pueden determinar el valor de los recursos ecológicos de su país, supervisar y manejar su capital natural, identificar los riesgos asociados al déficit ecológico, entre otros. Por ello se dice que es un indicador de sustentabilidad.

Justo es decir que la HE tiene detractores por las imperfecciones que la acompañan para su cálculo, no obstante es ampliamente utilizada como un indicador que solo con un único número nos proporciona una visión del balance entre los recursos y el consumo, ejercida por una determinada comunidad y por ello permite visualizar la dependencia ecológica de las sociedades humanas y también visualizar la inequidad entre sectores de una misma sociedad con estilos de vida diferentes

La HE se diseñó como una herramienta de planificación para medir la sustentabilidad ecológica con el propósito de estimar la magnitud del consumo humano que excede la capacidad de regeneración de la biosfera. Por ello, el concepto de biocapacidad es complementario a la HE y representa la habilidad de los ecosistemas para producir materiales biológicos útiles y para asimilar desechos generados por los humanos, utilizando tecnologías de administración y extracción actuales. La suma de las superficies de cada terreno productivo disponible para proveer los servicios ecosistémicos (cultivos, pastos, bosques, mar productivo y terrenos urbanizados) es la biocapacidad y se expresa con las mismas unidades de la HE: hag/hab. Excluye a los desiertos, glaciares y mar abierto (Global Footprint Network, 2006). Se podría resumir que la HE es la demanda de recursos y la biocapacidad es la disponibilidad de recursos.

El enfoque de la HE también puede aplicarse a una actividad como por ejemplo la fabricación de un automóvil. En tal caso, se incluye cada uno de los pasos requeridos para finalmente obtener el producto. También puede calcularse a diferentes niveles de agregación: individuo, ciudad, país, región, toda la población humana. Los componentes para obtener la HE están conformados por: carbono, alimentación, pastoreo, tierra urbanizada, forestal y zonas pesqueras (WWF, 2012). Todas las actividades humanas utilizan tierra biológicamente productiva y/o zonas pesqueras y la sumatoria del área ocupada, independientemente de su situación en el planeta, es la Huella Ecológica.

El componente carbono representa la cantidad de terreno forestal que podría secuestrar las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles, excluyendo la fracción absorbida por los océanos. Este rubro es el componente dominante de la huella ecológica desde hace más de 50 años. En 1961 representaba el 39 % de la HE total, en 2011 era el 55% y sigue incrementándose (Hernández, 2015). La alimentación, representada por los cultivos, es la cantidad de tierra utilizada para cultivar alimentos y fibra para consumo humano así como alimento para animales y cultivos oleaginosos. El pastoreo representa la cantidad de tierra de pastoreo utilizada para criar ganado y obtener carne, productos lácteos, piel y lana. La tierra urbanizada representa la cantidad de tierra ocupada por infraestructuras humanas, incluyendo vivienda, transporte, estructuras industriales y embalses para energía hidroeléctrica, el componente forestal representa la cantidad de bosque requerido para proporcionar madera, pulpa y leña como combustible, las zonas pesqueras se calculan a partir de la producción primaria estimada requerida para mantener las capturas de pescado y marisco basado en datos de captura de especies marinas y de agua dulce.

El cálculo de la HE no es sencillo, requiere estimar la superficie (en ha) necesaria para producir alimentos, fibras, pieles y pasto para el ganado, la superficie marina necesaria para producir pescado y otros alimentos de origen marino, la superficie necesaria para producir energía, la superficie usada para urbanizar y generar infraestructuras, la superficie para mantener la biodiversidad y para actuar como sumidero de CO₂ producido por consumo energético.

Se estima que la tierra tiene 11.300 MM de hectáreas de áreas productivas (alrededor de ¼ de la superficie del planeta). Si dividimos esta área entre los 7.600.000 habitantes que tenía el mundo en abril de 2018, a cada ser humano le correspondería, en promedio, 1,8 ha de área productiva. La

HE global alcanzó en 2011 a 2,7 hag/hab y se está incrementando, así en 2016 alcanzó 2,8 hag/hab (WWF, 2016). Entonces, no hay duda que estamos excediendo la biocapacidad del planeta.

Se ha popularizado el uso del expresivo término “sobregiro ecológico” para indicar cuando la demanda de la humanidad sobre la biosfera excede la capacidad biológica del planeta para regenerar los recursos que consume y para absorber los desechos, y se expresa en función de cuantos planetas se requerirían para satisfacer esos requerimientos. El término está íntimamente relacionado con el *déficit ecológico* que resulta de comparar el valor de la huella ecológica con la biocapacidad y la diferencia sería ese déficit. Desde la década de los 90’s ya el planeta está sobregirado, es decir para mantenernos con nuestra forma de vida actual se requiere más de un planeta. En 2018 ya requeríamos 1,7 planetas (Global Footprint Network, 2018). No hay duda que esta es una situación insostenible a largo plazo.

Es importante puntualizar con relación a estos números, que son valores promedio mundiales, pero que cuando observamos la situación por país el panorama es distinto. Existen países con HE mucho más alta que el promedio mundial, en general son los países desarrollados que son más consumistas, y existen países con HE muy por debajo del promedio, aquellos países más pobres y con una forma de vida más natural, pero menor calidad de vida y menor estado de bienestar. A manera de ejemplo (WWF, 2014) de esta situación presentamos dos casos contrastantes: EEUU cuya huella ecológica promedio es 9,5 hag/hab (equivale a 5,38 planetas) y Afganistán apenas con 0,3 hag/hab (equivale a 0,17 planetas).

Actualmente existen programas de fácil acceso por la red mundial de internet para el cálculo estimado de la huella ecológica individual. Para su cálculo, basado en nuestro modo de vida, se requiere tener un estimado de lo que gastamos en vivienda, en agua, transporte, alimentación y residuos. El programa nos proporciona nuestra huella ecológica en hag en cuestión de minutos y generalmente el número de planetas que significa mantener ese estilo de vida. Esta aplicación de tan fácil acceso, nos permite tomar conciencia del aporte individual que hacemos a la HE del planeta y en caso de sobregiro tomar previsiones para intentar cambios en nuestras actividades diarias que intenten su disminución.

4.2 La huella del carbono

Esta otra huella es un indicador muy relacionado con la huella ecológica, por cuanto la huella del carbono (HC) tiene un papel preponderante como

uno de los componentes de la huella ecológica, como acabamos de resaltar en párrafos anteriores. La HC se mide en unidades de masa (g, kg, ton, etc) de CO₂. Una de las acepciones más utilizadas para referirse a la HC expresa que es la totalidad de los gases efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. Incluye los GEI producidos por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el día a día y generados a partir de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción, transporte, entre otros. En la figura I.1 puede observarse la producción de GEI a nivel mundial y su crecimiento sostenido.

La HC representa una poderosa herramienta de gestión para lograr la sustentabilidad de las organizaciones y goza de gran popularidad. No obstante, no existe consenso entre la academia, las instituciones y empresas sobre su definición, los factores de conversión, equivalencias y alcances a considerar en el cálculo (Wiedmann y Minx, 2008). Esta afirmación puede observarse a través de algunas definiciones sobre esta huella, provenientes de varias fuentes significantes.

- > La HC es una medida de la cantidad total exclusiva de emisión de CO₂, que directa o indirectamente es causada por una actividad o es acumulada sobre las etapas de la vida de un producto. Incluye actividades de un individuo, de la población en general, del gobierno, compañías, organizaciones, procesos, sectores industriales, entre otros (Wiedman y Minx, 2008).
- > Es la demandas de biocapacidad precisa para secuestrar, mediante fotosíntesis las emisiones de CO₂ procedentes de combustibles fósiles (Global Footprint Network, 2006).
- > Está representada por las emisiones totales de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de un producto a lo largo de su ciclo de vida desde la producción de materia prima empleada en su producción, incluso la eliminación del producto acabado (Carbon Trust, 2007).

Observamos que dos de estas definiciones se basan únicamente en las emisiones de CO₂ en tanto que la última incluye a todos los gases de efecto invernadero (GEI) incluidos en el Protocolo de Kioto: CO₂, CH₄, N₂O, HFC (hidrofluorocarbonos), PFC (perfluorocarbonos) y SF₆ (hexafluoruro de azufre), por lo tanto muestran una discrepancia en la forma de aproximarse a la huella del carbono que aún no ha sido resuelta. Wiedmann y Minx (2008) expresan que debe responderse preguntas tales como si debe incluirse o no, además de CO₂, a otro GEI que incluyan carbono como es el caso del CH₄.

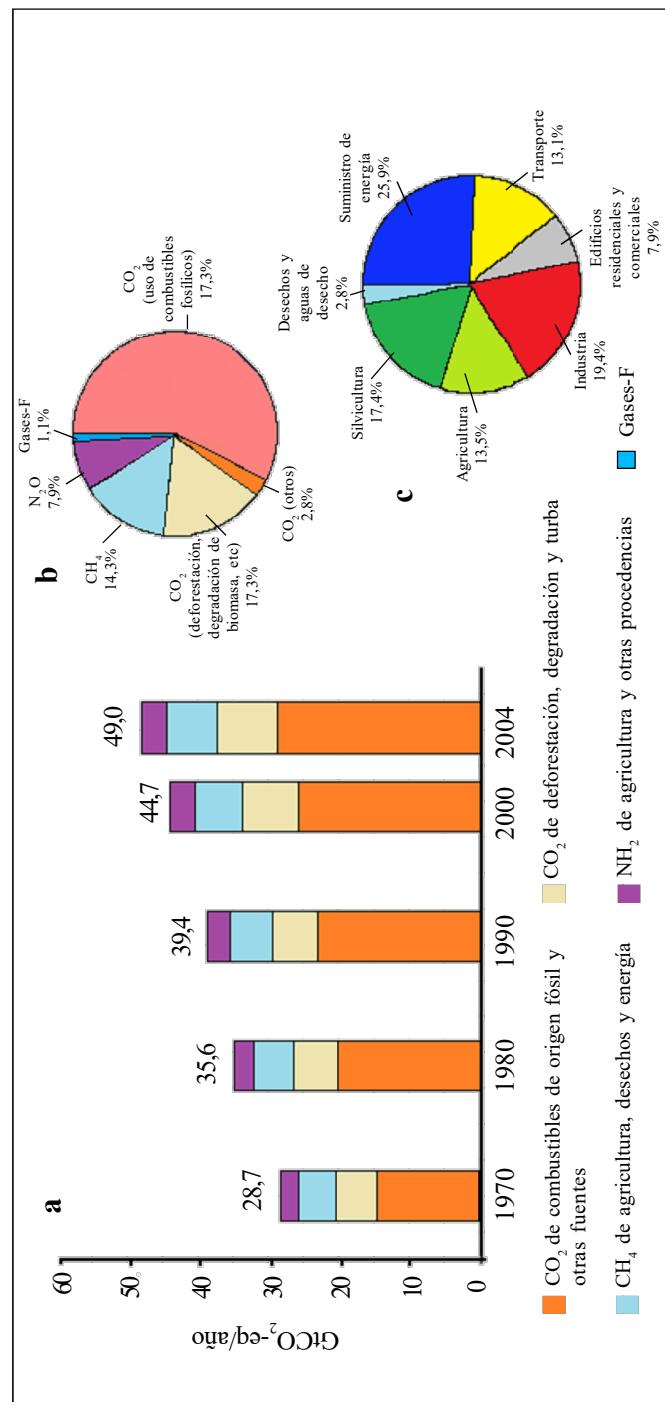


Figura I.1. Emisiones mundiales de GEI de origen antrópico

- Emissions anuales mundiales de GEI antropogénicos entre 1970 y 2004.
- Proporción de diferentes GEI respecto a emisiones totales, en términos de CO₂ equivalente (2004)
- Proporción de diferentes sectores en emisiones totales de GEI antropogénicos, en términos de CO₂ equivalente, incluyendo la deforestación en el caso del sector silvicultura (en 2004)

Fuente: IPCC. Informe 2007.

y también a uno que no tiene carbono como el N₂O o incluso incluir las emisiones de CO, tan relevante para salud y ambiente, y que fácilmente se transforma en CO₂ por procesos químicos atmosféricos y aun ir más allá e incluir a emisiones de CO₂ provenientes del suelo y no por quema de combustibles fósiles. Son todos interrogantes que a su juicio deberían resolverse. Ellos decidieron adoptar la definición que incluye exclusivamente al CO₂. Por otra parte, muchas organizaciones relacionadas con las empresas, como Carbon Trust (empresa certificadora reconocida internacionalmente) y ADEME (Agencia del Medio Ambiente y Energía de Francia), prefieren la definición más general.

El carácter sintético e integrador de la HC la hace fácilmente entendible y por eso es popular. Tiene un elevado valor como elemento de sensibilización ambiental y de reflexión sobre los límites que impone el medio sobre la actividad humana. Puede referirse a un país, pero puede estar desagregada y referirse a una organización, un producto o una persona.

En el caso de **un producto** abarca todo el ciclo de vida del producto, desde que es materia prima hasta que se convierte en residuo. Le permite a los consumidores (especialmente los que se adhieren a la cultura “verde”) decidir qué producto comprar con base a la contaminación que generaron los procesos por los que pasó hasta su forma final.

En el caso de **una organización** se analizan las emisiones de GEI a lo largo de un año o período determinado, generando un inventario de las mismas.

En el caso de **las industrias**, la huella de carbono es un indicador de competitividad. Es una herramienta de utilidad para las industrias que quieren disminuir su producción de GEI.

Existen dos tipos de enfoques metodológicos básicos para el cálculo de la huella de carbono: uno centrado en la empresa y otro centrado en el producto. El **enfoque en la empresa** recopila datos referentes a los consumos directos e indirectos de materiales y energía de una organización y los traduce en emisiones de CO₂ equivalente. El **enfoque en el producto** identifica materiales, actividades y procesos que contribuyen con el ciclo de vida del producto. Se realizan balances de masa de cada etapa del proceso y se aplican factores de emisión.

En el caso de **una persona** la HC es una herramienta que permite evaluar las emisiones de GEI que produce un ser humano al realizar todas sus actividades diarias y según sea su consumo y hábitos, tales como: la alimentación, la forma de realizar las compras diarias, que medio de transporte

utiliza, entre otros. La HC personal fue introducida por Jancovicci y su forma de cálculo ha sido puesta en línea en 2007 por ADEME. Desde entonces se han publicado muchas aplicaciones a las que puede accederse por la red y en forma sencilla se calcula la HC personal. El cuestionario requiere información sobre la huella primaria, como consumo de servicios (electricidad, gas, calefacción) y movilización por diferentes medios (vuelos, autos, transporte público, bicicleta) y sobre la huella secundaria como son las emisiones indirectas de CO₂ de todo el ciclo de vida de diferentes productos que consumimos (alimentos, ropa, plásticos y aerosoles). Permite que cualquier persona pueda calcular las emisiones de GEI inducidas por sus acciones, y por lo tanto su participación en el calentamiento global en todos los ámbitos de su vida.

Nos planteamos que utilidad tiene la huella del carbono. Bien sea, que el enfoque utilizado para su cálculo solo tome en cuenta las emisiones de CO₂ o que sea el más amplio que incluye a todos los GEI, en cualquier caso, es una poderosa herramienta de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia para el logro de la sustentabilidad de las organizaciones. Cuando se identifican las fuentes de emisiones de GEI de una organización, servicio o producto, se tiene un mejor conocimiento de los puntos críticos y permite definir las estrategias de reducción de emisiones más efectivas y los correspondientes ahorros de costos (Espíndola y Valderrama, 2012). Con el amplio debate que significa la introducción del cambio climático en la agenda mundial se hace patente la importancia de contar con la huella del carbono.

En el caso de empresas e industrias, la HC permite tomar decisiones ecoeficientes con su entorno e incrementar la productividad (asociado a la medición y registro de materias primas y energía) todo lo cual las hace más competitivas y además ayuda a mejorar la imagen de la marca.

En el caso de productos, los consumidores con conciencia ambiental (cultura verde) tendrán una opción más acorde con su manera de pensar.

En el caso personal permite que cada uno de nosotros tome conciencia de su participación en las emisiones de GEI y tenga la opción de cambiar sus hábitos de consumo y sus costumbres para contribuir a disminuir las emisiones de los mismos.

4.3 El agua virtual y la huella hídrica

En la década de los 90's, Allan (1993, 1997) introdujo el concepto de Agua Virtual cuando estudiaba la importación de agua como solución a los problemas de escasez del recurso en el Oriente Medio. Originalmente utilizó el término "agua integrada" (*embedded water*), pero como el concepto

no fue bien entendido optó por “agua virtual” que fue más exitoso. La expresión se refiere al agua utilizada en el proceso de producción de un bien cualquiera (agrícola, alimentario, industrial). El contenido de agua virtual de un producto es el volumen de agua utilizado para producirlo en el sitio donde se produjo.

Es un concepto que nació vinculado a cuestiones de comercio internacional de productos demandantes de agua. El análisis del flujo del agua virtual es un enfoque que permitió en su momento hacer frente al déficit hídrico de países áridos o semiáridos. Allan expresó que si un país exporta un producto que exige mucha agua virtual para su producción sería equivalente a que estuviera exportando agua, ya que así el país importador no necesita usar la propia para obtener ese producto y podría utilizar sus recursos hídricos para otros fines. Se podría decir que estamos aumentando los recursos en la región con escasez de agua; estaríamos hablando de trasvases “virtuales” de agua los cuales incrementan la disponibilidad del recurso sin necesidad de grandes obras hidráulicas. Por ello se puede decir que importar agua virtual facilita la vida a los países escasos en recursos hídricos. Conocer los flujos de agua virtual que entran y salen de un país o de una cuenca hidrográfica puede mostrar desde otra perspectiva la situación real del país o cuenca en cuestión. Cuando dos regiones geográficas intercambian productos, intercambian también agua virtual. A manera de ejemplo podemos citar que Canadá, con abundantes recursos hídricos, exporta grandes cantidades de agua virtual cuando vende cereales a otros países e importa agua virtual de Centroamérica al importar frutas y flores, y en el otro extremo, Jordania, un país con pocos recursos hídricos, exporta agua virtual en cultivos de alto valor como cítricos y hortalizas y por otra parte importa agua virtual en sus compras de cereales (Chapagain y Hoesktra, 2004; Velázquez, 2009; Aldaya et al., 2011).

El volumen de agua usada para la producción de cultivos a nivel global, incluyendo tanto el agua de lluvia como la irrigación, alcanza a 6.390 Gm³/año. El contenido de agua virtual del arroz, trigo y maíz es 3.000, 1.300 y 900 m³/ton respectivamente. Se observa que el arroz es el cultivo primario que más demanda agua virtual, alcanzando un 21% de la demanda mundial agrícola. En segundo lugar está el trigo con un 12% de la demanda mundial. Es interesante acotar que la producción mundial de ambos cereales es similar, pero el arroz requiere un volumen muy superior de agua para su producción por la mayor evaporación de sus cultivos y así el trigo tiene un contenido de agua virtual que es alrededor de 50% del contenido del arroz (Chapagain y Hoesktra, 2004).

En el caso de los productos ganaderos su contenido de agua virtual es mucho mayor que los productos agrícolas, porque se requiere bastante más tiempo hasta que las reses estén listas para ser sacrificadas. El contenido de agua virtual de la carne de pollo, cerdo y res alcanza 3.900, 4.900 y 15.500 m³/ton respectivamente. No obstante estos valores pueden variar de lugar a lugar, dependiendo del clima, tecnología adoptada para la producción y la eficiencia de la misma. Se estima que una ternera en una granja industrial, durante los tres años de vida, además del consumo directo de agua de beber (24 m³), consume el agua virtual que corresponde a 1.300 kg de granos y 7.200 kg de pastos requeridos para su alimentación, todo lo cual totaliza un consumo de 15.340 litros de agua/kg res hasta estar lista para el sacrificio (Chapagain y Hoesktra, 2004).

El volumen global de flujo de agua virtual relacionado con el comercio internacional de materias primas alcanza la cantidad de 1.625 Gm³/año. De ese flujo, aproximadamente un 80% se relaciona con el comercio de productos agrícolas y apenas el 20 % restante con productos industriales. A manera de ilustración del agua virtual que se requiere para obtener productos, en la Tabla I.2, se presenta una selección de productos de uso común y su contenido de agua virtual expresado en litros.

Tabla I.2.- Contenido de agua virtual de varios productos habituales

Tipo de producto	Aqua virtual (Litros)
Vaso de cerveza (250 ml)	75
Vaso de leche (200 ml)	200
Rebanada de pan (30 gr)	40
Una camiseta de algodón (500 gr)	4.100
Una hoja de papel A-4 (80 gr/m ²)	10
Una hamburguesa (150 gr)	2.400
Un par de zapatos (piel de vaca)	8.000
Carne de vaca (1 kg)	15.000
Carne de cordero (1 kg)	10.000
Carne de pollo (1 kg)	6.000
Cereales (1 kg)	1.500
Aceite de Palma (1 kg)	2.000
Cítricos (1 kg)	1.000

Fuente: Chapagain y Hoekstra, 2004

Se puede observar la gran diferencia entre el contenido de agua virtual del conjunto de los cereales y el de los productos cárnicos, cuestión íntimamente relacionada con el tiempo requerido para la cosecha de los primeros, mucho menor al necesario para la madurez de un ave, oveja y muy especialmente una res.

Es interesante acotar que se ha dado gran publicidad al contenido de agua virtual de una taza de café, valor obtenido por Hoekstra y Chapagain (2010) por encargo de una ONG internacional, y cuyo valor (promedio de varios países productores) resultó en 140 litros/taza. Parece un valor muy alto y ha dado origen a muchas discusiones, pero se debe recordar que incluye todas las fases de producción (crecimiento de la planta, recogida, refinado, transporte, embalaje de la semilla, venta, preparación final de la taza) (WWF, 2010) Informe planeta vivo 2010.

Posterior a la introducción por Allan del concepto de agua virtual, Hoekstra en 2002 introduce el importante concepto de *Huella Hídrica* (HH) de amplia aceptación y utilización al día de hoy. Se ha desarrollado en la búsqueda de un indicador adecuado del uso del agua en relación a su consumo por la gente. Cada vez es más importante plantear las cuestiones del agua dulce en un contexto global y tomar en cuenta los vínculos que existen entre el consumo y el impacto sobre los sistemas de agua dulce y la HH es un instrumento útil en este contexto. Tradicionalmente, las evaluaciones sobre el uso del agua se centran en medir las “captaciones del agua” y el “uso del agua directo”, en tanto que la HH considera una perspectiva más amplia, midiendo tanto el uso directo como el indirecto, donde el segundo se refiere al uso del agua en la cadena de suministro de un producto (Chapagain y Hoekstra, 2004; Hoekstra y Chapagain, 2010).

El concepto posee una variedad de aplicaciones. Así se puede hablar de la HH de un país, definida como el volumen de agua necesario para la producción de bienes y servicios consumidos por los habitantes del país. También podemos hablar de la HH de un producto que se refiere a la cantidad de agua consumida directa (operaciones) o indirectamente (cadena de suministros) para producir un producto. De otra parte la HH de un individuo se define como la cantidad total de agua dulce requerida para la producción de todos los bienes y servicios consumidos por dicho individuo (Aldaya et al., 2011).

Como bien lo expresó Hoeskstra, el concepto de HH está estrechamente unido al concepto de agua virtual. La HH interna de una nación es el volumen de agua usada a partir de recursos domésticos de agua para produ-

cir los bienes y servicios consumidos por los habitantes del país. La HH externa de un país es el volumen de agua usada en otros países para producir bienes y servicios importados y consumidos por los habitantes del país. Entonces, la HH de una nación puede evaluarse tomando el uso de los recursos de agua internos y sumando el flujo de agua virtual que entra al país y sustrayendo el flujo de agua virtual que sale del país (Chapagain y Hoekstra, 2004):

$$\text{HH}_{\text{nación}} = \text{uso de recursos de agua internos} + \text{agua virtual importada} - \text{agua virtual exportada}$$

La HH de un país consta de tres componentes: agua azul, agua verde y agua gris. Las aguas azules están representadas por el agua extraída de los ríos, lagos y acuíferos y no es devuelta porque se evapora. Las aguas verdes son las que quedan en el suelo tras las lluvias (es la humedad del suelo) y es el agua que está al alcance de la vegetación y de cultivos de secano y vuelve a evaporarse directamente desde el suelo o por evapotranspiración de las plantas. La cantidad total de agua verde es mayor que la de los ríos y corrientes. Las aguas grises son un concepto que amplía la HH y es el agua usada para diluir los contaminantes liberados en los procesos de producción de bienes y servicios hasta tal concentración que la calidad del agua se mantenga por encima de los estándares de calidad acordados (Hoekstra y Chapagain, 2010; WWF, 2010; Sotelo Navalpotro, 2016)

Tradicionalmente los gobiernos han administrado sus recursos hídricos analizando únicamente sus recursos internos (nacionales) en la búsqueda de suplir las necesidades hídricas de los sectores agrícola, industrial y doméstico. El esquema de contabilización de HH contribuye con una nueva perspectiva, en la cual las necesidades totales de agua son cuantificadas, localizadas geográficamente y puestas en el contexto de la economía mundial que se ha globalizado (Aldaya et al., 2011). Esta información es crucial en el desarrollo de políticas nacionales que propenden a la sostenibilidad y la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), nueva visión de la gestión del agua promovida por el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) a través de GWP (Global Water Partnership) y que ha sido ampliamente aceptada por la comunidad internacional aunque su implementación no ha sido tan exitosa.

BIBLIOGRAFÍA*AHRENS, C. D.*

2000. *Essentials of Meteorology: An invitation to the Atmosphere*. Editor: Pacific Grove Brooks/Cole. California.

ALDAYA, M.M; I. NIEMEYER y E. ZÁRATE

2011. Agua y globalización: retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos hídricos. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*. 230: 61-83.

ALONSO DIAGO, M. A. y C. SESÉ BENITO

1988. *Historia de la Tierra y de la Vida*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 1988. Consultado en: Alonso_Diago_y_Sese_1988_Historia_de_la_Tierra_y_de_la_Vida.pdf.

ALLAN, J. A.

1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible (13-26). In: *Priorities for water resource allocation and management*, ODA, London.

ALLAN, T.

1997. Paper presentado en Britihs Association Festival of Science.Water and Development sesión. “Virtual water”: a long term solution for water short Middle Eastern economies.

BUROZ, E.

2009. La Gestión Ambiental. Ed. Fundación Polar.

CARBON TRUST

2007. CEPAL. Panorama Social de América Latina y el Caribe 2017. LC/PUB.018/1-P, Santiago, 2018.

CHAPAGAIN, A. K. AND A. Y. HOEKSTRA

2004. *Water Footprint Nations*. Vol. 1: main Report. UNESCO-IHE. Value of Water Research Report Series Nº 16.

DEEVEY, Jr., EDWARD

1970. Los ciclos minerales. Selecciones de Scientific American. Química y la Ecosfera. Editorial Blume.

DE SOLA, O.

1970. *Desarrollo de Aguas Subterráneas*. Ed. Programa de Educación de Ingeniería Sanitaria VEN 6400. Lima.

DICCIONARIO LAROUSSE

2019. Diccionario del español jurídico.

DUARTE, C. (COORDINADOR)

2009. *Cambio Global: Impacto de la Actividad Humana sobre el Sistema Tierra*. CSIC. Ministerio de Ciencia e Innovación. España.

ESPÍNDOLA, C. y J. VALDERRAMA

2012. Huella del carbono. Parte 1: Conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, Vol. 23(1): 163-176.

ESPÍNDOLA, C. y J. VALDERRAMA

2012. Huella del carbono. Parte 2: La visión de las empresas, los cuestionamientos y el futuro. *Información Tecnológica*, Vol. 23(1): 177-192.

FANG, K.; H. REINOUT AND G. R. DE SNOO

2014. Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbón and water footprints: overview of a footprint family. *Ecological Indicators*, 36: 508-518.

GARCÍA B., S.

2013. El concepto de Ambiente en los Libros de Texto de Ciencias Naturales. Ponencia en II Congreso Nacional de Investigación en la Enseñanza de la Biología. Colombia. Memorias. 141-148.

GINER, G., M. V. NAJUL, M. LARA y R. SÁNCHEZ

2008. Fundamentos para la Evaluación y Control de la calidad Ambiental. CENDES, UCV.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK

2006. Advances the Sciences for Sustainability. Footprintnetwork.org Webpage.

GONZÁLEZ C., R.

2005. Formación y Evolución de la Atmósfera Terrestre. DGDC (Divulgación de la Ciencia)-Cienciorama-UNAM. Agosto 2005. Consultado en: <http://www.cienciorama.unam.mx/index.php#!titulo/66/?formacion-y-evolucion-de-la-atmosfera-terrestre>

FOOTPRINT NETWORK

2019. Consultado en <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>. El 22-07-2019.

HERNÁNDEZ F., S.

1995. *Ecología para Ingenieros*. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

HENRY, G. y G. HEINKE

1999. *Ingeniería Ambiental*. 2ºEd. Prentice Hall.

HERNÁNDEZ, N.

2015. Huella Ecológica. La marca de la Humanidad en la Tierra. La Pluma Candente Blog.

HOEKSTRA, A. Y. y A. K. CHAPAGAIN

2010. *Globalización del agua: compartir los recursos del agua dulce del planeta*. Fundación AGBAR. Ed. Marcial Pons.

HUTCHINSON, E.

1970. *The Biosphere*. Scientific American, vol. 223, Nº 3.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)

2007: *Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al 4º Informe de Evaluación del IPCC*. Ginebra, Suiza.

2013. *Climate Change 2013. The Physical Science basis. Working Group I. 5º Assessment Report*. IPCC. Cambridge University Press.

JORDANO FRAGA, F.

2011. En Mosset Iturraspe, J. Hutchinson, T. y Donna, E.; *Daño Ambiental*, Tomo I, 2º Ed. ampliada y actualizada, Ed. Rubinzal Culzoni, Santa Fe, p. 39.

LAIRET CENTENO, R.

2015. Síntesis histórica de las ciencias ambientales en Venezuela. Cap. 2 en Desarrollo de los Estudios Ambientale en Venezuela 2000-2012. Colección Documentos de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.

MARN

2006. Ley Orgánica del Ambiente, (G.O.E. 5833).

MOORE, J. W. AND E. A. MOORE

1976. *Environmental Chemistry*. Academic Press.

NACIONES UNIDAS

2015. Resolución 70/1 de Asamblea General del 25-09-2015: Transformar nuestro mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

2015. Objetivos del Desarrollo del Milenio. Informe de 2015. Editora: Catharine Way. Consultado en: https://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf . 18-07-2019

2015. Informe sobre Objetivos del Desarrollo del Milenio Editora Catharine Way.

2018. Informe de los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2018. Departamento de Asuntos Sociales y Económicos (DESA). Consultado en https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/TheSustainableDevelopmentGoals_Report_2018-es.pdf Consulta 31-08-2019.

NEBEL, B. AND R. WRIGTH

1999. *Ecología y Desarrollo Sustentable*. 6º Edición. Pearson/Prentice Hall.

PAPA FRANCISCO

2015. *Encíclica Laudato Si.*

PORTA CASANELLAS, J., M. LÓPEZ-ACEVEDO Y C. ROQUERO DE LABURU

2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundiprensa.

RAE (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA)

2005. Diccionario panhispánico de dudas.

2018. *Diccionario*.

SAPIÑA, F.

2002. ¿Qué es el cambio global? *Revista de Divulgación Científica de la Universidad de Valencia-España*. Metode 34. Consultado en <https://metode.es/revisas-metode/monograficos/que-es-el-cambio-global.html> el 5-09-2019.

SOTELO NAVALPOTRO, J. A.

2016. Tras las “Huellas” de agua en España. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*. Tomo CLI: 259-288. Consultado en <http://www.boletinrsg.es/index.php/boletinrsg/article/view/17> el 19-09-2019.

SOTELO NAVALPOTRO, J. A., C. J. OLCINA, Q. F. GARCÍA y P. M. SOTELO

2012. Huella Hídrica de España y su diversidad territorial. *Estudios Geográficos*, Vol. LXIII(272): 239-272.

STEFFEN, W., A. SANDERSSON, P. D. TYSON, J. JÉGER, P. A. MATSON, B. MOORE III, F. OLDFIELD, K. RICHARDSON, H. J. SCHELLNHUBER, B. L. TURENER AND R. J. WATSON

2004. *Global Change and the Earth System. A Planet under Pressure*. IGBP. Springer-Verlag www.igbp.kva.se.

STERN, A. (EDITOR)

1976. *Air pollutansts, their transformationn and transport*. 3º Ed. Vol. 1. Academic Press.

TARBUCK, E. J. AND F. K. LUTGENS

2005. *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física*. 8ª edición. Ed. Prentice Hall. 2005.

TOBASURA A., I.

2008. Huella ecológica y biocapacidad: indicadores biofísicos para la gestión ambiental. *Rev. Luna Azul*. 26: 119-136. Universidad de Caldas.

TYLER MILLER, G.

2002. *Introducción a la Ciencia Ambiental. Desarrollo Sostenible de la Tierra*. 5º Ed.Thomson.

UNESCO-WWAP

2003. 1º Informe de las Naciones Unidas sobre los Recursos hídricos en el Mundo. Agua para todos. Agua para la Vida.

VELÁZQUEZ, E.

2009. Agua virtual, huella hídrica y el binomio agua-energía: repensando los conceptos. Fundación Ecología y Desarrollo, *Boletín Ecodes*.

VITALIS

2014. Diccionario digital. D. Díaz Martín, compilador. Consultado en www.vitalis.net/recursos/glosario-ambiental el 15-08-2019

WIEDMANN, T. AND J. C. MINX

2008. A definition of carbón footprint. Research and Consulting. ISA UK Report 07-01. Consultado en https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999. 22-07-2019.

WWF

2010. Informe planeta Vivo 2010.

2014. Informe Planeta Vivo 2014.

Griselda Ferrara de Giner

Ingeniero Químico (UCV-1966). Magíster Scientiarum en Ingeniería Sanitaria (UCV-1973). Doctor en Ciencias de la Ingeniería (UCV-2008). Profesor Titular UCV. Docencia en Pregrado y Postgrado en UCV y otras universidades en área de Ingeniería Ambiental. Investigadora en: Calidad del Agua, Química Ambiental, Tratamiento de Líquidos Residuales, Gestión Integral de la Calidad Ambiental y Adaptación al Cambio Climático. Coordinadora de la Cátedra Libre de Cambio Climático-UCV. Autora o co-autora de 3 libros, 5 capítulos de libros, 22 publicaciones en revistas, 59 ponencias y 7 publicaciones de apoyo a la docencia. Individuo de Número de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat y Presidente de su Comisión del Ambiente.

CAPÍTULO II

LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

1 Desmitificar la sustentabilidad

*“Algunos conceptos de **sustentabilidad** sugieren una condición comparable a un estado de movimiento perpetuo sin consumo creciente de recursos, ni generación creciente de desechos.”¹*

*“La raíz del término **sustentabilidad** está tan profundamente arraigada en conceptos fundamentalmente diferentes que la búsqueda de una definición precisa resulta fútil. La existencia de la palabra es tolerable sólo si cada analista describe claramente lo que él o ella quieren decir con **sustentabilidad**.²”*

La sustentabilidad se ha utilizado como elemento subyacente a muchas de las expresiones cotidianas del desarrollo humano durante más de 30 años, pues el término no solo se aborda en ingeniería ambiental, arquitectura ecológica y desarrollo urbano, sino que se trata en la charla cotidiana, en los medios escritos, en la TV de información pública y privada, y abundantemente en las redes sociales. Por eso hace falta analizar el término y los adjetivos derivados en mayor amplitud, ya que las redes sociales tienen mucha influencia en la creación y divulgación de marcos de opinión que con frecuencia terminan perniciosamente trivializados y finalmente adoptados por el público. Eso significa que para comprender su significado, su importancia y su alcance es necesario destilar un criterio único que resulte de igual comprensión y manejo para profesionales, docentes y estudiantes, y en especial para el público de a pie.

Un criterio unificado servirá también para aclarar los intentos por diferenciar ese término del de “sostenibilidad”, lo cual ha creado cierta confusión porque ambos conceptos –fundidos o separados– abarcan una connotación muy diferente sea que provengan de eruditos, académicos, naturalistas e ingenieros ambientales, de líderes de empresas e industrias manufactureras, o bien de comunicación de boca a oídos entre el público común que incidentalmente y por desconocimiento, resulta ser el que más impacto genera sobre el ambiente. De manera que para fines de este capítulo y en aras de unificar criterios se considerarán ambos términos como sinónimos.

Resulta llamativo que ciertas ediciones del Diccionario de la Real Academia Española no registren definición de *sustentabilidad* ni de *sostenibilidad*³. Tal vez la confusión entre ambos conceptos sea la causa. Otros diccionarios intentan definir la sustentabilidad como:

“...la idea de que los bienes y servicios deben ser producidos de forma que no se utilicen recursos que no puedan ser reemplazados y que no dañen el ambiente”⁴.

Y un diccionario más la identifica con

“la capacidad de mantener o soportar una actividad o proceso a largo plazo”⁵.

No se especifica cuán largo pueda ser ese plazo. En términos más coloquiales, la sustentabilidad se define como la duración de los sistemas y procesos⁶; y se puede concluir añadiendo una definición teórica de sustentabilidad sintetizada por investigadores universitarios del país, expertos en el tema, como:

“La capacidad de los procesos de mantenerse indefinidamente sin agotar la energía ni los recursos de los que dependen”⁷.

Es necesario advertir que según el torrente de voces en las redes sociales la percepción del público de lo que significa el término sustentabilidad se asocia con una idea algo diferente de su verdadero significado etimológico. Así, se puede notar en la charla cotidiana que el público común maneja el término básicamente como un eslogan para mostrar una fachada de interés por la naturaleza, para incrementar las ventas, mejorar la aceptación del público, o tal vez para “estar en la onda” en comparación con el significado conceptual con el que los especialistas en la materia lo asocian y que se relaciona con factores como por ejemplo, la fragmentación masiva de micro partículas de plástico que devoran los corales y que las grandes especies marinas confunden con plancton y krill, pasando por la saturación del paisaje urbano con grafitis, o el oscurecimiento de las estrellas por la iluminación artificial, hasta la acumulación orbital de chatarra espacial característica del Antropoceno, temas rara vez discutidos por el público de a pie.

1.1 Identificar el Problema

Últimamente algunos analistas han logrado diseñar soluciones certeras y correctas... para el problema errado. Es posible que el caso de la sustentabilidad en el desarrollo sea un ejemplo. Esto destaca la necesidad de acercar la percepción del término que tiene la masa a un significado

desvestido de metáforas o supuestos, ya que hasta que el público de a pie termine de comprender la importancia de cuidar el complejo ambiente con pequeñas acciones en el día a día, ninguna política pública, ni legislación podrá tener efecto de peso en la búsqueda de una mayor sustentabilidad.

Esa tarea implica una reforma profunda de la educación con una amplia revisión de los contenidos, de los pensamientos de estudios, junto con el enfoque práctico y realista del diseño curricular multiescalar e interdisciplinario, que debe partir de campañas de educación masiva e intensiva del público común desconocedor de las múltiples aristas técnicas encadenadas del problema ambiental. A ese respecto algunas voces de especialistas recalcan que se debe:

“...analizar profundamente el sistema educativo actual para concebir otro, que optimice la preparación de nuestros jóvenes, más moderno y adaptado a nuestras condiciones y necesidades⁸”.

La importancia y el potencial de las campañas de educación cívica se comprenden mejor cuando se ve el impacto que genera un pár culo de cualquier familia, sean vecinos de asentamientos informales, ejecutivos bancarios, militares de alto rango o dirigentes del Estado, cuando el pequeño descubre el inmenso tesoro de la letra escrita al aprender a leer, porque pronto registra con su irrefrenable curiosidad infantil las recomendaciones de todo afiche pegado a cada muro callejero que encuentre. Su innata capacidad de absorber, razonar y asimilar las recomendaciones del texto y sus geniales observaciones a los mayores tiene un poder de penetración, didáctico y generador de reflexión de mucho mayor impacto que cualquier otro método de educación formal.

Tales campañas deben ser tan intensivas y persuasivas como las campañas de prevención de epidemias de la División de Malariología del MOP que se aplicaron en Venezuela en los años 40-50. No conviene hacerlas de baja intensidad pues el impacto ambiental, el cambio climático, el agotamiento de recursos, la contaminación de las aguas, la lluvia ácida y el riesgo de escasez de alimentos son consecuencia de las acciones de todos por igual –en particular del público desconocedor– por lo cual la tarea de ayudar a comprender el problema ambiental al público debe extenderse a todos los rincones por igual para poder generar cambios determinantes de hábitos en todos los ciudadanos de todo el país.

1.2 Enfocar la raíz del problema

El término sustentabilidad no tiene mucho sentido cuando aparece solo, por eso los expertos han estructurado las tres corrientes de desarrollo, so-

cial, económica y ambiental en el concepto más amplio de **desarrollo sustentable** declarado en el Informe Brundtland como el desarrollo capaz de:

“...satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones de satisfacer las suyas”.

El término ‘desarrollo’ deriva de dos términos en latín: “de” y “volutus” que significa “develar” o “revelar”, (quitar el velo). Desde el punto de vista semántico se asocia al verbo “desenrollar” o “desenvolver” y significa expandir y aplicar las capacidades, conocimientos y potenciales que manifiesta un ser, una organización o un país. ‘Desarrollo’, dicen algunos expertos:

“...es un término que puede describir el estado, el patrón de cambio y el progreso de virtualmente todos los fenómenos conocidos de actividad humana e industrial.¹⁰”

El Club de Roma estableció que:

“...la humanidad ya había superado la capacidad de carga del planeta para sostener su población.¹¹”

por lo cual es obvio que las “generaciones futuras”, a las cuales se refiere el informe Brundtland, dudosamente podrán continuar con el voraz despilfarro de recursos naturales renovables y no renovables que desplegaron las generaciones de la era industrial en el siglo pasado. Porque esas acciones han llevado al planeta a una especie de cuerda floja ambiental sobre el precipicio irreversible y oscuro del cambio climático. Eso significa que los cambios drásticos e inevitables que requiere la humanidad obligarán a adoptar nuevos paradigmas; varios de ellos serán leves, otros dolorosos y algunos ciertamente traumáticos.

Enfocar “las necesidades de la generaciones presentes y futuras” exige considerar que el nivel de sustentabilidad que existe sobre un espacio determinado durante un tiempo específico, requeriría conocer todos los factores que la determinan. Sin embargo, aún no existe claridad ni precisión acerca de lo que quiso decir la Dra. Gro Brundtland al referirse a “las necesidades de las generaciones presentes” y por supuesto, tampoco a “las necesidades de las generaciones futuras” en su ya célebre informe. Sin embargo, de acuerdo el uso del término “sustentabilidad” en la vasta cantidad de proyectos, leyes, ordenanzas, pronunciamientos y decretos emitidos desde entonces, la mayoría de las personas parece saber a qué se refería.

Lo que se logra deducir es que cada persona tiene en su mente un catálogo de necesidades muy diferentes, algunas de corte controversial, o en posición contradictoria con su pareja, familiar o vecino. El problema que brota en este ejercicio, es que hasta ahora no se conoce una taxonomía universal de necesidades humanas lo bastante precisa para poder clasificarlas y cuantificarlas; es especial, porque en términos geográficos desde Japón, hasta Oceanía y el Antártico, y desde Tierra de Fuego hasta Alaska; y en términos culturales, desde los Lapones e Inuits, hasta los sambódromos de Brasil y los lobos de las casas de Bolsa del NYSE, cada individuo o grupo tiene centenares de miles de variados conjunto de “necesidades” que busca satisfacer.

Es obvio que algunas de esas necesidades se dan por elementales: el aire que los seres humanos respiran, la energía del sol que calienta e ilumina, el agua que brota de los manantiales de la tierra, y los frutos de las plantas que crecen sobre el suelo. Estas se podrían denominar “necesidades básicas”. Sin embargo, eso solo se refiere a las necesidades físicas, porque la necesidad primaria de un bebé al nacer, por ejemplo, es del acogedor envoltorio del amor de su madre, y llora por eso antes incluso que por la leche de sus pezones. Ese amor no es un factor físico, sino puramente espiritual. Estudiar esto es clave para comprender a cabalidad el tema, ya que cada una de dichas necesidades, elementales o superfluas, requieren el consumo de recursos para fabricarlas, empacarlas, distribuirlas e incluso desecharlas. Muchas de ellas son de importancia vital, mientras que hay muchas otras de las cuales se podría prescindir sin afectar la supervivencia.

Cabría aquí la pregunta: ¿Se pueden clasificar esas necesidades? ¿De qué forma se puede balancear la satisfacción de dichas necesidades? Porque las necesidades de la generación de los “pavos” de los 50 o las de los “hippies” de los 60, eran muy diferentes a las de los “Nerds de los 80” o las de los “Millenials” de hoy. ¿Y las futuras generaciones? ¿Cuáles necesidades serán básicas? ¿Cuáles redundantes? ¿Cuáles se pueden considerar como “mejoras en la calidad de vida”? ¿Hay una calidad de vida mínima estandarizada? ¿En qué momento o punto esa calidad de vida se convierte en “ostentosa”? Porque el mínimo de calidad de vida para algunos puede resultar en el secuestro de la calidad de vida básica de otros. ¿Cuánta “calidad de vida” es básica? ¿Cuánta es superflua?

Esta conjetura no es nueva; ya hay ejércitos de investigadores analizando el problema. La comisión EAT del grupo Lancet, por ejemplo, ha investigado las necesidades de alimentación del mundo (Fig. II.1) y concluye con

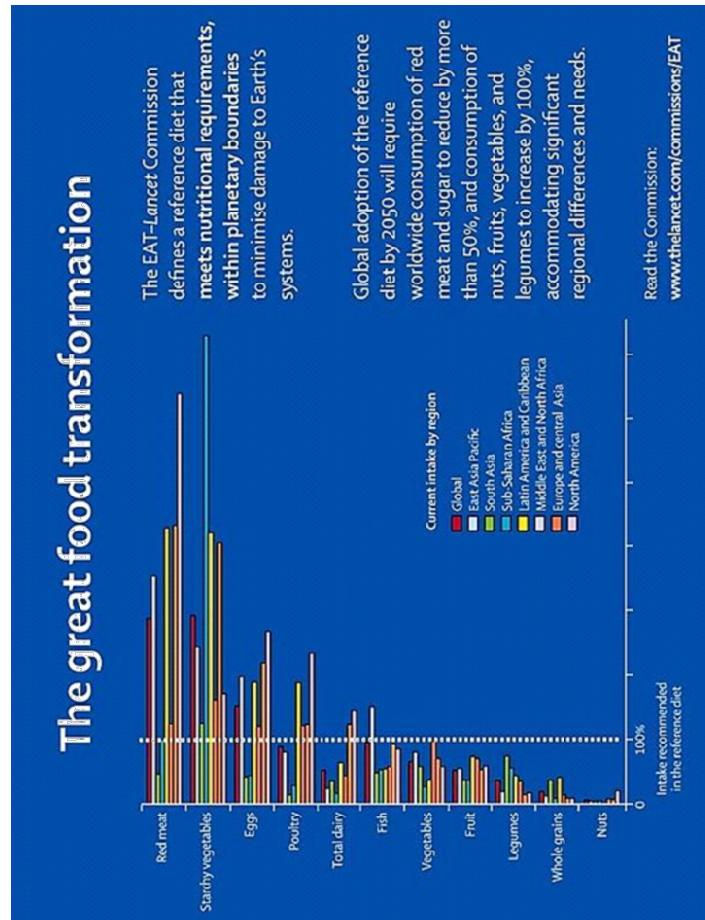


Figura II.1. Adopción mundial de una dieta de referencia. www.thelancet.com

una dieta común de referencia que considera imprescindible para disminuir el daño a los sistemas naturales. Y el WRI (*World Resource Institute*) (Fig. II.2) establece en sus estudios que se requiere reducir el 67% de las emisiones de CO₂ para alimentar a la población que habrá crecido para el 2050; la humanidad necesitará 56% más alimentos pero habrá necesidad forzosa de prevenir que la agricultura se expanda, para proteger un área equivalente al doble de la superficie de la India. Como vemos, hablar de las necesidades abre miles de ventanas y puertas.

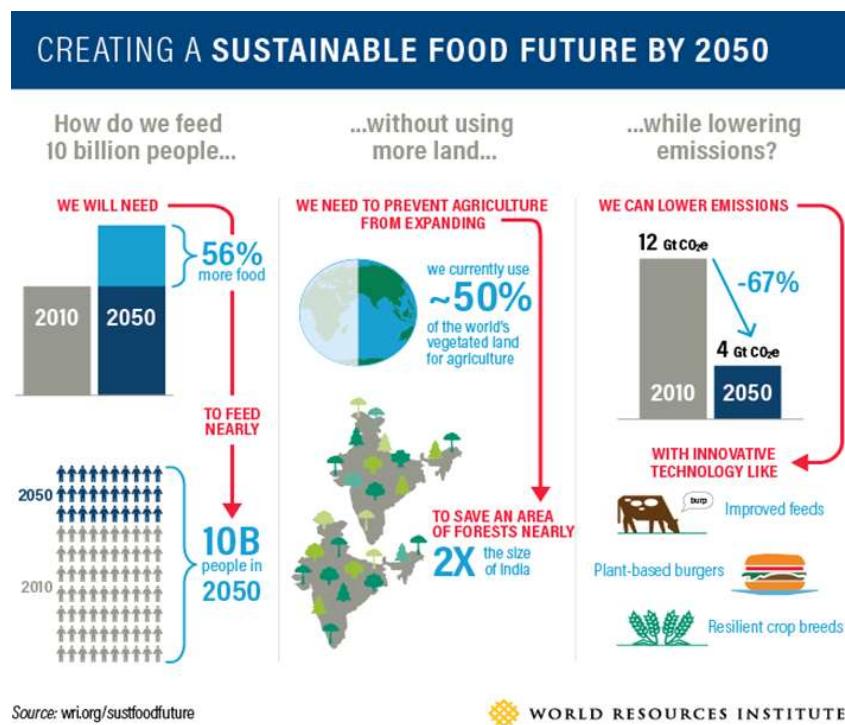


Figura II.2. Creando un Futuro de Alimentación Sostenible para el 2050.

Estudiar la sustentabilidad en el desarrollo requiere profundizar las causas primarias hasta dar con la raíz del problema, pues ello obliga a enfrentar una frustrante realidad: el concepto en Brundtland de desarrollo sustentable, aun cuando se logren descifrar los profundos pliegues de su significado, no puede ser alcanzable mientras continúe el crecimiento demográfico, pues la expansión demográfica con su inercia de despilfarro es lo que asoma como raíz del problema. Tales observaciones permiten concluir que para que las

futuras generaciones puedan retornar el nivel de emisiones de 350ppm, como meta de sustentabilidad, por ejemplo, la humanidad necesita entre otras cosas para 2050:

- > Reducir el consumo de combustibles fósiles en 91%
- > Reducir las emisiones actuales de CO₂ en 67%
- > Reducir el consumo de agua en 73%
- > Reducir los desechos en 96%¹

La cruda realidad es que hace apenas unas décadas un estudiante necesitaba sólo un lápiz y un cuaderno en su curso de estudios. Y los grandes científicos, hasta llegar incluso a la física cuántica utilizaron solo tiza y un pizarrón. Hoy cada persona –de cualquier rango social, estatus económico o creencia espiritual– nace, crece, se multiplica y muere, generando a su paso una carga de consumo, desde varios meses antes del parto, pasando por toda la vida estudiantil hasta hacerse profesional, adquirir vivienda y automóvil, incluyendo el equipamiento asociado de varios teléfonos inteligentes, *I-tablets, laptops, desktops* y *Home Theatres*, ropa y zapatos, viajes de vacaciones, dotación para la formación y luego para el ejercicio de su oficio o carrera, seguido por su apareamiento, reproducción, atención médica y fomento de familia, con la vejez, pensiones y seguros hasta llegar a su funeral. Tocaría luego calcular y promediar el costo económico, el consumo de recursos, bienes, servicios y multiplicar la sumatoria de esa cadena de elementos por 1.700 millones de seres que se habrán añadido en 2050 a los 7mil 500 millones que ya pululan sobre el planeta para comprender la magnitud del problema que asoma a la vuelta de la esquina y que busca gestionar la sustentabilidad.

El costo de muchas “necesidades” de hoy es en gran medida, resultado e inteligentes campañas de marketing, explotación del concepto de “desechable”, y moda, mucha de ella pasajera. Aun el alto porcentaje de los futuros moradores urbanos que serán creadores de cinturones de miseria, estarán contados entre los principales consumidores en el mundo de acero y cemento, ya que para 2050, 2 de cada 3 pobladores urbanos vivirá en una vivienda informal (Fig.II.3). Por eso, y mientras prosiga el crecimiento demográfico es muy poco realista hablar de sustentabilidad, ya que solo cuando se crucen las tasas de natalidad y mortalidad, alrededor del 2075 (Fig. II.4), que es cuando se apacigüe el crecimiento demográfico y la población mundial se estabilice en unos 9 mil 200 millones de seres. Solo entonces comenzará a tener sentido intentar contener el voraz consumo de recursos y tratar de reducir las emisiones de GEI con razonables expectativas de éxito.

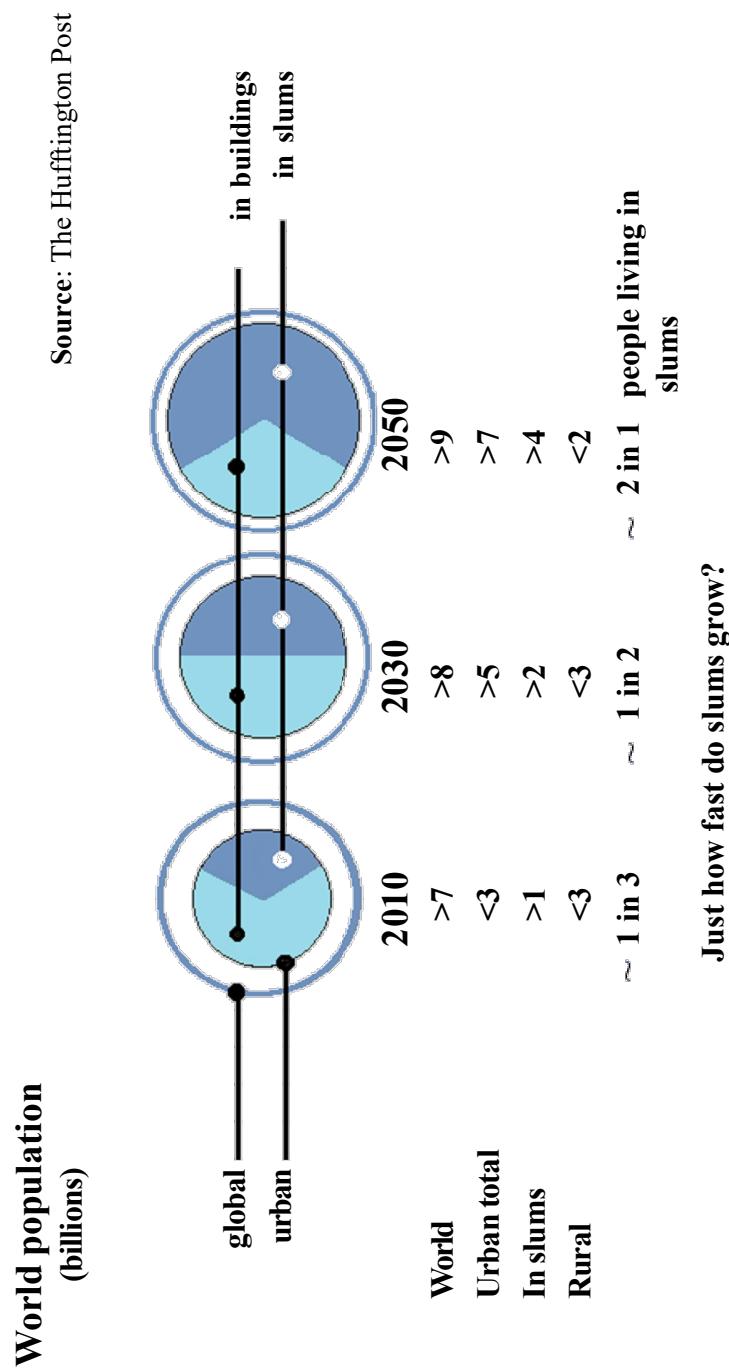


Figura II.3. “Just how fast do slums grow?” The Huffington Post, 2009

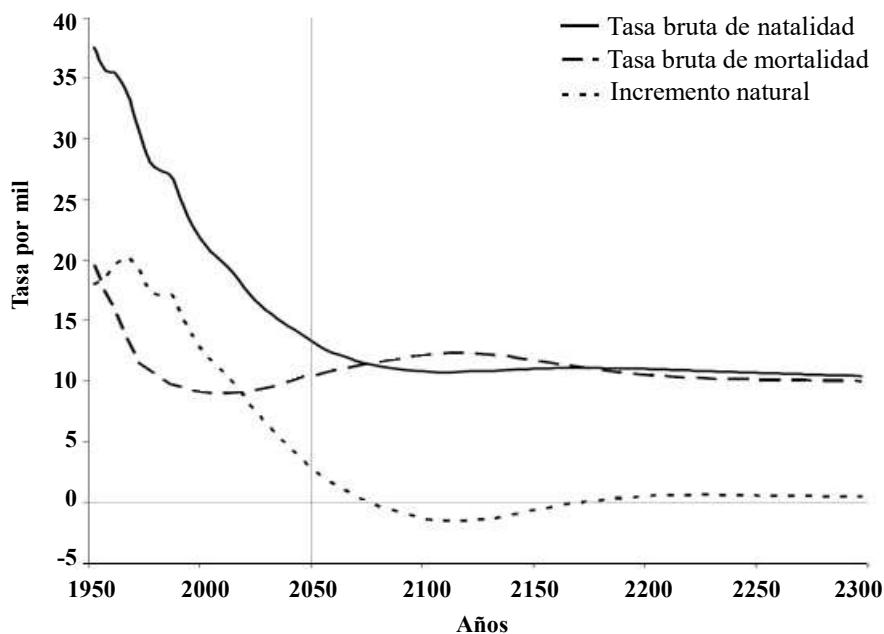


Figura II.4. Tasa bruta de Natalidad, Tasa bruta de mortalidad y Tasa de incremento natural para el mundo, estimado de un escenario medio: 1950-2300. Naciones Unidas Población Mundial para el 2300.

Para entonces podrán resultar decididamente efectivos el secuestro de carbón, el intensivo mejoramiento de los suelos, la recuperación de los cuerpos de agua y las masivas macro reforestaciones. Sin embargo, a esas alturas los furiosos coletazos de variados y nuevos eventos climáticos extremos serán considerables. Aunque no será posible predecir otras reacciones de la Naturaleza y de la biodiversidad por un lado; ni de los océanos con sus variaciones de temperatura con las respuestas de la atmósfera por el otro, los cuales rigen la estabilidad de las corrientes, ya que serán situaciones sin precedentes.

Para el 2050, si no se toman medidas mejores que las actuales, se sumarán unos 8,5M de venezolanos adicionales a los actuales habitantes de los asentamientos informales, para alcanzar unos 38M. Estos vivirán alojados en 7,25M de viviendas improvisadas erigidas a su vez en terrenos inestables, con muy difícil acceso a servicios de emergencia, tal como se ha hecho habitual. Es crucial que las autoridades competentes y el país entero se

preparen para un escenario dramático con eficientes servicios de atención, pues de lo contrario tocará enfrentarse a una catástrofe de dimensiones dantescas.

2 ¿Podrá ser Sustentable el Desarrollo?

Así como se ha revisado el tema en párrafos anteriores, la definición del Informe de Brundtland ha sido repetida hasta el cansancio en casi todos los escritos, pronunciamientos, declaraciones y expresiones asociados al tema ambiental, pero también ha sido bombardeada con nutridas observaciones, y ciertas críticas porque al estar distanciada del enfoque científico presenta más interrogantes que respuestas, lo cual hace difícil hablar de necesidades de ‘generaciones presentes o futuras’ si no se especifica a cuáles necesidades se refiere, ni de quiénes son esas necesidades. ¿Calcular un promedio global mejoraría el enfoque? Si se considera la *obsolescencia programada*¹³ se necesitará revisar también el concepto, objeto y destino de la manufactura de bienes y servicios necesarios, separados del de bienes y servicios innecesarios, superfluos, o creados por los mecanismos de sobresaturación publicitaria o “*psico-marketing*” y no movidos por necesidades naturales de supervivencia y calidad de vida.

Tampoco se precisa en la definición de Brundtland de cuántas “generaciones futuras” se habla, o cuántos años comprende una generación. Ya que una generación estándar abarca 25 años, aunque si bien en algunos casos eventuales puede ser de mayor o menor duración. Para el 2119 habrán crecido apenas cinco generaciones futuras. Cabe aquí entonces la obligada interrogante ¿De cuáles recursos se habla? y ¿Qué estudio científico permitiría garantizar hoy que a la tasa de consumo que lleva la humanidad, los recursos que aún quedan en el planeta resulten sostenibles más allá de las próximas cuatro o cinco generaciones? La dirección hacia la que algunos analistas apuntan se refleja en la interrogante: “*¿Crecimiento Económico y Sustentabilidad son mutualmente excluyentes?*”¹⁴ Las observaciones de algunos expertos indican escenarios preocupantes en el mejor de los casos y aterradores en el peor de ellos, ya que pareciera que la humanidad ha consumido ya los recursos de varias generaciones futuras.

De manera que por lo pronto tiene un sentido incierto e impreciso debatir con propiedad sobre si algo es o no sustentable, pues no hay desarrollo sin consumo. Lo más sensato que se puede hacer es considerar un equipo, un sistema, un producto como *más sustentable* que otro, o si se optimiza, más sustentable de lo que era antes. Ejemplo: un automóvil eléctrico puede ser más sustentable que uno de combustión interna. Sin embargo, muchos auto-

res opinan que las externalidades generadas para fabricar las baterías, instalar y mantener los puntos de carga y otros sistemas internos con dispositivos sofisticados, todos voraces en consumo de elementos exóticos e incluso tierras raras costosas de extraer, y de manufacturar reducirían la presunta sustentabilidad ambiental de esos autos. Cabe pensar que al igual que el mundo ha alcanzado el punto de “*peak cars*” con mil millones de automóviles hoy, a los autos eléctricos les sucederá eventualmente como a los automóviles de combustión interna. Si se siguen extrayendo recursos minerales se seguirán fabricando autos eléctricos hasta saturar todas las carreteras, calles y avenidas y llegará un momento en alguna de las futuras generaciones en que los autos eléctricos serán demasiados. Y luego tal vez se masifiquen los autos aéreos –algunos modelos de los cuales están ya en experimentación– y se repetirá la congestión de autos, esta vez en la atmósfera de los centros urbanos... y así *ad nauseam!*

Toda solución que busque mejorar la sustentabilidad, por lo tanto y por necesidad, debe resolver más de un problema simultáneamente, en vez de agravarlo o “correr la arruga”, como sucede con algunas soluciones, pues mientras cualquiera de ellas específica logre resolver más problemas combinados, más sustentable será. Si soluciona un problema, pero crea otros deja de ser más sustentable para ser menos sustentable. Por eso es necesario lograr que la gente común, ese consumidor engolosinado con las etiquetas de “sustentable” adornando gran parte del mercadeo de bienes y servicios con su pesado lastre de obsolescencia programada comprenda el monumental impacto que el desarrollo traerán las próximas cinco o seis décadas para todo el mundo, ya que ningún país escapará de la demanda exponencial de recursos como resultado del crecimiento demográfico. Además, resultará igualmente obligante establecer legislación que impida a la industria manufacturera de bienes, equipos y servicios continuar alimentando la producción de productos desechables. Salvo que se quiera poner “la zanahoria delante del asno” la meta realista debería ser **mejorar** la sustentabilidad, ya que **alcanzar** la sustentabilidad por ahora resulta utópico. Eso exige, por supuesto, en vez de abandonar las acciones para mejorarla, intensificar los estudios que la promuevan, e intensificar su aplicación.

3 La sustentabilidad del Capital Ambiental

En materia ambiental las mejoras de sustentabilidad a cumplir son aquellas capaces de revertir un alto porcentaje de los impactos ya producidos desde hace más de un siglo con miras a alcanzar los niveles de afectación que tenía el planeta en décadas pasadas en las cuales se disfrutaba de una

vida más plena y de menor riesgo. Bajo el Acuerdo de París¹⁵ que fija metas de mitigación y adaptación al cambio climático se podrán disminuir los GEI, pero el ambiente disparará eventos climáticos aún más extremos durante muchas décadas antes de comenzar a mejorar, puesto que recién ahora estamos sufriendo las reacciones del planeta a los impactos que generamos durante la primera mitad de la Era Industrial, de manera que el viaje hacia la tan ansiada sustentabilidad va a sufrir aún unas cuantas turbulencias climáticas y considerables reacciones inesperadas de la biodiversidad, porque estaremos navegando por situaciones imprevistas y sin precedentes en la Historia de la Civilización.

Cabe recordar que la Nueva Agenda Urbana de la Organización de las Naciones Unidas estableció 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible sobre 175 puntos a ser considerados como metas de sustentabilidad⁴. La mayoría de esos objetivos están asociados directa o indirectamente con los crecientes asentamientos urbanos formales e informales. Esa asociación es lógica ya que para 2050 la mitad de la población mundial habrá migrado hacia áreas urbanas, planificadas o improvisadas. Y 7 de los 17 ODS se refieren a las ciudades. Tres de ellos:

“Ob. 9: Construir infraestructuras resilientes, promover industrialización **sustentable** y fomentar la innovación”,

“Ob. 11: Lograr que las ciudades y asentamientos humanos sean incluyentes, seguros, resilientes y **sustentables**”

y

“Ob. 17: Fortalecer los medios de implementar y revitalizar las alianzas globales en desarrollo **sustentable**”,

exigen ser cuidadosamente estudiados pues se enfocan puntual y específicamente en metas de **sustentabilidad**.

En materia hídrica, las dificultades para cubrir la demanda exponencial de *agua corriente* para el uso en saneamiento e irrigación, y de *agua potable* para el consumo obliga a crear sistemas eficientes de tratamiento con disciplina de consumo límite, y junto a esos esfuerzos, crear mejores planes de prevención de fugas, y de contaminación. Sin embargo, en Venezuela se hizo hábito en las últimas dos décadas maquillar las serias deficiencias de inversión, purificación y mantenimiento en las redes de tuberías. Además, cabría ensayar sistemas masivos de desalinización y de cosecha de agua de lluvia para los cerca de 500mil km² de áreas insulares nacionales prácticamente desatendidas y con potencial envidiable de explotación turística.

La masa de población de las culturas informales crónicas que pueblan los cinturones de miseria en la mayoría del mundo en desarrollo y en algunas regiones que carecen de infraestructura educativa y científica, requerirán de asistencia técnica intensiva y de masivos subsidios transnacionales para sobrevivir, mientras se capacitan para enfrentar los altos riesgos y los severos cambios del Nuevo Milenio. La situación en Venezuela en ese aspecto tiene antecedentes positivos, ya que los ingenieros del hoy extinto MOP en el siglo pasado tuvieron la estratégica y acertada visión de planificar la creación de suficientes embalses para garantizar, no solamente el suministro de agua de calidad a vastas regiones del territorio, sino para afianzar además un potencial hidroeléctrico insustituible que permitirá al país contar con fuentes de energía limpia y renovable por mucho tiempo, incluyendo volúmenes del preciado líquido suficientes para saciar la demanda del crecimiento demográfico a futuro, e incluso para su exportación.

Es casi seguro que la ciencia logrará producir una nueva revolución agrícola en el mundo civilizado, ya que se ha adelantado mucho en esa dirección con el diseño de techos verdes, huertos urbanos, producción orgánica intensiva, especialmente la que podemos llamar “tecnopónica” en todas sus variedades y con el uso de ingeniería genética. Sin embargo, esa nueva revolución no será explosiva como la primera que desencadenó el frenético crecimiento demográfico del siglo XX, sino gradual, a medida que se desarrollan las nuevas tecnologías, porque el crecimiento de la población ya va ascendiendo la empinada curva del “palo de hockey” con su preocupante factor exponencial y la demanda crecerá más rápidamente que la investigación. En el país ya hay grupos de creativos expertos estudiando estrategias aplicables a diversos contextos locales que permitan desarrollar sistemas de cultivos, producción distribución, procesamiento y entrega al consumidor, capaces de cubrir las demandas de alimentos para las próximas generaciones de venezolanos.

Los millones de teléfonos inteligentes en manos del público hoy se orientan más al entretenimiento que a la actividad profesional, por ejemplo. Debiendo a eso, y con base al alto costo en recursos de alto valor, y en busca de una mayor sustentabilidad, los fabricantes tendrán que reducir el exceso de funciones y el tamaño de los equipos con la nano-tecnología. Los aparatos serán crecientemente más costosos a medida que se encarece la extracción de minerales exóticos y tierras raras, hasta que por el agotamiento de yacimientos y los altos costos de extracción solamente los líderes de gobiernos, el estamento militar y la élite de profesionales, académicos y científicos podrán utilizarlos para funciones tecnológicas y de defensa, mientras se

capacita a los menos favorecidos, para la vuelta eventual al hilo fijo de comunicación y retomar la modesta radiodifusión.

El futuro de los ordenadores y el de los millones de tableros electrónicos inteligentes en manos del público hoy marcha en la misma dirección, ya que su demanda se incrementará considerablemente pero su oferta quedará disminuida por falta de insumos. La investigación en tecnología no podrá crecer desmesuradamente con la población ya que muchas profesiones desaparecerán totalmente con la automatización. A medida que las operaciones manuales migran hacia la tecnología y la robótica va ocupando plantas de ensamblaje, fábricas e industrias de servicios, incluyendo el agro, ya tecnológicamente adoptado en muchos países, la especulación financiera se irá reduciendo con los reajustes de legislación, para hacerse más sustentable.

4 ¿Es sustentable el Capital Social en Venezuela?

La sustentabilidad social en Venezuela está seriamente obstaculizada por la indetenible expansión de lo que algunos estudiosos denominan “Cultura de la Pobreza”¹⁷. Esa es la estructura sociocultural que se podría llamar más apropiadamente “Cultura Informal”, pues pasó de ser *habitual* a ser *crónica* y finalmente a ser *generacional*. Por eso lo que hoy califica como *pobreza* deja espacio para un gran debate. Para comenzar, muchos de los llamados “pobres” en la cultura informal venezolana de las primeras décadas del milenio, manipulada en la especulativa economía de calle, en la cual se adquieren productos subsidiados que se revenden a precios hiper inflados por la divisa en mercado ilegal, obtienen muchos más ingresos en una sola semana que una buena porción de los miembros de la “cultura formal”. Este grupo de la cultura formal media incluye obreros especializados, empleados de rango medio, profesionales de capacitación mediana y trabajadores a destajo, o itinerantes, incluyendo no pocos técnicos, ingenieros y otros profesionales. Esta es una situación insustentable, porque distorsiona la jerarquía de capacitación profesional. Y cómo no hay manera de corregir un solo factor en una cultura sin afectar el resto, se deben estudiar las soluciones bajo un enfoque sistémico.

Algunos de estos “pobres” anteriormente mencionados, categorizados con base al engañoso *ingreso promedio per cápita* mensual –especialmente en la provincia– tienen mejor acceso a hortalizas, frutas, ganado y cacería, que una buena parte de los habitantes de ciertas zonas residenciales de clase media. Sin embargo, sin entrar en el debate sobre pobres y ricos lo que vale la pena destacar es la existencia de una gran barrera en Venezuela entre la cultura formal y la cultura informal que distorsiona la econo-

mía, el ambiente y la sociedad en ambos grupos. Ambos poseen un juego totalmente diferente –y tácito– de reglas, códigos y sistemas de fidelidad, merecimiento, relaciones de poder y rangos de “ética” basados en el poder de la violencia, del chantaje o del dinero. Y a menos que se aplique un programa masivo de capacitación integral muy pocos saldrán de la pobreza crónica. De manera que hasta que la mayoría de miembros de la cultura informal se asimile a la cultura formal, no se podrán fijar políticas efectivas para los juegos de indicadores internacionales de sustentabilidad con estrategias efectivas.

5 La participación como determinante en la sustentabilidad socio-política

Aplicando las eficaces tecnologías de participación desarrolladas en los últimos años, el trabajo de fortalecer liderazgo, estructurar gobernabilidad, crear pertenencia, promover solidaridad, capacitar para la resiliencia y potenciar el desarrollo sociocultural de las comunidades, ha obtenido resultados mucho más eficientes que el logrado con todas las metodologías previamente aplicadas. Comprender y asumir la participación no es tarea fácil, ya que implica evitar la casi obsesiva fijación de querer controlarlo todo heredada de pseudo-caudillos de baja capacitación social, con el único aval de un carisma circunstancial o el dominio del oportunismo. La situación es hoy muy diferente.

Por eso la participación solo será efectiva y exitosa si se asume a plenitud aplicando los procedimientos y guías probados para esos fines, las cuales han derivado de décadas enteras de ingenio desarrollado para evitar las orquestas de denuncias, los conciertos de acusaciones y el desvío visceral de los tópicos de la agenda de participación. Estos condicionantes se han superado con técnicas muy efectivas, lo cual convierte a la masa de público denunciante irritado y a los abanderados de quejas, en un gran ejército de vasto potencial creativo que requiere solamente recanalización para que mueva el poderoso motor colectivo a través de un angosto canal que lleve el torrente humano a la rueda de molino para motorizar el cómo, dónde, cuándo y por qué de los cambios que requiere la planificación participativa. La guía de dicha participación exige expertos carismáticos

El mundo entero ha cambiado desde el surgimiento de la Internet, y la planificación del entorno construido ya no es predio exclusivo de los planificadores en sus mesas de dibujo, sombreando de color los planos de una ciudad, y montando presentaciones como los juegos de tacos de preescolar, armando maquetas como si la ciudad fuera para verla desde un avión y no

desde la altura de los ojos de un peatón. Hoy en día el ciudadano común, por obra y gracia de las redes sociales, se ha empapado de información que le permiten romper con el rol pasivo que tenían hasta hace unos pocos años. Ya las decisiones de gobernadores, alcaldes y legisladores no se aceptan a pie juntillas sino que son cuestionadas, discutidas y echadas al viento, sin que estos puedan hacer mucho para evitarlo.

La razón parece ser compleja, pero es relativamente simple y para muchos difícil de aceptar. Desde el surgimiento de las redes de superautopistas electrónicas, millones de personas tienen hoy acceso a vasta información que antes era territorio exclusivo y predio intocable de los expertos, técnicos, ingenieros y planificadores. Eso significa que planificar, diseñar y construir para los usuarios hoy exige enfrentarse a cuestionamientos que antes no existían, a experticias adquiridas en línea, a ejércitos enteros de críticos que han tenido acceso a muchas de las mismas fuentes que han tenido esos expertos, técnicos, ingenieros y planificadores, incluyendo los medios científicos. En opinión de algunos expertos:

“En la era de la internet las Academias han perdido el monopolio del conocimiento. Así, deben crearse mecanismos más flexibles para educar a los jóvenes”¹⁸.

En no poco frecuentes casos hay individuos y grupos muy organizados, y de gran inclinación vocacional que se han capacitado para revisar y evaluar el desempeño profesional de muchos burócratas, cuyos rendimientos demuestran que se quedaron aferrados a las lecciones básicas y muy poco han actualizado sus conocimientos. Existen muchos ejemplos. Algunos de los más destacados son los ingenieros capacitados en la explotación de combustibles fósiles, muchos de los cuales siguen anclados a la continua y creciente explotación del petróleo, sus derivados y toda la inmensa industria de manufactura que surgió de la explotación del crudo barato. Ellos se resisten a capacitarse en las áreas energéticas alternativas que han surgido de la crisis. Estos profesionales necesitan darse cuenta de que las empresas petroleras del pasado hoy se erigen como empresas energéticas, dedicando cuantiosas inversiones al desarrollo de fuentes de energía renovable, las cuales están abriendo más fuentes de empleo que las anteriores.

Los ciudadanos de a pie hoy tienen una herramienta para la participación que no tenían hace apenas 40 o 50 años. Ahora cualquier vecino puede tener acceso a manuales, guías, instructivos y lecciones de expertos en casi todo tema que se pueda imaginar. Hoy el ciudadano común se entera en tiempo real casi, de las decisiones que se debaten en los parlamentos y

oficinas públicas, y eso les da pie para exigir más participación. Su manera de protestar y exigir se ha repotenciado y el valor de la denuncia y la exigencia ha adquirido mucho más peso porque ya no es un solitario descontento, sino que forma parte de un poderoso rechazo colectivo con gran efecto. Y aunque es posible que el conocimiento que se halla en la red no los haga eruditos, les otorga poder para exigir más y mejor desempeño a sus funcionarios con solo 150 caracteres. Eso conduce a mayor y mejor participación, y aunque no tengan poder de veto tendrán más voz y presión popular, lo cual les da el poder con el cual pueden desbarrancar a un país... con evidencias a la vista. Sin embargo, adecuadamente canalizado, ese poder puede crear transformaciones notables, y paradójicamente resulta en la práctica más manejable de lo que parece.

La participación es el mejor motor de integración que existe y es la mejor vía para reducir la pobreza. Las metodologías más exitosas en todo el mundo en mejoras decisivas de sustentabilidad han partido siempre de mecanismos de participación. En Venezuela, sin embargo, estos mecanismos rara vez se habían practicado, más que haciendo encuestas, o respondiendo a denuncias hasta comienzos del Nuevo Milenio, y se practica hoy en el mejor de los casos con pinzas, con recelo y con un nerviosismo omnipresente de que las sesiones de participación “se escapen de las manos”, en especial tratando de evitar que los llamados “pescadores de tribuna” secuestren los foros.

El problema a enfrentar es que a menos que se logre una decidida participación de representantes de ambas culturas urbanas, la formal y la informal, no habrá manera de lograr que las ciudades se compacten, se integren y prosperen lo suficiente como para ingresar al Nuevo Milenio con una mejor sustentabilidad, ni logrará individuo o grupo alguno salir de la pobreza, no solo en Venezuela, sino en toda Hispano América. Más aún, si los miembros de la cultura informal son ignorados, subestimados, desplazados de una participación real y efectiva, tal como se ha visto en el pasado en la Región, terminarán participando por vía electoral con el resultado que se puede apreciar en el estado socio-político que hoy vive el país. Algunos expertos con criterio visionario y realista han logrado significativos adelantos últimamente con planes y programas de gran amplitud, abierta claridad, metas muy específicas y ciertamente realizables¹⁹.

Para tener una idea del proceso más adecuado, más seguro y más efectivo de participación hace falta evaluarlo, diseñarlo y planificarlo con base a una metodología estructurada ya probada en muchos países, pero en especial en las experiencias exitosas de desarrollo sustentable, ya que permite

prevenir, evitar y corregir las distorsiones que padece la participación convencional²⁰. Una de las herramientas más completas disponibles hoy constituye un enorme volumen de manuales, técnicas, metodologías y estrategias de participación comunitaria, con más de siete mil páginas en 45 capítulos llenos de abundantes ejemplos, guías, tutoriales y planillas de libre uso, profusamente ilustrados y totalmente en español. Se puede consultar libremente en el portal de La Caja de Herramientas Comunitaria²¹ y ha resultado muy efectiva en variados contextos locales.

6. Desarrollo más sustentable del territorio

En planificación y ordenamiento urbano y territorial los *hinterland*, los suburbios, las zonas periurbanas, y las centralidades por ejemplo, se necesitará transformar para la compactación de las ciudades. Será fruto del demoleedor e indetenible impacto del crecimiento demográfico dentro de un entorno construido físico limitado, a medida que los países adopten las acciones para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La densidad se debe incrementar, las zonas exclusivamente residenciales deberán abrir espacio al comercio vecinal y los efectos de borde de los asentamientos urbanos se redefinirán para poder fijar firmes límites a la avasallante expansión urbana. El campo, por otra parte, será afectado por la automatización de la agro-producción, generando un éxodo extra en el remanente de campesinos hacia el entorno construido. En el país, el escenario exigirá recapacitación de los productores del campo, para poder manejar tecnologías muchas de ellas ya superadas en otras naciones, pero que nunca han sido utilizadas a cabalidad en el país.

En Venezuela la más rápida y efectiva manera de compactar las ciudades y reducir los GEI es creando un sistema eficiente de movilidad multimodal integrada. Ningún sistema eficiente de movilidad podrá ser implementado si no se compactan los centros urbanos, y si no se reordenan los asentamientos informales, ya que por una parte el riesgo que pende sobre estos últimos a la hora de un sismo de alta escala es mayúsculo y aterrador, por la dificultad de acceso²² y por el otro es imprescindible peatonalizar las ciudades, para poder reducir drásticamente las emisiones de GEI, minimizar las largas conexiones y el complicado trasbordo en las rutas diarias de la casa al trabajo, mejorar las relaciones comerciales, las creaciones socio-culturales y el contacto familiar, disminuir la inseguridad, mejorar la salud y reducir las afec-ciones coronarias. Solamente con la compactación y el uso mixto se puede alcanzar una mejor sustentabilidad en los centros urbanos, especialmente en los corredores conurbanos intercomunales.

También el sistema de transporte colectivo requiere una transformación radical, ya que a menos que se implementen sistemas con redes interconectadas de unidades colectivas sobre canales de circulación exclusivos que conduzcan el torrente de usuarios de manera rápida por los colectores principales, y redes medias de distribución residencial ágiles y de “calidad ejecutiva”, no se podrá reducir el arcaico y disfuncional parque automotor colectivo en manos de los monopolios privados actuales. Esta es una determinante de la responsabilidad social que el Estado venezolano mantiene en saldo deudor con los ciudadanos desde hace décadas. Estos sistemas necesitan implementar estaciones con terminales limpios y dignos, centros de información y atención al usuario, pizarras electrónicas con información confiable de rutas, horarios y tarifas con unidades de calidad normalizada. Dichas rutas deben ser fijadas por los planes de desarrollo local, de acuerdo a estudios de mapeo sobre el flujo y frecuencia de viajeros entre puntos de partida y llegada.

Dichos sistemas deben poderse integrar en sus pagos y enlaces coordinados e integrado con los trenes subterráneos, superficiales, buses, terminales de pasajeros, puertos, aeropuertos, ferris y centros de información y movilidad. Esto es necesario para que todo pasajero, desde la madre con bebés en brazos, o infantes de la mano, jóvenes, adultos mayores y personas de capacidad disminuida puedan viajar cómodamente desde la parada más cercana a su vivienda, hasta sus puestos de trabajo, o su punto de destino en vacaciones, incluyendo las compras y gestiones diarias, semanales, mensuales y anuales que requieran, sin necesidad de utilizar taxis. El servicio de taxis debe ser un recurso extra y opcional, pero jamás forzado ni obligatorio por falta de alternativas, como sucede en la actualidad, ya que resulta oneroso, en relación al bajo costo del combustible subsidiado que consumen. Las ciclovías también pueden integrarse en modalidad de renta con pago a destino, en algunas rutas; y el uso compartido de los vehículos de uso privado es una opción muy válida que está creciendo como solución económica, eficaz, segura y socialmente aceptada.

7 Ejemplos en participación exitosa

En las últimas décadas han surgido varias iniciativas estratégicas en el mundo dirigidas a reducir los impactos del hombre sobre el entorno natural y el entorno construido, con miras a lograr una mayor armonía con la Naturaleza y una mayor sustentabilidad. Uno de ellos es la corriente de Permacultura, creada por Bill Mollison y David Holmgren en Nueva Zelanda, iniciativa que ha alcanzado considerable expansión internacional y que persigue aplicar un conjunto de medidas conservacionistas que se inclinan hacia una filoso-

fía de vida autárquica de prevención y supervivencia. Esta filosofía se entrelaza de manera armónica con los recursos naturales en vez de agotarlos hasta hacerla colapsar como se inclinaban las prácticas predadoras habituales²³.

Otra de las iniciativas de desarrollo sustentable basadas en estudios científicos es el programa de “Decrecimiento Planificado”²⁴ que considera adoptar medidas extremas de conservación por medio de la reducción drástica y voluntaria del uso y consumo de recursos, bajo una estructura comunitaria de ayuda mutua. Este movimiento nació en el siglo XIX y no se ha popularizado mucho por su férreo rechazo al crecimiento ilimitado tan popular que caracteriza el desarrollo surgido con la revolución industrial, paradigma económico destructivo basado en la civilización auto centrífuga y la expansión urbana con su voraz consumismo de productos y manufactura, el cual ha resultado duro de erradicar.

Existe otro movimiento altamente organizado que ha resultado un triunfo a escala global y que apunta hacia una eficiente reducción, e incluso *eliminación* total, de la dependencia del consumo de combustibles fósiles. Se trata del proyecto “Ciudades en transición”, que promueve una descentralización casi total, eliminación del uso de combustibles fósiles, producción de alimentos en granjas orgánicas locales, peatonalización del entorno urbano, potenciación de la cultura local, reciclaje hacia cero desechos, producción de energías limpias, muy reducida tasa de importación, e inter-cooperación con localidades vecinas, turismo de bajo impacto, protección de la biodiversidad, desarrollo de economías con moneda local, planes crediticios sin intereses, fomento de la gobernabilidad en equipos, y reducción de las afecciones de salud típicos de las grandes ciudades, entre otros esquemas integrales²⁵.

Son varios los elementos determinantes bajo riesgo severo en el escenario hacia el cual este mundo ha avanzado por el cambio climático. El suministro de alimentos es uno de ellos. Sin embargo, se han adelantado iniciativas importantes en ese aspecto. Iniciativas como la de la Alcaldía de Berlín de fusionar organizaciones comunitarias independientes con entidades del gobierno local en la planificación, desarrollo, cosecha y distribución de productos agrícolas que han tenido gran éxito. La reducción del ganado en pie, para disminuir el consumo de carne, con su voraz consumo de agua corriente y grano para su alimentación en Holanda es igualmente llamativa. Otra propuesta notable es la creación de estaciones productivas habitacionales integradas que generan todos sus recursos alimenticios, incluyendo la gestión integral del agua para irrigación, consumo humano, saneamiento y esparcimiento, creando granjas verticales autosuficientes.²⁶

Invariablemente todos los sistemas exitosos de sustentabilidad urbana se apoyan en la movilidad multimodal. Esta movilidad multimodal planificada y coordinada para la eficiencia exige aplicar un método probadamente exitoso: replantear las ciudades y otros asentamientos humanos sobre una red peatonal. Una vez trazada esa red se reubican las edificaciones sobre un plan de transecta en el cual las centralidades que contienen los componentes institucionales presentan la mayor densidad y esta se va reduciendo en un patrón cónico de manera que las zonas de menor densidad serán siempre las de la periferia, hasta alcanzar el borde de las ciudades con su patrón típico de efecto de borde y más allá la llamada nueva ruralidad. Todo esto es aplicable desde cero solo en nuevos desarrollos, ya que para ciudades ya establecidas, la aplicación del plan requiere ir generando cambios con la demolición de edificaciones para conformarlas al plan sustentable.

8. Sustentabilidad del capital económico

La economía tradicional, tanto capitalista como socialista se basan en un esquema de circulación que va de la cuna a la tumba; es decir, que la materia prima en forma de recursos naturales se extrae de una fuente (la cuna), pasa por los procesos de manufactura, ensamblaje o almacenaje y empaque, luego va al sistema de distribución para llegar al usuario y finalmente es desecharla en vertederos, botaderos a cielo abierto, cañadas y/o cuerpos de agua (la tumba) donde se convierte en un problema de contaminación, ocupación de espacio, degeneración del paisaje y deterioro de entorno natural, aire, agua, suelos y biodiversidad, la cual incluye a los seres humanos. La economía circular, por el contrario, se basa en el concepto *de la cuna a la cuna* que aparece descrito en “*Cradle2Cradle*”, un libro impreso por vía térmica en láminas sintéticas que soportan agua y que puede ser reciclado ya que sus páginas se pueden borrar y reimprimir desde la carátula. Este libro/ejemplo explica la manera de establecer sistemas en serie de producción que permitan el reúso y el reciclaje de las materias primas para fabricar productos similares al original o diferentes. La obra tuvo tal impacto que ya se ha impreso en doce idiomas²⁷.

El concepto *De la Cuna a la Cuna* permite que todos los elementos que componen una línea de producción terminen retornando a las fuentes de manufactura y creación de los mismos u otros productos o equipos. Eso significa que el proceso económico no degenera, ni desecha los recursos sino que los utiliza de manera circular y no producen impacto significativo en el entorno natural o construido, ya que retornan al sistema sin residuos. La economía circular es más apropiada para contribuir a combatir los problemas de la inflación, la competencia desleal, la especulación, los monopo-

lios, la contaminación del suelo, del agua y del aire, la manipulación de los mercados y otros vicios de las economías ya sean capitalistas o socialistas, ambas estructuralmente predadoras por igual. La economía circular propone una estabilidad económica con inflación reducida e índice de precios al público firmes y confiables, debido a la reducción de costos de extracción de materia prima y otros recursos.²⁸

Otro aspecto de vital importancia que debe enfrentar el país hacia una mayor sustentabilidad es la reforma radical del sistema financiero, ya que el país ha estado apoyándose principalmente en la renta petrolera durante más de un siglo, y al momento en que el mundo despierta al elevado riesgo de los impactos ambientales y las onerosas deudas ambientales de las externalidades asume la ruta de las energías renovables, de tal modo que la importancia estratégica del petróleo emprende el descenso vertiginoso que lo hará obsoleto en corto tiempo como fuente de energía barata. Por ese motivo Venezuela necesita enfrentar con decisión al menos tres variables de importancia: Reducción progresiva del rentismo en la economía local, regional y nacional, desafío que implica una compulsiva capacitación de los funcionarios y autoridades de rentas municipales y regionales en métodos de captación de ingresos propios. También se requerirá la pronta capacitación de los cientos de miles de profesionales que dependen de petróleo o industrias derivadas para el ejercicio de su profesión. Estos deberán prepararse para adquirir conocimientos en energías limpias y fuentes alternativas variadas; y finalmente la urgente capacitación de alcaldes, concejales y otros funcionarios, en temas ambientales, en especial en la gestión adaptativa al cambio climático, la gestión de riesgo urbano y el mejoramiento de la resiliencia de los centros urbanos municipales.

Estos funcionarios necesitan formarse en redactar legislación y estructurar sistemas y reglamentos que blinden los objetivos, en vez de tener que revisar, reformar y re-redactar y hacer más complejas docenas de leyes, normas y disposiciones, labor que se podría evitar simplemente mejorando el estudio y el esmero con la cual se redactan, en vez de apresurar su aprobación desde del primer borrador con fines proselitistas. La capacitación de alcaldes permitirá que asimilen su responsabilidad en la gestión de la Hacienda Municipal. Eso conduce a la búsqueda de fuentes de financiamiento ajenas al rentismo petrolero, y una de las maneras más efectivas, eficaces y eficientes que se conocen hoy nació en São Paulo, Brasil, en 1995. Pues fue en el parlamento local que se instituyó por primera vez la captación de plusvalías de suelo utilizando Certificados de Potencial Adicional de Construcción, o CEPACs²⁹.

Respecto al Turismo como fuente sustentable de ingresos, no serán las playas, ni los paisajes, ni las “mises” lo que tendrá el mayor potencial atractivo de Venezuela y el resto de Hispano América, sino **su gente**. Ese potencial es gigantesco y está por desarrollarse desde casi cero, puesto que requiere un adiestramiento que forme operadores en respeto, cordialidad, honestidad con ética de trato y atención al visitante del exterior y que evite el trato predatorio. De lo contrario los turistas que vengan de visita jamás volverán, ni ofrecerán referencias favorables respecto al trato que reciban en Venezuela. En especial porque muchos de ellos, en especial los que más gastan, vienen de países con tradición de trato de elevada calidad en sus propios países. Así que el adiestramiento no basta con un breve glosario de idiomas, conocer las tasas de cambio, ni memorizar un “caletre” de expresiones descriptivas. Hace falta personal bien adiestrado en formación integral de relaciones humanas, idiomas, contenido histórico, cultura e integridad.

9 Burocracia, lastre de la sustentabilidad

La burocracia es una de las estructuras típicas en la administración pública en toda Hispano América y lamentablemente en especial en Venezuela en el contexto nacional, regional y local. Mucha gente está convencida de que la burocracia es producto de torpeza organizativa, de falta de coordinación, de incapacidad gerencial, o de falta de legislación adecuada. La realidad es algo diferente. La burocracia es simplemente un mecanismo velado de filtración y control de las gestiones de manera de mantener el poder para ejecutar solamente aquellas acciones que son autorizadas por vía preferencial, por lo general a discreción de los funcionarios líderes. La evidencia más concluyente de que la estructura funciona así, es la velocidad vertiginosa con la cual aún en crisis se aprueban, asignan presupuesto y se ejecutan todo tipo de programas, planes y proyectos que han sido pre-aprobados tras bastidores, a pesar de las protestas y rechazos.

El alto costo ambiental de la burocracia sobrecarga la gestión de un departamento u oficina cualquiera, con docenas de visitas que significan muchas horas hombre de profesionales desperdiciados en salas de espera, cantidad de km de vialidad recorridos y km² de espacio de estacionamiento además del alto consumo de combustibles. A menos que se adopten medidas sustanciales de reducción de la burocracia, no será posible que Venezuela llegue a establecer relaciones de asistencia, de intercambio o de cooperación con países desarrollados, porque los convenios firmados entre el país y esas naciones son entorpecidos. El problema de la burocracia está íntimamente asociado a la corrupción. Sin burocracia no prospera la corrup-

ción, por lo tanto, hace falta legislar para erradicar la burocracia, con la aplicación de una reingeniería de procesos en toda la administración pública. Además, es imprescindible un catálogo de incentivos a la fluidez de trámite, y un listado de sanciones efectivas con escarmiento aleccionador y aplicación firme. Sin embargo, la aplicación firme de sanciones requiere un cambio de paradigma, puesto que cada sanción que se deja de aplicar es una palmadita en la espalda del infractor.

Un sistema Judicial sólido y mucho más sustentable que permita una actitud confiable de las autoridades no se puede implementar si el presupuesto que lo nutre depende de las decisiones del Ejecutivo Central. Es necesario establecer un fondo especial, preferiblemente mixto, y con administración transparente, para financiar todas las operaciones administrativas y judiciales sin temor de chantajes que apliquen retención de salarios o recortes arbitrarios de presupuestos. Un fondo especial independiente permitirá al más modesto de los inspectores sancionar al más pesado de los funcionarios, sin temor de ser despedido, extorsionado, chantajeado o ver secuestrado su salario. Proteger la integridad y la transparencia de un fondo de este tipo requiere la aplicación de metodologías conocidas y suficientemente probadas.

El método utilizado en algunas organizaciones eficientes y exitosas en ese sentido es ensamblar juntas directivas de tres miembros; un presidente, un secretario y un tesorero. Pero lo que lo hace eficiente no es el nombramiento sino la forma de la sucesión, porque el presidente durará tres años en sus funciones, el secretario dos años y el tesorero un solo año sin posibilidad de reelección. De esta manera se reduce considerablemente la creación de corrillos, mafias, clanes o “cogollos” en las juntas directivas, puesto que, al primer año de ejercicio del presidente, y sin tiempo de diseñar triquiñuelas perversas, ingresará un nuevo tesorero; a los dos años habrán ingresado dos nuevos tesoreros y un secretario; y al tercer año habrán ejercido el cargo un (1) nuevo presidente, dos (2) secretarios, y tres (3) tesoreros. Esta estructura escalable y modular, ha permitido depurar las malas prácticas y reducir el riesgo de corrupción en organizaciones.

10 Reflexiones finales

Lograr la sustentabilidad real o percibida; es decir, tratar de garantizar que las futuras generaciones puedan disfrutar de los mismos privilegios de ostentosa abundancia que los ciudadanos del primer mundo han ostentado -objetivo consciente o subconsciente aún perseguido desde la China hasta Hispano América- no solo es ilusorio, sino que en algunos casos raya en lo

ridículo. En especial se percibe de algunos de los llamados futurólogos que anuncian increíble tecnología para el siglo, en la cual el hombre tendrá no solo robots haciendo todo lo que un ser humano hace hoy, para permitir un ocio continuo y permanente, sin explicar con qué energía barata, recursos naturales, y materias primas se podrá desarrollar tal hazaña. ¿Cómo se podrá costear el opulento turismo interplanetario? porque si no ¿Para qué se ha invertido tanto capital en el desarrollo de dicha industria? El ejemplo del sensacional Concorde, proyecto anglo-francés que anunciaba un flujo de vuelos supersónicos de lujo masificados, asoma el inevitable destino de tales ilusiones. La ilusoria idea de explotar recursos naturales de otros planetas resulta absurda, ya que la amenaza del cambio climático no dará tiempo a que se desarrolle estaciones seguras factibles de emprender la explotación minera espacial, sin contar con el oneroso costo de ese sueño.

A fin de enfocar adecuadamente el concepto, hace falta que ver la sustentabilidad no como un estado, sino como un proceso de optimización y de búsqueda de la eco eficiencia que debe mantenerse en constante auto-superación y autocontrol; es lo que los japoneses llaman “*kaizen*”, o ”mejora constante”. Si estos factores no existen, la Naturaleza cpasará facturas” con cambios drásticos y en ocasiones traumáticos. La mejora de la sustentabilidad es una labor altamente compleja, y para poder planificarla, diseñarla, estructurarla e implementarla se requiere participación de todo el mundo con un enfoque sistémico, ya que no será posible lograrla instalando varios paneles solares en la avenida y dejando las luces ahorradoras encendidas todo el día en los ministerios, porque la baja sustentabilidad que hoy padece el planeta ha sido consecuencia de las acciones u omisiones de todo el mundo, en todo el mundo³⁰.

Ya hay suficientes menús, cartas, gráficos, listas de indicadores, y estrategias diseñadas por muchas organizaciones para acometer esas tareas. Muchos de ellos fueron escritos antes de que la mayoría de los objetivos fuesen formulados: Los 16 Principios de la Carta de La Tierra, las 21 Acciones de los Acuerdos Urbanos de la Declaración de las Ciudades Verdes, los 10 Principios del Crecimiento Inteligente, de la Carta del Nuevo Urbanismo, los 5 Principios de Planificación de Comunidades Sustentables de 2013, los 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable y en especial la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III (Acuerdo de Quito 2016), desglosan sílaba por sílaba la profunda importancia del problema una vez que el mundo sobrepasó el límite de 350ppm de CO₂ en la atmósfera, coqueteando con los 400ppm.

Hoy no es raro leer informes que anuncian que el problema en un sector específico ha resultado ser mayor que el estimado, o que no se habían inclui-

do datos adicionales en los cálculos, o que se han hallado evidencias de eventos extremos o catastróficos del pasado que resultan preocupantes por su similitud con la situación actual³¹. Los métodos de gestión ambiental de hace unos pocos años se han tenido que reajustar, con base a los eventos extremos que están presentándose literalmente en todos los rincones de la geografía planetaria. El clásico, casi monástico método de planificación y ordenación del territorio y del mosaico urbano, emanados de la jerarquía de expertos planificadores dictando parámetros, estrategias y normas a los ignorantes usuarios está siendo reemplazado por métodos y estrategias más directas: El practicante ya necesita integrarse como usuario y el usuario hoy participa con el planificador. Esto es consecuencia directa de la influencia de las redes sociales. Finalmente hace falta tomar conciencia de que, si la totalidad de los 7.500 millones de terrestres tuviera un estilo de vida similar al de USA, a razón de 8H^a por habitante, se necesitarían cuatro planetas Tierra para dar cabida a semejante huella ecológica.

Aparentemente las últimas generaciones de chinos e hindúes abrigan esas aspiraciones.

NOTAS

¹ Joseph Hulse. 2013. *Sustainable Development at risk: Ignoring the Past. Introduction, Static or Dynamic?* Página 10. (T del A),

² Charles Kidd, American Association for the Advance of Science. 1992; citado por Hulse, Ibid, What is Sustained development? pág. 9.

³ *Diccionario de la Real Academia Española*, Edición de 1993.

⁴ *The Cambridge Dictionary UK* <http://dictionary.cambridge.org/help/codes.html>,

⁵ *Business Dictionary*, Web Finance Inc. <http://www.businessdictionary.com/definition/sustainability.html> 20

⁶ www.wikipedia.com

⁷ *Diccionario de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sustentable*. 2000. Universidad de Oriente, Pablo Ramírez y Pablo González. Libros de El Nacional, Colección Minerva.

⁸ Gonzalo Morales et al. 2016. *Venezuela Futura*. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Ediciones Digitales ANIH, Página 9.

⁹ https://es.wikipedia.org/wiki/Informe_Brundtland 1er párrafo. (negrillas añadidas).

¹⁰ Joseph Hulse. *Sustainable Development At Risk.* , Introduction, Pág 20; T del A.

¹¹ [https://es.wikipedia.org/wiki/Los_l%C3%ADmites_del_crecimiento. M%C3%A1s_all%C3%A1_de_los_l%C3%ADmites_del_crecimiento_\(1992\).](https://es.wikipedia.org/wiki/Los_l%C3%ADmites_del_crecimiento. M%C3%A1s_all%C3%A1_de_los_l%C3%ADmites_del_crecimiento_(1992).)

¹² World Resources Institute <https://www.wri.org>

¹³ Cártel Phoebus 1924; Benrnard London, 1932. www.wikipedia.com

¹⁴ <https://www.elsevier.com/connect/economic-growth-and-sustainability-are-they-mutually-exclusive> T de A.

¹⁵ https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es

¹⁶ *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, ONU 2015, Declaración en ocasión del 70^a Aniversario de su fundación.

¹⁷ Oscar Lewis. 1969. *The Possessions of the Poor* Scientific American, October, Pag. 3.

¹⁸ Gonzalo Morales. 2017. Conferencia. *Comentarios a las Universidades del mundo*, Acad. CIV.

¹⁹ Werner Corrales y Tania Miquilena. LVQQT (La Venezuela Que Queremos Todos)

²⁰ Sherry Arnstein. 1969. *A Staircase of Citizen Participation* AIP Journal, Julio.

²¹ <http://ctb.ku.edu/es> La Caja de Herramientas Comunitaria, Universidad de Kansas.

²² <https://entrerayas.com/2018/07/reconstruir-a-venezuela-primer-lo-primero-1/> 6. Vivienda y barrios autoproducidos.

²³ <http://www.permacultureprinciples.com/es/> <https://www.veoverde.com/2012/04/sabes-lo-que-es-la-permacultura-te-lo-explicamos/>

²⁴ <https://es.wikipedia.org/wiki/Decrecimiento> <https://www.degrowth.info/en/what-is-degrowth/>

²⁵ <http://www.transitionsostenible.com/tag/transition-towns> <https://transitionnetwork.org/?s=Espa%C3%B1ol>

²⁶ <http://www.verticalfarm.com/> Arq. Dickson Despommier.

²⁷ *Cradle 2 Cradle: Redefining the Way to Make Things* (autografiado por William MacDonough and Michael Braungart), North Point Press, NY 2002. <http://www.cradletocradle.com/> Biblioteca de la ANIH.

²⁸ <http://economiacircular.org/>

²⁹ *Certificados de Potencial Adicional de Construcción*, Paulo Sandroni. 2014. http://sandroni.com.br/?page_id=310

³⁰ <https://esa.un.org/unpd/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/>

³¹ http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_11.html Perforación y análisis de núcleos de sedimentos en los huecos oscuros en el océano.

CAPÍTULO III

EL RECURSO AIRE

1. La atmósfera.

Atmósfera es la mezcla de gases que rodea un objeto celeste, si éste cuenta con un campo gravitatorio suficiente para impedir que escapen, sea una estrella, un planeta o un satélite. Viene del griego *atmos*, que significa “vapor, aire”, y *sfera*, ya que los griegos sabían que la Tierra era redonda. La atmósfera terrestre entonces, es la mezcla de gases que envuelve a la Tierra y la acompaña en sus movimientos de rotación y traslación.

Desde el punto de vista químico es una mezcla de gases y partículas en suspensión, en la que cada gas conserva sus propiedades químicas y sus características, y del punto de vista físico es un fluido compresible. El efecto combinado de la fuerza de gravedad y de los pesos moleculares de los diferentes gases hace que éstos se concentren más cerca de la superficie, de modo que la densidad de la atmósfera disminuye con la altura. Casi la mitad de la masa atmosférica se concentra en los primeros cinco kilómetros sobre la superficie terrestre, de allí que en la medida en que ascendemos el aire contiene cada vez menos moléculas; las personas que viven a gran altitud, como por ejemplo alrededor del lago Titicaca, en Bolivia, a más de 4.000 metros de altitud, tienen un ritmo cardíaco más lento que el de las demás personas.

La masa atmosférica ejerce presión sobre la superficie terrestre y todos los objetos allí situados; como la columna de aire tiene un espesor de decenas de kilómetros, el peso total es de unos 6.000 billones de toneladas. Eso equivale a ejercer una fuerza de 1 kg cm^{-2} aproximadamente, pero no nos aplasta porque se ejerce en todas direcciones, no sólo en la vertical, y porque el aire en los pulmones ejerce una fuerza en sentido contrario. Por ser un fluido gaseoso, su movimiento produce los vientos, las olas, y las corrientes marinas; el movimiento también contribuye a la redistribución planetaria de la energía en forma de calor latente, de la humedad y de la precipitación.

La atmósfera ejerce una gran influencia en nuestra vida diaria. La presencia de oxígeno entre sus gases constituyentes permite la combustión y la respiración, y la del dióxido de carbono permite la fotosíntesis, así como la presencia de agua en forma gaseosa, líquida y sólida, forma parte del ciclo

hidrológico. También transmite ondas sonoras, y por sus características electromagnéticas, permite la transmisión de ondas hertzianas.

1.1. Evolución de la atmósfera a lo largo de la historia de la Tierra.

La composición de la nebulosa que originó al Sistema Solar hace unos 4.500 millones de años, incluía fundamentalmente Hidrógeno (H) y Helio (He), los gases más ligeros, pero también elementos más pesados (carbono y hierro, por ejemplo), ya que dicha nebulosa se formó por la explosión de una supernova: nuestro sol es una estrella de “segunda generación”. El H y el He se perdieron casi totalmente antes de que la Tierra tuviera la suficiente gravedad para retenerlos. Cuando la Tierra comenzó a enfriarse (formación de la corteza) se formó la primera atmósfera, y al iniciarse la etapa de fuerte vulcanismo, se “desgasificó” la corteza, contribuyendo a que la atmósfera primitiva tuviera una composición parecida a las emisiones volcánicas actuales, donde dominarían el nitrógeno (N_2), el vapor de agua y el dióxido de carbono (CO_2), con menores cantidades de metano, monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre. Algunos otros gases y el agua podrían también haber llegado en cometas.

A medida que la Tierra se enfriaba más, ocurrió la condensación del vapor de agua (formación de los océanos), y la disolución de gases en el agua que precipitaba y en el océano, lo que dejó como gas mayoritario en la atmósfera al N_2 , que en un gas muy poco reactivo; para ese momento no existía oxígeno gaseoso (O_2), ya que este gas es sumamente reactivo, pero existían compuestos con oxígeno.

Cuando aparecieron las primeras bacterias fotosintetizadoras, hace unos 3.500 millones de años (Southwood, 2004), comienza la producción de oxígeno en el océano (el O_2 es un producto de desecho de la fotosíntesis). En los mares originales habría ingentes cantidades de hierro disuelto, producto de la actividad volcánica; el O_2 oxidó al hierro, produciendo óxido ferroso que se depositó en bandas, formando las mayores reservas de hierro del planeta, y manteniendo muy baja la cantidad de O_2 en la atmósfera. Una vez oxidadas las sustancias en el mar, el O_2 que continuaban produciendo las Cianobacterias comenzó a difundirse a la atmósfera, oxidando los compuestos ferrosos en la corteza, formando bandas rojas de origen continental. El proceso de oxidación del planeta terminó hace unos 2.000 millones de años.

A partir de ese momento, el O_2 comienza a acumularse poco a poco, disuelto en el mar, y a difundirse hacia la atmósfera, donde comenzó la formación de la Capa de Ozono, que redujo la cantidad de radiación

ultravioleta proveniente del sol, lo que permitió la colonización de las tierras emergidas. Este proceso se aceleró cuando aparecen organismos eucariotas (con núcleo celular), cuya fotosíntesis es más eficiente; los fósiles más antiguos parecen tener unos 2.000 millones de años, pero aumentan en el registro fósil hace unos 1.700 millones de años (Southwood, 2004). Esto llevó el contenido de O₂ en la atmósfera hasta la concentración actual, de 21 % en volumen.

1.2. Componentes de la atmósfera.

Nuestra atmósfera tiene una composición peculiar respecto a las otras en el Sistema Solar debido a la influencia biótica que generó la existencia de oxígeno gaseoso. La composición química de la atmósfera actual es constante hasta, aproximadamente, los 80 km de altura, capa que se denomina *Homosfera*. Se ha determinado que los gases presentes en el aire *seco y limpio* se presentan con la distribución volumétrica mostrada en la Figura III.1, donde se observa que el N₂ y el O₂ representan el 99,3 % del volumen total de la Homosfera.

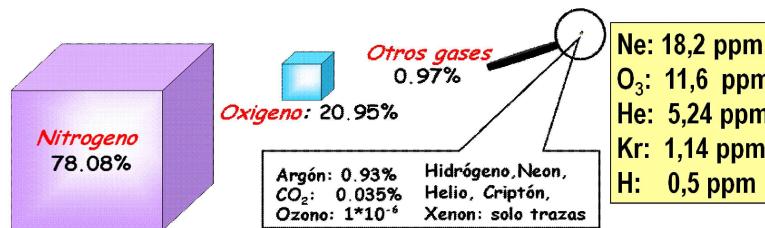


Figura III.1. Composición en volumen del aire seco y limpio.

Sin embargo, es muy importante considerar que el aire no está prácticamente nunca ni seco ni limpio, ya que además de los gases mencionados, contiene una cantidad variable de *vapor de agua* (hasta 4 %), y *partículas en suspensión* que pueden ser sólidas o líquidas y en un rango de tamaño muy pequeño de 2×10^{-4} a 500 μm , e incluyen lo que conocemos como aerosoles, hollín, polvo, sales marinas, polen y polvo sedimentable. El vapor de agua y los aerosoles son los componentes de la atmósfera que más influyen en su comportamiento físico, en los aspectos radiativo y termodinámico (Ahrens, 2000).

El vapor de agua: (a) absorbe la radiación de onda larga (Infrarroja) emitida por todos los objetos del planeta, incluidas cada una de las moléculas

de aire, siendo el principal gas de efecto invernadero; (b) transporta energía en forma de calor latente desde las zonas ecuatoriales hacia las polares; (c) cuanto más vapor de agua, más inestable y ligero es el aire, por lo que tiende a originar lluvias más intensas.

Los aerosoles, con un tamaño entre 0,0001 y 50 μm , producen en la atmósfera un efecto directo radiativo (reflejan la onda corta, que es la mayor parte de la energía que nos llega del sol) y, un efecto indirecto, ya que son los núcleos de condensación sobre los que se forman las microgotitas de nube, como se muestra en la Figura III.2.

Tamaño de Aerosol	Efecto Directo (radiativo)	Efecto indirecto (núcleo de condensación)
< 0,1 μm	-	Muchas goticas de nube, no crecen a gotas de agua
0,5 μm - 1 μm	Muy alta efectividad dispersando longitudes hasta 10 μm , y absorben la visible (0,4-0,7 μm)	Tamaño adecuado para que la proporción de gotitas de nube puedan crecer a gotas de agua
2 μm - 5 μm	Dispersión no selectiva (todas las longitudes de onda, especialmente la Visible)	Tamaño adecuado para que la proporción de gotitas de nube puedan crecer a gotas de agua
5 μm - 50 μm	-	Tamaño adecuado para que la proporción de gotitas de nube puedan crecer a gotas de agua

Figura III.2. Efectos directos e indirectos de los aerosoles en la atmósfera de acuerdo a su tamaño.

1.3. Capas de la atmósfera.

La atmósfera es un cuerpo complejo en el que se dan procesos químicos y físicos, por lo que, dependiendo del aspecto considerado, se la divide de diferentes formas; en general, hay tres tipos de criterios para analizar la estructura de la atmósfera:

- > el criterio químico (composición);
- > el criterio térmico;
- > el criterio de ionización de las moléculas gaseosas.

Según su composición la atmósfera se divide en dos capas, la Homosfera y la Heterosfera; como se mencionó en el ítem anterior, la primera va desde la superficie hasta aproximadamente los 80 km de altura. Según Ahrens

(2000), la Heterosfera se subdivide en cuatro capas: (a) de los 100 a los 400 km de altura está la capa de nitrógeno molecular (N_2); (b) de los 400 a los 1.100 km de altura está la capa de oxígeno atómico (O); (c) de los 1.100 a los 3.500 km de altura está la capa de helio (He); (d) de los 3.500 hasta los 10.000 km está la capa de hidrógeno atómico (H).

Según el criterio térmico, la atmósfera se divide en capas de espesor variable, según la temperatura disminuya o aumente con la altura (*sferas*), estando separadas dichas capas por otras, mucho menos profundas, en las que la temperatura no cambia con la altura (*pausas*), según se observa en la Figura III.3.

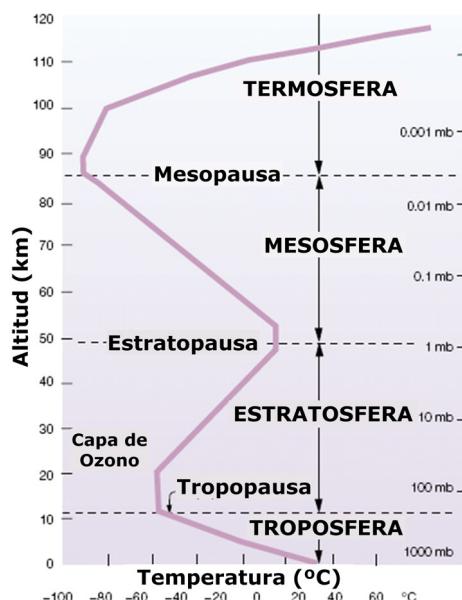


Figura III.3. Capas atmosféricas según el criterio térmico. Fuente: modificado de Ahrens (2000)

La capa más cercana a la superficie terrestre, en la que se producen los fenómenos del tiempo y del clima es la troposfera; tiene un espesor variable de unos 8 km en los polos hasta unos 16 km en el ecuador. La temperatura desciende con la altura hasta los -50°C , aproximadamente. La tropósfera concentra el 75 % de la masa atmosférica, pero representa sólo el 0,5 % del volumen total de la atmósfera, así que es la más densa de todas las capas; contiene además casi todo el vapor de agua. Le sigue la *tropopausa*, con unos pocos kilómetros de espesor donde la temperatura no cambia con la altura.

La siguiente capa es la *estratosfera*, que se extiende hasta unos 50 km de altura y en la cual la temperatura aumenta con la altura hasta unos -3 °C, aproximadamente; la estratosfera contiene el 20 % de la masa atmosférica, y representa el 2 % del volumen total de la atmósfera. Tanto la troposfera como la estratosfera están contenidas en la Homosfera, por lo cual tienen la misma composición que el aire cercano a la superficie, aunque con muchísimas menos moléculas, es decir, con una densidad muy baja. A pesar de esto, a unos 25 km de altura, es decir, aproximadamente en parte media de la estratosfera, se halla una zona donde la concentración de ozono (O_3) es máxima, conocida como la *Capa de Ozono*; el O_3 tiene la capacidad de absorber la dañina radiación ultravioleta que llega del sol, en una reacción exotérmica, esa es la razón de que la temperatura aumente con la altura en la estratosfera. Esta capacidad de reaccionar fotoquímicamente es fundamental para la vida en los continentes (no en el mar, ya que algunos metros de agua la detienen) al eliminar la peligrosa radiación UV lejana (200–280 µm).

La *estratopausa* separa la estratosfera de la siguiente capa, la *mesosfera*, que se extiende hasta los 85 km de altura, y donde nuevamente la temperatura disminuye con la altura, hasta unos -90 °C, aproximadamente; la mesosfera contiene el 4 % de la masa atmosférica, y representa el 0,5 % del volumen total de la atmósfera. La *mesopausa* separa la mesosfera de la siguiente capa, la *termosfera*, que alcanza los 500 km de altura; en la termosfera la densidad atmosférica es extremadamente baja, hay muy pocas moléculas, pero al absorber la radiación solar adquieren tanta energía que les permite alcanzar temperaturas mayores a 1500 °C. Finalmente, la *exosfera* es la transición entre la atmósfera y el espacio exterior. Estas dos últimas capas contienen apenas 1 % de la masa atmosférica, pero representan el 97 % del volumen total de la atmósfera. Se asume que la atmósfera termina a unos 64.000 km de altura, en el límite de la *magnetosfera*, que es la estructura electromagnética que rodea al planeta, generada por la interacción del campo magnético terrestre con el viento solar.

Según el criterio del comportamiento electromagnético de la atmósfera, entre los 60 y los 1.000 km de altitud los diferentes gases atmosféricos están fuertemente ionizados, y por lo tanto sus moléculas tienen carga eléctrica; a esta profunda capa se la denomina *ionosfera*, y en su parte media y alta ocurren las auroras boreales. La ionosfera es vital para las telecomunicaciones, ya que tiene la propiedad de reflejar las ondas electromagnéticas largas (ondas de radio o hertzianas).

2. Principales funciones de la atmósfera.

Una de las condiciones fundamentales para que la Tierra sea un planeta con vida es su especial atmósfera; ella es la fuente de oxígeno para los heterótrofos (animales y humanos), de dióxido de carbono para los autótrofos (plantas), y de agua para todo ser vivo. Pero además, ocurre que la atmósfera interactúa con las dos principales formas de energía en la Tierra: la energía radiante (electromagnética) que nos llega del sol y con la energía calórica, por lo cual juega varias funciones vitales en el planeta considerado como un sistema.

- > *Controla el equilibrio energético radiante del planeta*, al dejar pasar la energía radiante de onda corta que viene del sol, y emitir energía de onda larga que sale al espacio.
- > Funciona como *un filtro para energía radiante de longitudes de onda peligrosas* para los seres vivos. El oxígeno atómico (O) entre los 200 y 700 km de altitud absorbe los rayos X ($\lambda < 0,01 \mu\text{m}$). El oxígeno molecular (O_2) absorbe la UV más corta ($\lambda < 0,18 \mu\text{m}$) por encima de los 100 km de altitud. Entre los 60 y 50 km, el O_2 absorbe el UV medio (λ de $0,2$ – $0,24 \mu\text{m}$), formando ozono (O_3), que a su vez absorbe casi todo lo que resta del UV más largo (λ de $0,25$ – $0,3 \mu\text{m}$).
- > *Regula la temperatura terrestre* a través del efecto invernadero natural ejercido por el vapor de agua, evitando el enorme contraste entre el día y la noche que ocurre en los cuerpos sin atmósfera, como la luna, donde dicho contraste es mayor a 300°C .

Además, la atmósfera protege parcialmente a la Tierra de pequeños meteoritos y del polvo meteórico, que se queman al atravesar las capas gaseosas cada vez más densas a medida que se acercan a la superficie terrestre, sustenta el vuelo de aves, insectos y aviones, transporta semillas y esporas y hace posibles las comunicaciones de radio.

2.1. La atmósfera y el equilibrio radiante del planeta.

El planeta Tierra, considerado como un sistema, recibe energía electromagnética que viene del sol, y para mantener el equilibrio, debe emitir la misma cantidad de energía. La radiación solar llega en forma de onda corta (longitudes de onda menores de $3 \mu\text{m}$), pero la atmósfera la emite hacia el espacio en forma de onda larga (longitudes de onda del orden de 8 a $14 \mu\text{m}$, Infrarrojo Térmico). Las longitudes de onda más cortas provenientes del sol

(los rayos X y la Ultravioleta lejana) son absorbidas por las capas más altas de la atmósfera, llegando a la superficie terrestre las radiaciones de los rangos del UV cercano (0,32 a 0,4 μm) y Visible (0,4 a 0,7 μm) y del Infrarrojo muy Cercano (0,8 a 1,5 μm).

Ahora bien, el paso por la troposfera hace que casi la mitad de la energía que llega del sol se pierda por tres procesos:

- > Absorción diferencial por algunos gases y, en menor grado, aerosoles.
- > Dispersión diferencial por los aerosoles y, en menor grado, los gases.
- > Reflexión por aerosoles y nubes.

Los gases principales en el proceso de absorción son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), siendo los tres últimos componentes atmosféricos normales (en cantidades minúsculas), ya que provienen de los ciclos biogeoquímicos del carbono y el nitrógeno. Estos cuatro gases presentan la característica de absorber la onda larga, al igual que lo hace el vidrio de un invernadero, de allí que sean denominados *Gases de Efecto Invernadero* (GEI). El efecto combinado sobre la radiación electromagnética de onda corta y larga debido a la absorción por varios gases troposféricos puede verse en la Figura 4.

El incremento en las concentraciones de los GEI (CO_2 , CH_4 y N_2O) por la acción humana disminuye la fracción de radiación de onda larga que escapa al espacio, en consecuencia aumenta el contenido de energía en la troposfera, que se manifiesta como un calentamiento global (atmósfera y océano), lo que ha originado un cambio climático.

De la Figura III.4 también se desprende que la mayor parte de la energía que nos llega del sol, a saber el rango de radiación UV cercana (0,3 a 0,4 μm) y radiación Visible (0,4, a 0,7 μm), atraviesa la atmósfera como si ella no estuviera presente (la atmósfera es transparente para la onda corta). Cabe entonces la pregunta: si no es la energía solar ¿quién calienta a la troposfera? A diferencia de los sólidos y los líquidos, que se calientan por absorción de la onda corta, al aire de la troposfera lo calienta el otro tipo de energía, la calorífica, a través del llamado Flujo de Calor Sensible, que sale de las superficies sólidas y líquidas hacia el aire. En otras palabras, la tropósfera se calienta de abajo hacia arriba.

3. Aspectos atmosféricos en la dispersión de contaminantes.

Cualquier gas o aerosol, incluyendo a los materiales contaminantes, se mueve en la atmósfera según los diferentes procesos dinámicos y termodi-

námicos de la misma, de modo que el estado atmosférico en un momento y lugar determinados puede implicar sea un incremento, sea una reducción en la concentración de los contaminantes. Hay tres aspectos fundamentales en el comportamiento atmosférico importantes en este sentido: el grado de estabilidad del aire, la presencia de inversiones de temperatura y el viento.

3.1. Estabilidad del aire.

En la tropósfera la temperatura disminuye con la altura a una tasa variable, que en promedio mundial es de aproximadamente 0,55 a 0,65 °C/100 m. Esta tasa es el *Gradiente Altotérmico*, también conocido como Gradiente Ambiental (Figura III.5).

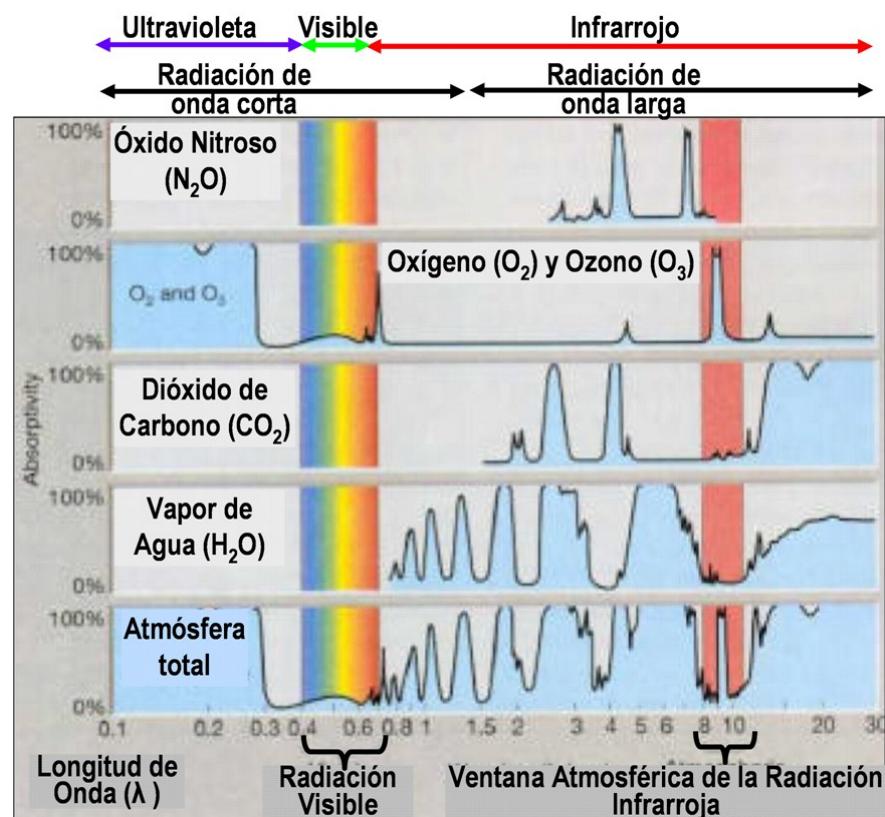


Figura III.4. Espectros de Absorción de varios gases troposféricos y resultante en la atmósfera total. **Fuente:** M. T. Martelo, Clase de la materia *Climatología*, Dpto. de Ing. Hidrometeorológica, Fac. Ingeniería, UCV.

Lo que mide el Gradiente Altotérmico (GAT) es que tan rápido se enfriá el aire simplemente porque está más lejos de su fuente de calor, que es la superficie. Pero en la atmósfera hay otro modo fundamental de enfriamiento: una burbuja de aire que sube se enfriá adiabáticamente (sin intercambiar calor con el aire alrededor), simplemente porque a medida que sube se expande, porque cada vez encuentra menos masa atmosférica.

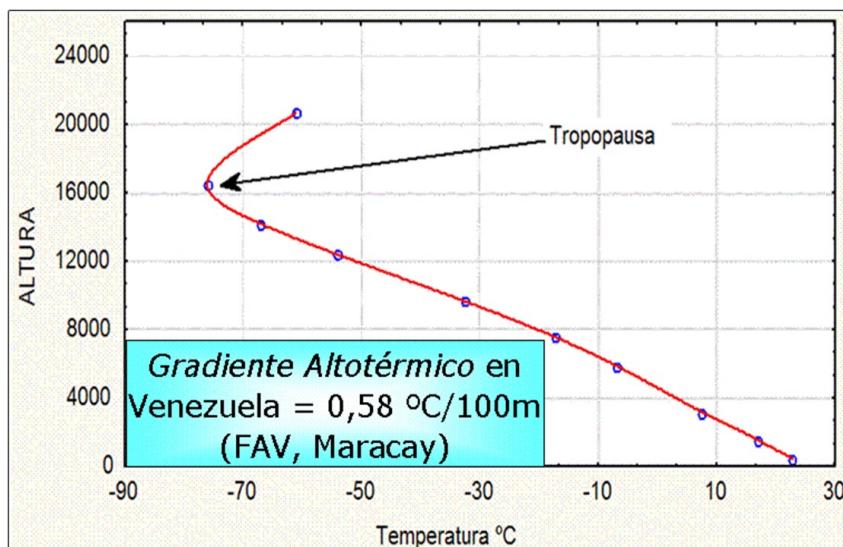


Figura III.5. Gradiante Altotérmico en Venezuela.

Mientras que la burbuja de aire no se sature, la tasa de enfriamiento adiabático es una constante, denominada *Gradiente Adiabático Seco* (GAS), y vale $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Pero cuando la burbuja de aire se satura, se libera la energía del calor latente de condensación, lo que retraza la tasa de enfriamiento adiabático; en este caso, dicha rata es el *Gradiente Adiabático Húmedo* (GAH), que no es constante, sino que depende de la temperatura inicial de la burbuja, pudiendo variar de $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ a $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

La estabilidad del aire depende de la relación entre el Gradiente Altotérmico (GAT) y el Gradiente Adiabático Seco (GAS) si el aire no está saturado, o el Adiabático Húmedo (GAH) una vez que el aire se satura, como se muestra en la Figura III.6.

Si el GAT es mayor que el GAS o el GAH, es decir, que el aire alrededor se está enfriando más rápido que la burbuja, la burbuja siempre estará más caliente, será menos densa, y seguirá subiendo: hay inestabilidad. Por el

contrario, si el GAT es menor que el GAS o el GAH, la burbuja se está enfriando más rápido que el aire a su alrededor, de modo que pronto se hace más densa y no sólo cesa de ascender, sino que incluso puede comenzar a bajar.

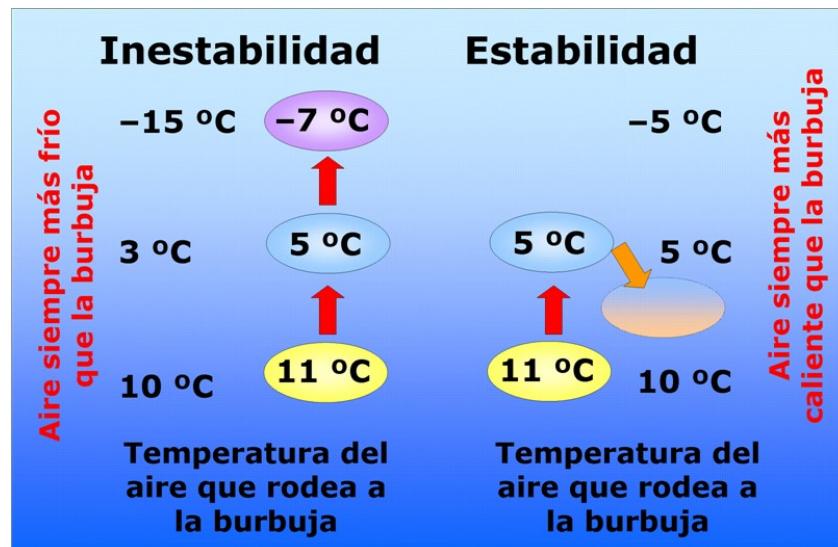


Figura III.6. Esquema de las condiciones de estabilidad e inestabilidad del aire. Elaboración propia.

Cuanto más inestable es el aire, mayor es la mezcla vertical, por lo que los contaminantes pueden diluirse en un mayor espesor atmosférico, mientras que cuanto más estable es el aire, menor mezcla vertical, y los contaminantes quedan concentrados en una capa relativamente delgada, por lo que aumenta su concentración. Así pues, en condiciones de estabilidad que tienden a ocurrir de noche, o en días nublados y con nulo o débil viento, se producen los peores episodios de concentración de contaminantes.

3.2. Inversiones de temperatura.

Hay ocasiones en las que el patrón general de la disminución de la temperatura con la altura en la tropósfera se invierte, lo que se conoce como Inversión de Temperatura. Existen diferentes causas para las inversiones, siendo la más común la inversión por enfriamiento radiativo, que ocurre en horas nocturnas en todo el mundo. El aire en contacto con la superficie es más frío, (ya que pierde calor más rápido) y denso, mientras que unas decenas de metros más arriba el aire pierde calor más lentamente, así que está más caliente, como se observa en la Figura III.7.

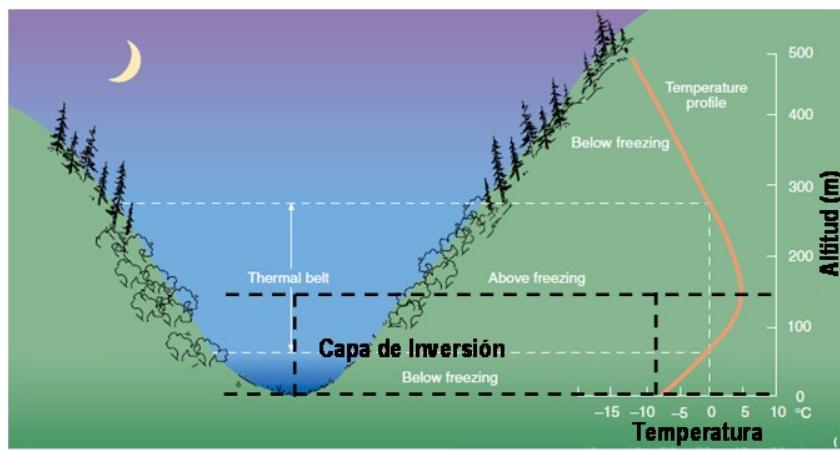


Figura III.7. Esquema de una inversión de temperatura por enfriamiento radiativo. Fuente: Ahrens (2000).

La inversión desaparece en la mañana, luego que el balance radiativo sobre la superficie vuelve a hacerse positivo. Las inversiones de temperatura son una capa de estabilidad, ya que cualquier burbuja que pudiera comenzar a subir encontraría aire cada vez más caliente, por lo que ella estaría cada vez más fría y descendería. En consecuencia, cada vez que se produce una inversión de temperatura, hay automáticamente un incremento en la concentración de contaminantes. Como ya vimos, este caso es muy común en horas nocturnas, y es asimismo común observar por las mañanas el tope de la capa de inversión, como se ve en la Figura III.8, una vista de Caracas a las 7:00 a.m.



Figura III.8. Vista de una capa de inversión por enfriamiento radiativo.

Considerando el problema a mesoescala, las ciudades son un caso particular, ya que son “islas de calor”, el aire sobre ellas es más caliente que el de las zonas no urbanizadas, de modo que bajo condiciones estables, la ciudad no concentra sólo sus contaminantes, sino también los de los alrededores más frescos, como se ve en la Figura III.9.

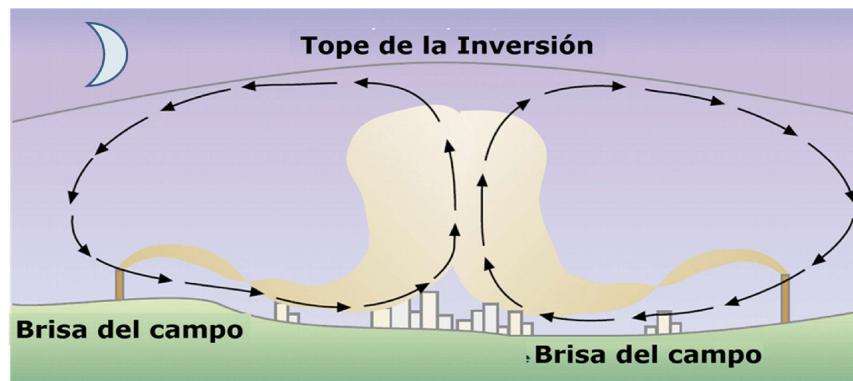


Figura III.9. Efecto de la isla de calor urbana sobre el movimiento de contaminantes en condiciones de estabilidad. Fuente: modificado de Ahrens (2000).

3.3. Efecto de las inversiones de temperatura en la dispersión de contaminantes.

La altura de la capa de inversión en conjunto con la condición de estabilidad o inestabilidad, determinan el tipo de pluma que se produce en las altas chimeneas. En las Figuras III.10 y III.11 se presentan varias de las alternativas.

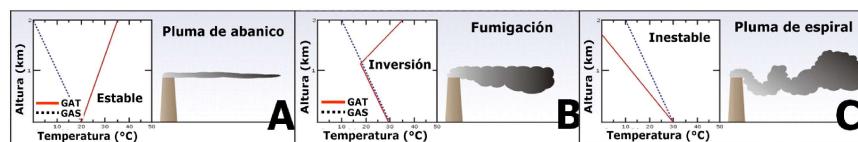


Figura III.10. Tipos de pluma de contaminantes a lo largo del día. Fuente: modificado de http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/meteoro/lecc4/lecc4_2.html.

Se observa que en las noches que generan una capa estable profunda, de madrugada los contaminantes se dispersan horizontalmente en una capa fina (A). Mas tarde, al desaparecer la inversión de superficie, pero permanecer a cierta altura, hace que los contaminantes bajen (B). En pleno día, cuando inversión desaparece completamente, la inestabilidad permite una mezcla vertical potente (C).

Con estabilidad neutra, los contaminantes pueden ascender o descender, según su temperatura, velocidad de salida, velocidad del viento, etc., formando la llamada Pluma de Cono, mientras que si la inversión está en superficie, pero es poco profunda, impide que los humos de chimeneas altas desciendan (Pluma de Flotación), pero en cambio los contaminantes generados por otras fuentes, como vehículos, quemas de basura, incendios, etc., pueden concentrarse a un nivel peligroso (Figura III.11).

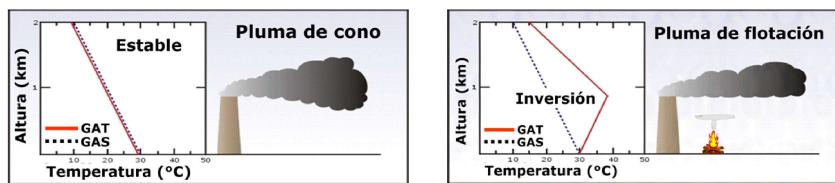


Figura III.11. Tipos de pluma de contaminantes en condición neutra y con inversión en superficie débil. Fuente: modificado de http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/meteoro/lecc4/lecc4_2.html.

4. Parámetros de calidad de la atmósfera: gases y partículas

Hablar de *calidad* de la atmósfera es referirse a su estado tal como se percibe objetivamente en términos de sus constituyentes, los gases y las partículas. Está definida por su composición cualitativa y cuantitativa, que permite conocer si está contaminada o no. La atmósfera es un sistema dinámico al que constantemente entran y salen sustancias sólidas, líquidas y gaseosas provenientes tanto de fuentes naturales como antrópicas. Estas sustancias pueden alcanzar concentraciones tales que entonces pasan a constituir contaminantes y producir una condición deteriorada de la calidad del aire, la cual tiene efectos negativos sobre los seres vivos, los compartimientos físicos ambientales y los materiales.

En la categoría de contaminantes atmosféricos debemos distinguir una serie de sustancias incorporadas al aire tales como componentes de la atmósfera que al aumentar su concentración basal, por ser emitidos a partir de fuentes fijas o móviles, ahora pasan a transformarse en un problema por su efecto dañino a seres vivos o materiales (caso del monóxido de carbono), sustancias que no existían en la naturaleza pero son producidas por la industria química para su uso en diferentes actividades humanas (caso de los freones), y sustancias que no son emitidas directamente a la atmósfera sino que aparecen como producto de las reacciones entre contaminantes u otros compuestos o con la luz (caso del ozono).

Los efectos negativos derivados de la contaminación atmosférica, se pueden agrupar en forma resumida bajo los siguientes síntomas:

- > Daños a la salud, tales como irritación de las mucosas oculares y las vías respiratorias, así como mayor incidencia y mortalidad por asma bronquial, alteración de funciones fisiológicas que pueden modificar el grado de ventilación pulmonar o el transporte de oxígeno a los tejidos y aumento de enfermedades crónicas como el enfisema.
- > Daños a la vegetación, como pueden ser reducción del crecimiento y necrosis de las hojas.
- > Daños a los materiales, como ennegrecimiento y deterioro de los edificios, corrosión de metales y resquebrajamiento de plásticos y gomas.
- > Reducción de visibilidad.
- > Reducción de la radiación solar, que incide sobre la superficie de la Tierra.

5. Fuentes de los contaminantes atmosféricos

Las fuentes de los materiales causantes de la contaminación atmosférica pueden ser *fijas* como las instalaciones industriales y los quemaderos de desechos sólidos o *móviles* como el transporte, bien sea aéreo, marítimo o terrestre. Pueden estar originados por actividades humanas de tipo *doméstico* como la cocción de los alimentos usando leña, la calefacción en invierno en países de clima templado y el uso de medios de transporte que requieren de combustible fósil. Puede ser el resultado de actividades de tipo *industrial* y en este caso nos enfrentamos a un espectro muy amplio de fuentes fijas y por ende de contaminantes, por la gran diversidad de industrias existentes; un denominador común para la generalidad de los procesos fabriles es la necesidad de grandes cantidades de energía, lo cual generalmente tiene asociado quema de combustible fósil.

6. Clasificación de los contaminantes atmosféricos

Una variante es agruparlos por afinidad química, lo cual facilita el estudio de la forma como se comportan; bajo esta premisa se puede hablar de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Pero sin duda, una clasificación muy utilizada está relacionada con su origen; así tenemos que cuando son emitidos a la atmósfera directamente, desde la fuente, los denominamos *contaminantes primarios*. Gran cantidad de sustancias quedan incluidas en esta

agrupación, pero los que ocupan la atención principal, por aparecer más frecuentemente y por sus efectos adversos son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), partículas suspendidas e hidrocarburos (HC). En este contexto, el otro grupo de contaminantes lo constituyen los que se producen al reaccionar químicamente los primarios entre sí o al reaccionar con otras sustancias o con la luz, por ello se les llama *contaminantes secundarios* y como ejemplos se pueden citar oxidantes como el ozono (O₃) y el peroxyacetilnitrato (PAN), los aldehidos (R-COH), los aerosoles de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y del ácido nítrico (HNO₃). Se debe destacar que la importancia de las sustancias que causan contaminación del aire está asociada más por su efecto químico que por la masa emitida. Por otra parte, existen situaciones en las cuales el efecto de dos sustancias actuando conjuntamente no es el resultado de la sumatoria de los efectos individuales sino que existe un efecto multiplicador de los mismos, lo que se conoce con el nombre de sinergia. La acción conjunta de las partículas y el dióxido de azufre constituyen un buen ejemplo del efecto de sinergia (Stern, 1977).

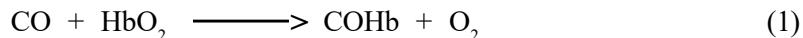
A continuación se presenta un resumen de las principales características y el comportamiento de los contaminantes más significativos señalados anteriormente.

6.1. Monóxido de carbono (CO)

Este gas incoloro e inodoro producido tanto por fuentes naturales (por ejemplo, oxidación del gas metano proveniente de pantanos), como por fuentes antrópicas (caso de los gases de escape de los vehículos automotores), se forma cuando la combustión de los compuestos carbonosos no es completa; esta situación se alcanza por varias vías: a) cuando el oxígeno disponible para el proceso de combustión es menor que la cantidad estequiométrica requerida para llevar la sustancia a la forma de CO₂, b) aun existiendo exceso de oxígeno, la temperatura alcanzada no es suficiente, c) por disociación del CO₂ en CO y O, aun existiendo oxígeno suficiente, pero a muy alta temperatura.

Los vehículos con motores de combustión interna son la principal fuente de monóxido de carbono en las ciudades; se estima que más del 60% proviene de ellos. La correlación entre el tráfico automotor y los niveles de CO encontrados en ciudades es positiva. El efecto del CO sobre la salud se origina en su competencia con el O₂ por la hemoglobina (Hb) de la sangre. El CO desplaza al oxígeno unido a la Hb y produce la carboxihemoglobina

(COHb) reduciendo la capacidad de acarreo de oxígeno, en una reacción cuya constante de equilibrio es muy grande ($k_e = 210$) indicando la fuerte tendencia de la reacción:



Los efectos sobre la salud van desde reducción de destrezas y modificación de la percepción visual, hasta cambios en las funciones cardíacas y pulmonares, pudiendo llegar hasta la muerte; dependerá de los niveles de CO respirados y del tiempo de exposición. En ciudades como Caracas con intenso tráfico vehicular y además lento, se dan las condiciones para que el monóxido de carbono sea un problema. Se ha calculado (Peavy *et al.*, 1985) que una persona atrapada en una zona con 55 ppm de CO durante una hora puede mostrar un nivel de COHb en la sangre de 2,3% y esto puede afectar su sistema nervioso central empeorando su discriminación del tiempo y de la brillantez, lo cual disminuye su destreza en el manejo.

6.2. Óxidos de nitrógeno (NOx)

En esta familia de compuestos quedan incluidos el óxido nitroso (N_2O), el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el trióxido de nitrógeno (NO_3) y el pentóxido de nitrógeno (N_2O_5). El N_2O es importante como gas de efecto invernadero. Sin embargo el NO y el NO_2 son los más importantes desde el punto de vista de la contaminación atmosférica. El primero no es muy dañino (a las concentraciones generalmente encontradas), pero se oxida a NO_2 y éste además de ser más tóxico, reacciona fotoquímicamente y desencadena una serie de reacciones que forman parte muy importante de una situación muy especial de contaminación atmosférica denominada “smog” fotoquímico. La principal fuente antrópica de NO son los motores de combustión interna. Normalmente el gas N_2 , principal componente del aire, es muy poco reactivo debido a que el enlace N-N es muy fuerte y se requiere gran cantidad de energía para romperlo. Sin embargo, si la temperatura es mayor a 1000°C, la condición es la adecuada para que reaccione el N_2 y produzca NO. Esta reacción, se da en los motores de combustión interna donde se alcanzan tales temperaturas:



Una mezcla típica de una cámara de combustión, a una temperatura de 1980 °C produce 500 ppm de NO en 0,117 segundos (Manahan, 2000). Posteriormente el NO se transforma en NO_2 por mecanismos complejos. La producción de NO_2 es más acelerada en atmósferas contaminadas y por

ello se piensa que en la misma intervienen tanto el ozono (O_3) como el oxígeno atómico (O), cuya presencia es característica de esas situaciones.



El NO_2 , producido por alguna de las reacciones ya presentadas, puede iniciar en presencia de luz solar el llamado ciclo fotolítico del NO_2 , que empieza con una reacción fotoquímica de este contaminante ($\lambda=398\text{ nm}$) conducente a producir NO y O atómico y que luego envuelve una reacción intermedia con producción de ozono que es capaz de reaccionar con el NO inicial y reproducir el dióxido de nitrógeno que está listo para reiniciar el ciclo. El efecto neto del ciclo pudiera ser nulo si no existieran reacciones competitivas como las provocadas por los hidrocarburos, los cuales también aparecen en atmósferas contaminadas y provocan el desbalance del ciclo. El paso de NO a NO_2 se hace más rápido que el paso de NO_2 a O y NO. El resultado final es que se producen una serie de sustancias nuevas (contaminantes secundarios), entre ellas aldehidos y oxidantes.

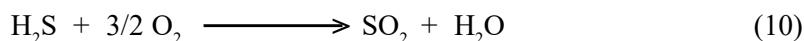
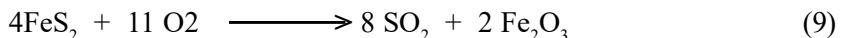
Los óxidos de nitrógeno pueden transformarse por varias vías a ácido nítrico (HNO_3) en forma de gotitas del tamaño de aerosoles que pueden ser arrastrados por la lluvia, constituyendo entonces las llamadas lluvias ácidas, que tienen un pH más bajo que 5,6 (pH del equilibrio del CO_2 y que es propio de una lluvia normal). Las lluvias ácidas causan problemas a los cuerpos de agua, al suelo y a la vegetación que en ella crece y también a los materiales. En algunos casos como sucede en los países escandinavos, muchos de sus lagos han perdido la biota por el descenso de pH originado por las lluvias ácidas, tanto por el efecto directo del pH como por la aparición de iones metálicos tóxicos, los cuales se solubilizan a partir de los hidróxidos de esos metales que estaban presentes en los sedimentos, pero al bajar el pH se produce un desvío del equilibrio de precipitación-disolución hacia la forma iónica (vanLoon y Duffy, 2000).

El óxido nítrico, NO, es relativamente inerte y moderadamente tóxico; las concentraciones generalmente encontradas en el aire no son peligrosas para la salud, pero es fácilmente oxidado a NO_2 , el cual tiene implicaciones sobre la salud. El NO_2 , de color marrón rojizo, es el que la da esa coloración característica de la atmósfera contaminada y reduce la brillantez y contraste de objetos distantes. Sus efectos dañinos a la salud, cuando sus concentraciones son altas, pueden ir desde inflamación de los tejidos pulmonares, con exposición de minutos, hasta causar la muerte si el tiempo de exposición

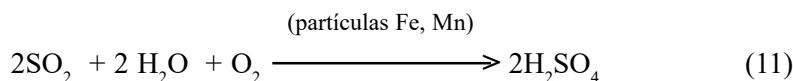
es largo. No obstante, concentraciones más bajas, típicas de atmósferas contaminadas, incrementan las enfermedades pulmonares, puesto que irritan los alvéolos pulmonares.

6.3. Óxidos de azufre (SO_x)

En el estudio de la contaminación atmosférica los más importantes son el dióxido de azufre (SO_2) y el trióxido de azufre (SO_3). El primero es el emitido a la atmósfera en mayores cantidades, allí puede reaccionar actuando como agente oxidante o reductor e intervenir en reacciones fotoquímicas y catalíticas para producir SO_3 y finalmente aerosoles de ácido sulfúrico, los cuales, al igual que lo que sucede con los aerosoles de ácido nítrico, al ser arrastrados por las precipitaciones, forman parte de los constituyentes de las lluvias ácidas. Una de las principales fuentes de SO_2 antrópico lo constituye la quema de combustible fósil (carbón o petróleo) contenidos de trazas de azufre, generalmente en forma de pirita (FeS_2). Una fuente natural es la oxidación de H_2S que aparece en el ambiente como producto del metabolismo anaeróbico de materia orgánica natural que contiene azufre.



El dióxido de azufre vía ácido sulfuroso y catalizado por partículas que contienen sales de hierro y manganeso se transforma en ácido sulfúrico, en forma de gotitas pequeñísimas (aerosoles). La transformación del dióxido de azufre en ácido sulfúrico globalmente es:



El ácido sulfúrico así formado es arrastrado por las lluvias. En los últimos 50 años se han presentado cada vez con más frecuencia, en la costa este de Estados Unidos y en Europa, el fenómeno de lluvias con valores de pH entre 3 y 5. Este fenómeno denominado *lluvias ácidas* lo provocan los aerosoles de ácido sulfúrico formados a partir del dióxido de azufre (ecuación 11) junto con los aerosoles de ácido nítrico, producidos a partir de los óxidos de nitrógeno, como se explicó anteriormente. (vanLoon y Duffy, 2000).

Los efectos negativos de las lluvias ácidas van desde un mayor lixiviado de nutrientes del suelo, cambios en la tasa del metabolismo de organismos dependientes de la catálisis ácida o básica, acidificación de cuerpos de agua,

hasta salida de metales tóxicos (como el aluminio) de los sedimentos de lagos, al desviarse el equilibrio de solubilización. En el caso de materiales de carácter básico son atacados por el ácido y por ello el mármol o la caliza de monumentos y edificios son disueltos, según:



El dióxido de azufre daña la vegetación y ocasiona irritación en el tracto respiratorio de los seres humanos, agudizando problemas de bronquitis, entre otros. El famoso episodio del Valle del Mosa en 1930, el cual ocasionó 60 muertes y un gran número de hospitalizados se debió principalmente a la presencia de SO_2 en concentraciones de 38 ppm por varios días, cuando las condiciones meteorológicas no permitieron la dilución natural (Seinfeld, 1978).

Los niveles de dióxido de azufre se reportan muchas veces conjuntamente con los de partículas suspendidas, por el efecto de potenciación de los daños que ambos contaminantes causan cuando se presentan juntos, el ya citado efecto de sinergia entre SO_2 y partículas. El célebre episodio de Londres (1952), un evento del tipo de “smog” ácido, ocurrió con concentraciones de SO_2 de apenas 1,7 ppm y ocasionó más de 3.000 muertes por encima del promedio normalmente esperado (especialmente ancianos y personas con enfermedades cardiopulmonares); esta misma concentración o aún mayor la soportaban los trabajadores de fundiciones sin las consecuencias alarmantes de este caso, pero en ésta ocasión la conjugación de la presencia de hollín y otras partículas con el SO_2 y con la escasa dilución de los contaminantes debido a un fenómeno de inversión térmica ocasionó una potenciación de los efectos negativos a la salud (Manahan, 2007).

6.4. Partículas

Bajo esta denominación se agrupa a cualquier sustancia en estado sólido o líquido (bajo condiciones normales), presente en la atmósfera y cuyo tamaño es superior a las dimensiones moleculares (alrededor de 2 Angstrom). Las partículas son la forma de contaminación del aire más visible. El término incluye *aerosoles, humo, niebla, polvo, hollín, polvo sedimentable*, entre otros, cuyo rango de tamaño va de 2×10^{-4} a 500 μm , siendo el más dañino para la salud humana la fracción entre 0,1 y 5 μm . Este material en forma de partículas generalmente es heterogéneo, es decir está conformado por varios constituyentes químicos. Dependiendo de su composición química puede tener efectos tóxicos y dependiendo del tamaño puede tener efectos variados. En ocasiones las partículas penetran más profundamente que los gases en el sistema respiratorio y el efecto dañino puede incre-

mentarse. La habilidad de cierta fracción del material particulado para dispersar la luz reduce la visibilidad de la atmósfera. (Stern, 1978; vanLoon y Duffy, 2000).

Aproximadamente el 80% de las partículas se originan por *fuentes naturales* tales como el polvo del suelo, partículas formadas por condensación de productos de las reacciones de gases, polen, sales marinas y de erupciones volcánicas. Las *actividades humanas* originan hollín, polvos variados y aerosoles, los cuales estarán concentrados en los centros urbanos o parques industriales.

Las partículas pueden ser primarias si son emitidas a la atmósfera sin pasos de conversión intermedia, tal como es el caso del hollín, que queda como residuo de la combustión; pueden ser secundarias al ser producto de reacciones posteriores de otros contaminantes, tal como es el caso de los aerosoles de ácido sulfúrico. De acuerdo con su tamaño se clasifican en:

- > **$d > 10 \mu\text{m}$** : Llamado polvo sedimentable, el cual cae rápidamente, a no más de 500 metros de la fuente. Es el resultado de procesos mecánicos, erosión eólica, pulverización de materiales por los vehículos, entre otros.
- > **$1 \mu\text{m} > d > 10 \mu\text{m}$** : Este tamaño proviene de suelos, procesos industriales polvorientos, productos de combustión, sales marinas.
- > **$0,1 \mu\text{m} < d < 1 \mu\text{m}$** : Productos primarios de combustión, aerosoles fotoquímicos.
- > **$d < 0,1 \mu\text{m}$** : Aerosoles; poseen movimiento browniano.

Otra forma de clasificarlas atendiendo al tamaño, cada día más utilizada en los programas de monitoreo, incluye dos grupos: las partículas con diámetro aerodinámico $< 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) y con diámetro aerodinámico $< 2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) (Van Loon y Duffy, 2000, OMS, 2006).

Las partículas de más de $5 \mu\text{m}$ son detenidas en el tracto respiratorio superior. Las menores escapan de esta primera línea de defensa y entran a los pulmones; el rango entre $0,5$ y $5 \mu\text{m}$ se depositan en los bronquiolos y menores a $0,5 \mu\text{m}$ alcanzan los alvéolos (Manahan, 2007).

No es posible generalizar sobre la conducta química de las partículas por la heterogeneidad de su composición; el hollín que mayoritariamente es carbón finamente dividido, con una estructura suelta y gran área superficial, no está solo sino asociado con metales como berilio, cadmio, manganeso,

cromo, níquel y vanadio, los cuales se encuentran adsorbidos sobre la superficie de la partícula, así mismo se encuentran sustancias orgánicas como el benzopireno, un hidrocarburo aromático policíclico conocido cancerígeno, e inorgánicas como el asbestos. También encontramos dentro de la misma categoría de partículas a metales tóxicos como el plomo y el mercurio. Cada una de estas sustancias tendrá efectos sobre el tejido pulmonar, en que se depositen, dependiendo de su composición.

Cuando las partículas suspendidas se producen en ambientes en conjunto con SO₂ se produce un efecto de sinergia entre ambos contaminantes. Se explica porque las partículas sirven de sitio de nucleación para la formación de gotas de niebla y además su gran área superficial ayuda a la catálisis del dióxido de azufre. A esto se suma que el diámetro de las partículas cae en el rango que penetra profundamente en los pulmones (en bronquiolos y alvéolos) y por lo tanto afecta la función respiratoria en forma directa y por ende la función cardíaca. Por ello, concentraciones de SO₂ relativamente bajas han ocasionado daños severos al presentarse conjuntamente con partículas.

Un caso muy connotado es el de las partículas de plomo que se presentan como haluros, producto de la combustión de gasolina con tetraetilo de plomo [Pb(C₂H₅)₄], el cual se ha usado como aditivo para mejorar el octanaje de la gasolina, aunque en las últimas décadas está siendo sustituido en muchos países, entre ellos Venezuela, por otros compuestos como el tert-metilbutil éter [(CH₃)₃-C-O-CH₃]. El aditivo con plomo viene acompañado de dicloroetano [(CH₂)₂Cl₂] y dibromoetano [(CH₂)₂Br₂], los cuales tienen como función evitar que se formen depósitos de plomo y óxidos sobre el motor. Al producirse la combustión se obtienen como productos los haluros: PbCl₂, PbBrCl y PbBr₂, todos de bajo punto de fusión y ebullición y se condensan como partículas de d < 2 μm al salir del escape del vehículo y bajar la temperatura externa. En Caracas, antes de la sustitución del plomo en la gasolina, cuestión que se hizo progresivamente (desde 1988) hasta la eliminación total, era el contaminante que daba problemas con concentraciones por encima de la normativa. En 1980 mediciones reportadas por el Ministerio de Salud en el centro de la ciudad, alcanzaban 11 μg/m³ (MSAS, 1985). La normativa vigente del país recomienda un máximo de 1,5 μg/m³, con base a mediciones de 24 horas.

6.5. Hidrocarburos (HC)

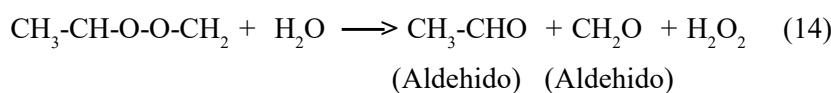
Con este nombre agrupamos una variedad amplia de compuestos orgánicos con una estructura especialmente basada en átomos de carbono e hidrógeno, unidos de diversas formas. En la atmósfera pueden encontrarse

hidrocarburos alifáticos saturados o insaturados, aromáticos, policíclicos, de cadena lineal o ramificada y sustituidos. Esta variedad de sustancias incluidas bajo la denominación de hidrocarburos nos indica que nos enfrentamos a una amplia variedad de sus propiedades. No obstante, para efectos de su determinación y reporte se trabajan en forma colectiva y se expresan como HC totales. En ocasiones que lo ameriten y exista un interés particular por un hidrocarburo se hará la determinación que corresponda. Por otra parte, generalmente los HC se reportan exceptuando el metano, debido a que éste es mucho más abundante en forma natural que el resto (1,2 a 1,5 ppm) y solapa las concentraciones de los demás hidrocarburos contaminantes impidiendo ver sus variaciones. El metano (CH_4) se produce en el metabolismo anaeróbico de la materia orgánica y este proceso es muy común en la biosfera (Giner *et al.*, 2008).

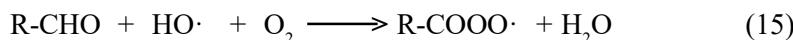
Los HC de *origen natural* constituyen una fuente importante desde el punto de vista de la masa total emitida, pero por su distribución global no llegan a alcanzar niveles que puedan ser considerados peligrosos. Entre estos están los terpenos producidos por plantas como el eucaliptus o los pinos, así como como los producidos en formaciones geotérmicas y en incendios forestales naturales. Las *fuentes antrópicas* provienen de actividades tales como el proceso de refinación y transporte de petróleo, la combustión incompleta de combustibles utilizados por la gran diversidad de industrias existentes y por el transporte automotor y la evaporación de combustible del carburador y tanque de los vehículos. Aunque estos hidrocarburos solo alcanzan 1/7 de los HC totales en el aire, se encuentran localizados en áreas como las ciudades o parques industriales donde las concentraciones alcanzadas son mucho mayores que en zonas rurales y deshabitadas. No obstante, aun en estos casos las concentraciones alcanzadas generalmente no se consideran dañinas, pero son suficientes para intervenir en reacciones posteriores con contaminantes primarios originando contaminantes secundarios, como radicales libres de gran reactividad que a su vez producen otros compuestos de mayor toxicidad que los hidrocarburos originales, tales como el ozono, el peroxyacetilnitrato (PAN) y el peroxybenzoilnitrato (PBN). Este hecho provoca que los HC siempre se incluyan entre los grupos de sustancias contaminantes a estudiar y queden formando parte de los indicadores usados para mostrar los niveles de contaminación atmosférica de las ciudades.

Los hidrocarburos insaturados, cuyo doble o triple enlace los hace muy reactivos, son capaces de reaccionar con el ozono (formado en atmósferas contaminadas) y producir aldehídos, que son contaminantes que pueden irri-

tar las mucosas oculares. Una vía por la cual se pueden formar aldehídos se presenta a continuación, a manera de ejemplo (reacciones 13 y 14):



Por otra parte, los aldehídos pueden reaccionar con el radical hidroxil y formar radicales peroxil:



y el radical peroxil puede reaccionar con el NO_2 y formar peroxyacilnitratos:



Dentro de la familia de los peroxyacilnitratos se incluye el muy nombrado PAN (peroxyacetilnitrato), el cual es irritante a las mucosas aun en concentraciones tan bajas como 0,7 ppm. Estos compuestos junto con el ozono constituyen los oxidantes más importantes formados en reacciones ligadas a episodios de contaminación del aire.

Se ha demostrado que 0,3 ppm de HC, diferentes al metano, y que estén presentes entre las 6:00 am y las 9:00 am, en una ciudad con aire contaminado puede originar entre 2 y 4 horas más tarde, concentraciones de oxidantes de 0,1 ppm. Esto es el resultado de reacciones como las anteriormente presentadas (Manahan, 2007).

Hidrocarburos sencillos son precursores de los hidrocarburos aromáticos polinucleares o policíclicos (HAP), quienes se forman al romperse los enlaces C-C o C-H, a temperaturas de 500 °C o más y transformarse en radicales libres, deshidrogenarse y formar estructuras de anillos condensados por un proceso llamado de piro-síntesis. El benzopireno es un miembro connotado de este grupo por sus propiedades cancerígenas.

6.6. Ozono

El ozono (O_3) es una forma alotrópica del oxígeno que tiene tres (3) átomos del elemento; se origina en forma natural en la estratosfera por una serie de reacciones fotoquímicas:



En esta zona, denominada “Capa de Ozono”, alcanza a tener concentraciones hasta de 10 ppm. Estos altos valores son de gran importancia para la vida en la tierra (tal como la conocemos) ya que el ozono es capaz de reaccionar con la radiación UV lejana (< 280 nm), es decir la más energética y así solo pasa hasta la superficie de la tierra la fracción UV menos energética: la UV cercana (320–420 nm).



La capa de ozono estuvo seriamente amenazada por los gases sintéticos denominados Clorofluorocarbonos (CFC) y otras sustancias bromadas como los halones, usados profusamente como refrigerantes, propelentes de aerosoles y emulsificantes, pero que pueden perturbar el ciclo de formación del ozono al ascender a la estratosfera y reaccionar con la luz UV de alta energía (<280 μm) y producir radicales cloro (Cl·). Esto condujo a una disminución de la concentración de ozono estratosférico desde la década de los 70's, lo que se ha llamado el “agujero de la capa de ozono” y se desarrolla principalmente sobre la zona antártica aunque más recientemente se está presentando también en el Ártico. Gracias a los acuerdos mundiales logrados con la firma del Protocolo de Montreal en 1987, para proteger a la Capa de Ozono, y a sus sucesivas enmiendas, prohibiendo la producción de clorofluorocarbonos y de halones, se ha conseguido una exitosa reducción de tales sustancias. (van Loon y Duffy, 2000)

Paradójicamente en la baja atmósfera (la troposfera) normalmente solo existen trazas de ozono y su presencia no es deseable en mayores concentraciones por tratarse de un oxidante que ocasiona daños a los seres humanos, tales como: irritación en los ojos, nariz y garganta, incrementa las crisis de asma a personas susceptibles, reduce la función pulmonar por lo que impide ejercicios, produce dolor de pecho al respirar profundamente, respiración silbante e incremento de mortalidad por cardiopatías (Manahan, 2007; van Loon y Duffy, 2000). En el caso de las plantas son más sensibles que los seres humanos y les ocasiona envejecimiento prematuro de las hojas: necrosis y clorosis, incidiendo en la productividad y reduce la función fotosintética. También ocasiona daños a los materiales poliméricos. La presencia de ozono en la troposfera es el resultado de reacciones que suceden en atmósferas urbanas con mucho tránsito automotor y en presencia de luz; generalmente está asociado a episodios de “smog” fotoquímico. El nivel permisible de O₃ se bajó a 100 μg/m³ para proteger al grupo de los asmáticos (OMS, 2006).

6.7. “Smog” fotoquímico y “smog” ácido

La palabra “smog” es el resultado de contraer “smoke” (humo) con “fog” (niebla); tiene su equivalente en español en la palabra “humo-niebla”; sin embargo esta última denominación no ha tenido gran aceptación, por lo que se ha generalizado el uso del anglicismo “smog”. Se presentan dos situaciones de contaminación graves conocidas como “smog” fotoquímico y “smog” ácido. El primero típico de ciudades como Los Ángeles, Santiago de Chile y Ciudad de México y el segundo de ciudades como Londres (en el pasado) y Chicago.

En el caso del *smog fotoquímico* es un evento muy particular de contaminación atmosférica local que podríamos considerar de gravedad y el cual se produce al conjugarse varios factores desencadenantes, que incluyen radiación solar intensa, en el rango de 295–385 nm, que incluye el UV cercano, tránsito automotor intenso con su secuela de efluentes de HC y NO_x, unidos a períodos con inversión de temperatura (alta estabilidad atmosférica) que impide la dilución de los contaminantes primarios. Una característica destacada de estos episodios es una concentración de oxidantes por encima de 0,1 ppm. Se produce por un complejo conjunto de reacciones entre hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, catalizadas por luz ultravioleta y las cuales producen contaminantes secundarios tales como ozono, PAN (peroxiacetilnitrato), aldehidos, entre otros.

Es interesante constatar que partiendo de contaminantes que se conoce son reductores (como NO y SO₂) y contaminantes que no poseen poder de oxidación (como los hidrocarburos) se llega finalmente a producir (con ayuda de la energía solar) agentes altamente oxidantes como el O₃ (Stern, 1977). Debe enfatizarse que la producción de los radicales libres de muy alta reactividad, derivados de los hidrocarburos y con el concurso del oxígeno atómico y del ozono formados ambos durante el ciclo fotolítico del NO₂, son parte esencial de los mecanismos de formación del *smog fotoquímico*.

Los oxidantes producidos durante episodios de smog, entre los cuales se destacan el O₃, los peróxidos orgánicos (R-O-O-R), los nitratos de peroxyacil (R-C-O-O-NO₂) y los hidroperóxidos orgánicos (R-O-OH), dañan a las plantas y destruyen cultivos; las gomas y los plásticos se envejecen y quiebran. El ozono es dañino a los humanos y se sabe que 0,15 ppm causa tos y resuello silbante, constricción bronquial e irritación de las mucosas respiratorias a individuos saludables. El PAN, en concentraciones tan bajas como 0,02-0,05 ppm daña la vegetación e irrita las mucosas oculares y causa

lagrimeo, así como ataca el grupo sulfidril de algunas proteínas. Además, durante el evento de smog la visibilidad se reduce drásticamente.

Una atmósfera con *smog fotoquímico* muestra variaciones a lo largo del día en sus características y esta variación está relacionada con el tráfico automotor. Esto lo podemos observar bastante bien en la Figura III.12, la cual muestra las concentraciones de los contaminantes más característicos de esta situación y su variación durante el día en una zona con tráfico vehicular fuerte.

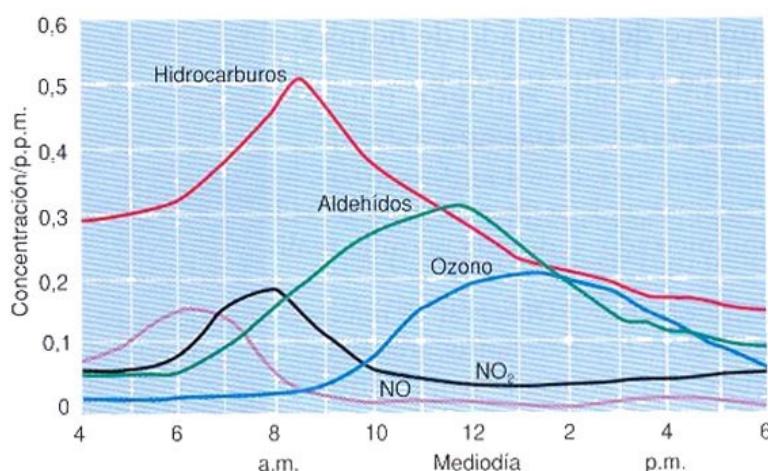


Figura III.12. Variación diaria de los contaminantes presentes en una zona con tránsito automotor. Fuente: <http://www.biologiasur.org>

El “*smog ácido*” o reductor se presenta en ciudades con alta concentración de industrias y donde se esté quemando combustible fósil, carbón o derivados de petróleo con contenido de azufre. Envuelve tres componentes principales: SO₂, partículas y gotas de agua de la niebla y combinado con una situación meteorológica adversa como es la inversión de la temperatura. Las partículas (especialmente hollín) conforman una situación de visibilidad muy reducida. Desde el punto de vista químico este ambiente es reductor. Este tipo de episodio es una muestra de la sinergia entre las partículas y el dióxido de azufre.

Las partículas tienen en su superficie iones metálicos que actúan como catalizadores en la oxidación del SO₂ a SO₃ y posteriormente las gotas de agua de la niebla intervienen en la transformación del trióxido de azufre a gotitas de H₂SO₄ que se adsorben y concentran en la gran área superficial

de las partículas, cuyo tamaño está en el rango apropiado para penetrar profundamente en los pulmones y llegar a los bronquiolos y alvéolos. Desde estos últimos entra al tejido pulmonar y la corriente sanguínea. El ácido sulfúrico es un fuerte irritante que hace que la respiración se haga más difícil y que el corazón trabaje más esforzadamente, por ello los ancianos y en general las personas con problemas respiratorios o cardiovasculares son los más afectadas, tal como sucedió en el ya citado episodio de Londres en 1952, donde se presentó una mortalidad muy por encima de valores normales, durante los cinco días del evento. En la Figura III.13 puede observarse el desarrollo de este evento de smog ácido y la fuerte relación entre los parámetros de contaminación medidos: SO₂, humo (partículas sólidas dispersas en aire) y mortalidad.

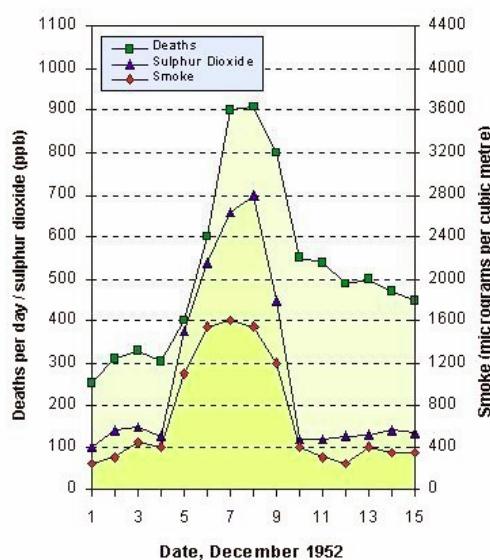


Figura III.13. Variación diaria de los contaminantes típicos presentes en episodio de smog ácido en Londres (1952). **Fuente:** www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/CA/illustrations/London%2052.html

BIBLIOGRAFÍA

AHRENS, C. D.

2000. *Essentials of Meteorology: An invitation to the Atmosphere*. Editor: Pacific Grove Brooks/Cole. California.

GINER, G., M. V. NAJUL, M. LARA y R. SÁNCHEZ

2008. *Fundamentos para la evaluación y control de la calidad ambiental*. Editado por CENDES, UCV.

MANAHAM, S.

2007. *Introducción a la Química Ambiental*. Ed. Reverté.

MSAS

1985. Contaminación ambiental. Residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Ponencia VI Congreso Venezolano de Salud Pública.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).

2006. Guías de la calidad del aire.

PEAVY, H., D. RROWE, AND G. TCHOBANOGLOUS

1985. *Environmental Engineering*. MacGraw Hill Book Co.

SOUTHWOOD, R.

2004. *La historia de la vida*. Editorial El Ateneo. Buenos Aires.

SEINFELD, J.

1978. *Contaminación atmosférica. Fundamentos físicos y químicos*. Instituto de Estudios de Administración local. Madrid.

STERN, A.

1977. Air pollutants, their transformationand transport En: *Air pollution*. Vol. I. Academic Press. New York.

VANLOON, G. W. AND S. J. DUFFY

2000. *Environmental chemistry*. Oxford University Press Inc. New York.

Páginas WEB visitadas

http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/meteoro/lecc4/lecc4_2.html

http://www.puc.cl/sw_educ/contam

<http://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/CA/illustrations/London52.html>

<http://usuarios.lycos.es/ambiental/atmosfer.html>

María Teresa Martelo Pena

Ingeniero Hidrometeorólogo, Opción Agrometeorología. UCV-1984. Master en Ciencias del Medio Ambiente-Fondation Universitaire Luxembourgeoise.1986. Trabajó en la Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Ambiente desde 1987 ocupando diversos cargos: Jefe Departamento Agrometeorología 1991-1994; Coordinador Grupo de Trabajo de Climatología 1998-2000; Ingeniero Jefe I hasta 2006. Miembro de la Comisión de Climatología de la OMM. Fue Vice-Chairman en el Grupo de Trabajo I del IPCC-UN y compartió el Premio Nobel de la Paz en 2007. Docente de la UCV en asignaturas relacionadas con la Agroclimatología, Meteorología y Cambio Climático en las Facultades de Agronomía, Ingeniería y en la Escuela de Geografía. Fundadora y miembro del Comité Académico de la Cátedra Libre de Cambio Climático FI-UCV. Consultora y asesora del PNUD en Procesamiento y Calidad de datos. Consultor nacional del INAMEH, en Climatología, Productos y Servicios Hidrometeorológicos y el Banco Nacional de Datos Hidrometeorológicos. Numerosas publicaciones en las áreas de meteorología, agroclimatología y cambio climático.

Griselda Ferrara de Giner

Ingeniero Químico (UCV-1966). Magíster Scientiarum en Ingeniería Sanitaria (UCV-1973). Doctor en Ciencias de la Ingeniería (UCV-2008). Profesor Titular UCV. Docencia en Pregrado y Postgrado en UCV y otras universidades en área de Ingeniería Ambiental. Investigadora en: Calidad del Agua, Química Ambiental, Tratamiento de Líquidos Residuales, Gestión Integral de la Calidad Ambiental y Adaptación al Cambio Climático. Coordinadora de la Cátedra Libre de Cambio Climático-UCV. Autora o co-autora de 3 libros, 5 capítulos de libros, 22 publicaciones en revistas, 59 ponencias y 7 publicaciones de apoyo a la docencia. Individuo de Número de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat y Presidente de su Comisión del Ambiente.

CAPÍTULO IV

LOS AMBIENTES Y RECURSOS NATURALES Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN LAS ÁREAS CONTINENTALES DE VENEZUELA

Introducción (definiciones).

Naturaleza: palabra que describe la asociación establecida entre todos los elementos orgánicos e inorgánicos que mediante procesos histórico-geológicos han conformado patrones naturales sin la intervención del hombre. Estos patrones son observables en todo el planeta tierra.

Durante millones de años la superficie de la tierra, moldeada por formaciones montañosas al aire o cubiertas de agua, han ido transformándose mediante procesos geológicos formando sierras, altiplanos, llanuras, fosas, etc. separados por mares (océanos) y ríos dando características físicas y químicas y climáticas particulares. Unido a esto, bacterias, protistas, gusanos, insectos, crustáceos, esponjas, árboles y arbustos, vertebrados grandes y pequeños han habitado (apareciendo y desapareciendo) en esos espacios físicos del mundo y por supuesto de Venezuela.

En el suelo formado crecieron las plantas inferiores y los árboles, en las aguas las algas (productores primarios); estos otorgaron células, hojas, frutos y semillas que sirvieron de alimento a animales (consumidores); y para conformar el ciclo evolucionaron y se desarrollaron millones de especies de protistas que tienen el papel de descomponer la materia orgánica.

Los seres orgánicos (protistas, plantas y animales) son afectados (molestdos) por las diferentes condiciones ambientales (físicas, químicas y climáticas) que les ha permitido adaptarse, migrar o desaparecer durante períodos de cambios graduales o catastróficos (deriva continental, vulcanismos p.e.). Estos procesos de asociación o adaptación no sólo han permitido relaciones entre los organismos y sus ambientes particulares sino también entre los organismos, cuyo resultado ha sido la evolución (cambios) que se pueden observar en los patrones de vida particulares, incluido al hombre. Así y cómo resultado de este largo proceso, la naturaleza y sus componentes no son iguales en todas partes. Al viajar por nuestro país podemos observar cambios en la conformación de los mismos. Estos patrones se diferenciaron en comunidades que identificamos como “bosques” y “selvas” con el predominio de árboles, y las “sabanas” con la abundancia de matorrales y hier-

bas. Los fríos “paramos” de las altas montañas andinas, los áridos “médanos”, los “manglares” y “arrecifes de coral” de nuestras costas y litorales marinos (Contreras *et al.* 1977).

Todo esto se produjo sin la intervención humana y naturalmente por eso, se llama **Naturaleza** a todo aquello que se ha originado, crecido, desarrollado y evolucionado sin la participación del hombre, ya sean los paisajes de la selva, manglares, humedales, fauna terrestre, acuática y marina, aves, etc. Un **Ambiente Natural** entonces será definido como el marco físico y los procesos físico-químicos y climáticos que permiten el desarrollo, equilibrio y sustento de organismos particulares dadas ciertas características homogéneas. En numerosas ocasiones se denomina también como **Región Natural** cuando se trata de un área extensa e importante (p.e. los Llanos, los Andes, el Delta del Orinoco).

Cuando los componentes (físicos u orgánicos) de un determinado ambiente natural son de utilidad para el desarrollo de las comunidades humanas entonces estos se definen como **Recursos Naturales**, y si estos pueden “permanentemente” ser restituidos en forma natural (por procesos físicos, químicos u orgánicos) sin la intervención del hombre, entonces se conocen como **Recursos Naturales Renovables**. Por ejemplo identificamos al **agua**, el **aire** y los **bosques** como parte de ellos.

La Venezuela prepetrrolera (1830-1930) como dice Fergusson (1990) y Grau (1988) no fue:

“un país bucólico o pastoril en que las poblaciones vivían en armonía con la naturaleza, por el contrario, se sucedieron numerosas situaciones de pobreza crítica en medios rurales y urbanos, desencadenadas por el uso inadecuado de los suelos, la sobreexplotación y extinción de especies y problemas de salud pública.”

Hay numerosos ejemplos de estas situaciones en la actividad de “cacería” de grandes mamíferos en los llanos de Apure, Barinas y Guárico, explotación de líquenes (Orchila) y “Guanó” producido por las aves marinas de las islas caribeñas que acabó con éste y con todos los fosfatos fósiles de esas islas, la explotación de maderas apreciadas como cedro y caoba que las hizo desaparecer de la zona de Maracaibo y el Delta del Orinoco, la desaparición de los bosques por actividad minera en Aroa y El Callao, y la sobreexplotación y casi extinción del Caimán del Orinoco, la Tortuga Arrau, los cardenalitos, las garzas blancas (por sus plumas), los perros de agua, manatíes, paujíes, el oso frontino, las tortugas verdes y los morrocoyes sólo por mencionar algunos y más conocidos (Fergusson, 1990).

Este capítulo por lo tanto, tiene como objetivo hacer una recopilación y discusión sobre los recursos naturales renovables de flora y fauna en el país, haciendo énfasis en aquellos presentes en las áreas continentales de Venezuela.

1 La Flora y el Bosque como recurso natural

Entendemos por **flora** a la gran variedad de tipos organismos vegetales que habitan el planeta, desde las minúsculas algas unicelulares hasta los inmensos árboles o plantas superiores. La **flora natural** o silvestre está constituida por todos estos organismos (especies) que no han sido manipuladas (cultivadas o trasladadas) por el hombre y estos representan un recurso natural de alto valor ya que además de ser responsables del equilibrio del oxígeno (O_2) y anhídrido carbono (CO_2) en la atmósfera poseen cualidades de ser alimento, materia prima para construcciones, refugio para la fauna, protección de las cuencas hídricas, protección del suelo, fuente de potenciales medicamentos, atracción escénica y muchas otras.

La **planta** como elemento orgánico en la naturaleza es dinámica, compleja y con características particulares únicas que la hace diferente a las demás. Esto permite su clasificación o agrupación en categorías (taxón). Vareski (1992:22) las define:

“La planta individual, el bionte vegetal, es un ser vivo que está ligado por su descendencia al pasado, por su metabolismo y su intercambio energético al medio ambiente actual y por su reproducción al futuro”.

Las plantas dependiendo del problema a estudiar se puede considerar como un individuo, un ejemplar, un complejo, un elemento, una forma de crecimiento, y una forma biológica, que se encuentra generalmente asociada a otras con adaptaciones biológico-ambientales parecidas en un área determinada.

Definimos **vegetación** como el conjunto de las plantas que determinan o conforman aspectos importantes del paisaje en un determinado lugar de la naturaleza. En este sentido se reconocen los bosques, las sabanas, el chaparral. Más aún cuando empezamos a estudiar con mayor profundidad estas asociaciones vegetales nos encontramos ante la presencia de varios tipos de estructuras y variedades de especies. Por ejemplo: bosques de pantano con plantas adaptadas a suelos permanentemente o periódicamente saturados de agua; bosques premontanos asociados a laderas montañosas

con suelos bien drenados o bosques espinares o xerofíticos en áreas costeras secas; bosque de palma o palmares en los llanos y zonas arenosas costeras, bosques de manglar asociados a áreas pantanosas de litorales marinos y muchos otros. En fin cada una de estas formaciones o tipos de bosque está constituida por una flora particular y cuya estructura (asociativa, diversidad y tipo) la diferencia o separa de otra encontrada en áreas cercanas o distantes (Gonzalez 1987; Pittier, 1920, 1935, 1939; Vareski, 1992).

1.1 Principales formaciones o comunidades vegetales en Venezuela.

Venezuela es un país tropical, con una historia geológica compleja y estructurada geográficamente con formaciones de variados orígenes, edades y ubicación. Tenemos desde formaciones precámbricas de areniscas (tepuyes), serranías asociadas al desarrollo de los Andes de rocas metamórficas (Terciario) y una gran cuenca hidrográfica (Río Orinoco) formada principalmente por sabanas del cuaternario. El país se nos presenta con una gran heterogeneidad de formaciones o asociaciones vegetales terrestres y acuáticas, adaptadas a diferentes ambientes y climas, a diferencia de lo observable y homogéneo de las zonas templadas. Veremos las más conspicuas e importantes.

1.1.1. La Selva Nublada. Se encuentra presente en la Cordillera de la Costa a una altura entre los 800 y 1500 m s.n.m. Enfriadas por condiciones especiales de las corrientes de aire que mantienen una alta humedad y alta precipitación (Fig. IV.1). Dada su estructura, conformada por árboles de gran talla y abundante material arbustivo cerca del suelo, la humedad y la temperatura (18 a 20 °C) se mantiene todo el año. La pérdida por transpiración de las plantas se reduce de manera que la economía hídrica permanece asegurada. A esta condición climática hay que añadir el tipo de suelo con abundante material vegetal en descomposición por una acción física permanente de la temperatura y movimiento del agua, y una descomposición química decisiva por la acción hidrolítica del agua y la abundante influencia de organismos heterótrofos en el suelo. Este material depositado evita o compensa la erosión del suelo (Vareski, 1992).

Es un ecosistema muy estable, heterogéneo con cerca del millar de especies vegetales. Sin embargo muchos autores han sugerido que esta cifra podría aumentar un 20% con estudios más detallados. Por otro lado se considera un bosque denso; los datos indican que en un área de 1,5 ha se han contado 750 troncos de más de 10 cm de diámetro, pertenecientes a 190 especies (Huber *et al.*, 1986; Vareski, 1992), muchas de ellas de gran importancia económica.

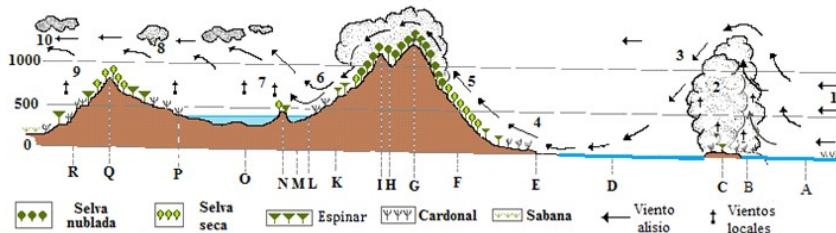


Figura IV.1. Perfil de la Selva Nublada de Rancho Grande y áreas adyacentes. Dirección SE-NO (A-R= indicaciones geográficas; 1-10 corrientes de vientos). A. Mar Caribe; B-C. Islas; D. Mar Costero; E. Zona seca costera; F. Ladera Norte Cordillera de la Costa; G. Cima Rancho Grande; H. Paso Portachuelo; I. Cima de Periquito; K. Ladera Sur. L. Orilla Norte Lago de Valencia; M. Lago de Valencia; N. Isla Chambero; O. Lago de Valencia; P. Orilla Sur Lago de Valencia; Q. Cordillera del Interior; R. Ladera Sur hacia los Llanos. 1. Viento Alisio desde el NE; 2. Torres de nubes encimas islas Antillas; 3. Föhn insular; 4. Viento cálido ascendente; 5-6. Cúpula típica del Föhn; 6. Vientos descendentes desviados por viento cálido ascendente(7); 7. Viento local ascendente; 8. Enfriamiento y formación de nubes; 9Vientos locales ascendente; 10. Viento Alisio hacia los llanos. (Modificado de Vareski, 1992, pag. 113, Lam 6).

Desde el punto de vista de los servicios ambientales que presta son innumerables desde la producción de oxígeno, agua limpia, protección al suelo, hasta la producción de plantas de aprovechamiento alimenticio tanto humano como silvestre y medicinal. Por otro lado, es refugio de una gran diversidad de fauna terrestre incluyendo algunas especies en peligro de extinción como veremos más adelante.

1.1.2. Selva montañera de neblina (Fig. IV.2). En Venezuela se encuentran generalmente al igual que la anterior entre los 800 y 2000 m s.n.m. Sin embargo, la zona de neblina se encuentra por encima de estas alturas. En nuestro país un ejemplo típico es la selva “La Carbonera” situada cerca de San Eusebio, estado Mérida. Es una selva siempreverde con una riqueza (120 especies) y densidad (1100 troncos) sobre una superficie de 3 ha. (Lampret y Veillon, 1952-1957). Temperatura media anual de cerca de 14 °C, unos 5 °C menos que la anterior. La precipitación es alta casi todo el año con una pequeña disminución entre los meses de Diciembre y Febrero. Con tres estratos arbóreos (2-10, 10-25 y 25 a 35 m). Al igual que la anterior presenta un contorno disgregado por troncos altos que se presentan en grupos. Es de destacar la gran riqueza (+ 60 sp) y densidad de epífitas como en

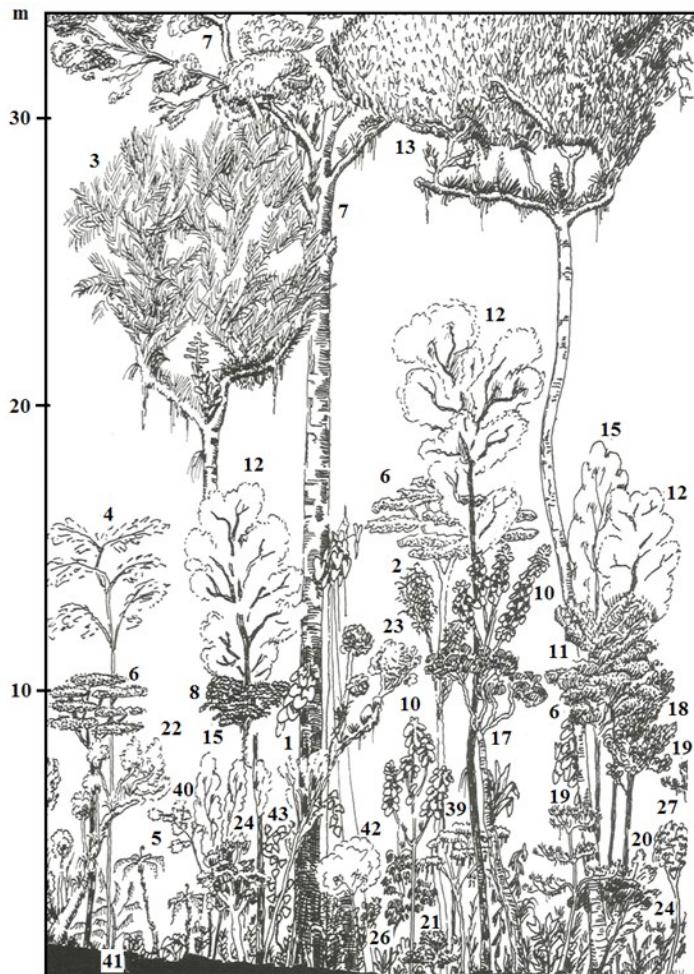


Figura IV.2. Perfil esquemático de una selva de neblina (La Carbonera). Las especies más importantes: 1. *Guarea kunthiana*; 2. *Ilex* sp.; 3. *Beilschmiedia sulcata*; 4. *Meriana subumbellata*; 5. *Cyathea divergens*; 6. *Weinmannia* sp; 7. *Podocarpus rospigliosii*; 8. *Billia columbiana*; 10. *Clusia multiflora*; 11. *Myrcianthes orthostemon*; 12. *Myrcia fallax*; 13. *Ocotea* sp.; 15. *Myrcia acuminata*; 17. *Eugenia kasteniana*; 18. *Nectandra laurel*; 19. *Laplacea fruticosa*; 20. *Zanthoxylum guinduensis*; 21. *Securidaca cf. Purpurea*; 22. *Phoebe cinnamifolia*; 23. *Podocarpus oleifolius*; 24. *Ficus velutina*; 26. *Schefflera rubiginosa*; 27. *Cordia caracasana*; 28. *Caesalpinaceae* gen.; 40. *Roupala montana*; 41. *Trema micrantha*; 42. *Sapium stylare*; 43. *Passiflora lindeniana*. (Modificado de Vareski, 1992)

ninguna otra selva en el país. Los servicios ecosistémicos son parecidos a la anterior siendo abrigo de una fauna importante de aves, anfibios, mamíferos, réptiles y miles de insectos y otros invertebrados.

Por sobre estas selvas de neblina (+ 3.000), se encuentran en transición hacia los páramos, otras formaciones boscosas que se les ha denominado “Selvas Bajas de Los Andes” o como Vareski (1992) indica existe un nombre vernacular “chrvital” y finalmente los bosque de frailejón típicos de zonas más frías. El conjunto de especies es en general propio, aunque su riqueza en general aumenta ya que se encuentran mezclados algunos elementos de los páramos y de la selva de neblina lo que la convierte en una zona diversa en especies y en formas biológicas con una estructura compleja. Los árboles tienen copas umbeliformes altamente extendidas. Es frecuente encontrar líquenes, helechos, musgos y especies de trepadoras. Estas selvas son importantes desde el punto de vista biológico ya que en ellas se encuentran muchas especies únicas (endémicas) en el mundo.

1.1.3. Selvas pluviales. Mientras que las anteriores han sido identificadas y reconocidas, en este caso existe mucha controversia acerca de la presencia y ubicación de las mismas en nuestro país (Fig. IV.3). Vareski (1992:145) indica:

“Si por ejemplo se estudia la distribución de la selva pluvial sobre los mapas de vegetación de Venezuela resulta que 8 de 10 autores presentan áreas de selvas pluviales completamente diferentes....las diferencias no se deben a un eventual desconocimiento del país por parte del científico, sino a que cada investigador da al concepto selva pluvial un significado completamente diferente”

Como bien indican algunos autores, el que un área tenga alta pluviosidad y temperaturas moderadamente altas y uniformes todo el año, no son los únicos factores que determinan la fisonomía de un área identifiable (diferente), de otras, para poder ser reconocida. Lo otro, como se puede observar en los mapas es la ubicación sobre tierras bajas, altas, anegadizas, secas, etc.

A pesar de lo anteriormente dicho hay áreas en el país que pudieran ser clasificadas dentro del concepto amplio de “selva pluvial” = “bosque siempreverde” como ha sido sugerido por otros autores (Fig. IV.4). Huber y Alarcón (1988) recientemente nos indican las áreas en Venezuela donde estarían ubicadas estas unidades (Sur y Suroeste cuenca Lago de Maracaibo, área de Guatopo en el estado Miranda y tierras bajas de los estados Amazo-

nas y Bolívar). Son comunidades altamente ricas en especies, muchas de ellas maderables y útiles para construcción, muebles, etc. Además de ser primordiales para el mantenimiento del recurso hídrico, poseen propiedades importantes para el mantenimiento de micro y macroclima a nivel nacional. Por otro lado, albergan posiblemente la mayor diversidad de fauna terrestre conocida en el país (ver adelante).

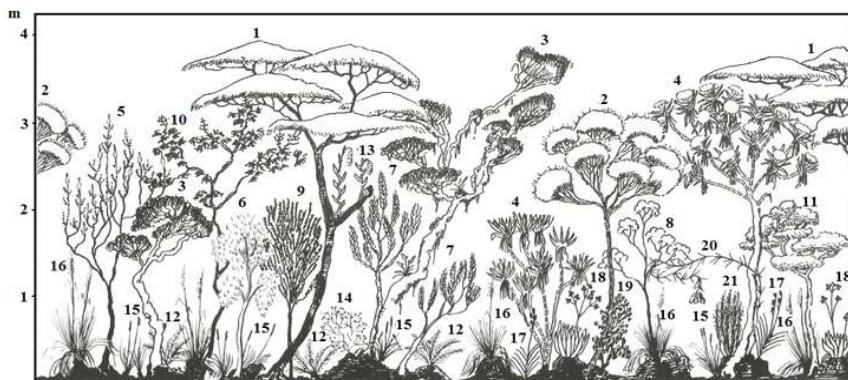


Figura IV.3. Perfil esquemático Selva baja de Los Andes (Chirivital) (Mérida, Venezuela). 1. *Escallonia myrtilloides*; 2. *Diplostethium venezuelense*; 3. *Polylepis sericea*; 4. *Espeletia humbertii*; 5. *Aragoa lucidula*; 6. *Vallea stipularis*; 7. *Gynoxis meridiana*; 8. *Hesperomeles lanuginosa*; 9. *Vaccinium floribundum*; 10. *Oreopanax horquetero*; 11. *Weinmannia faragoides*; 12. *Dryopteris paleacea*; 13. *Epidendron klotzchianum*; 14. *Thalictrum podocarpum*; 15. *Uncinia hamata*; 16. *Cortaderia nitida*; 17. *Orthosanthus chimbacensis*; 18. *Espeletia schultzii*; 19. *Ribes andicola*; 20. *Bomarea crassifolia*; 21. *Arcythophyllum nitidum*. (Modificado de Vareski, 1992)

1.1.4. La selva de aguas negras (Fig. IV.5). Localizadas al sur de Venezuela en zonas planas cenagosas de la Guayana, se encuentran formaciones vegetales asociadas a ríos o lagunas de aguas negras, muy transparentes y ácidos (pH 3,8 a 4,5), pobres en oxígeno disuelto (3 mg/l), pobres en calcio y que deben su color a taninos prehúmicos disueltos que le dan un color te oscuro, sobre fondos blancos de roca y arena. Las aguas además son pobres en electrolitos, con poco material en suspensión. Hay abundantes palmeras pero especies diferentes a las encontradas en zonas anegadas y ríos de aguas blancas.

Existe una gran discusión acerca de los mecanismos fisicoquímicos en la formación y distribución de este tipo de aguas y los procesos fisioecológicos

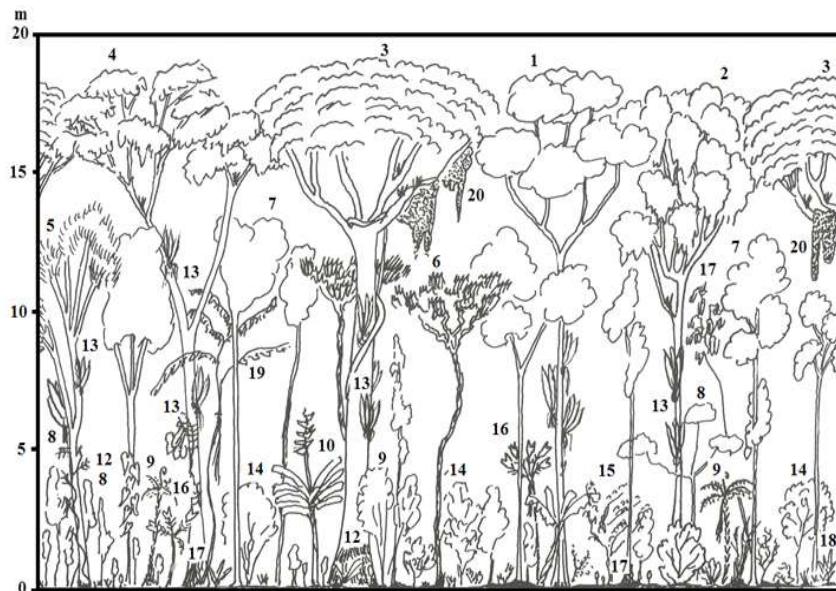


Figura IV.4. Perfil esquemático de la comunidad vegetal de una selva pluvial (Guayana Venezolana): 1,6. Laureaceae; 2, 5, 17. (Leguminosae, Papilionaceae; 3. Meliaceae; 4. Bignoniaceae; 7. No determinada; 8. *Olfersia* sp.; 9. *Cyathea* sp.; 10. *Ravenala guayanensis*; 11. Plantas jóvenes; 12, 13. Araceae; 14. Arbustos (Piperaceae, Melastomataceae, Rubiaceae); 15, 19. Rubiaceae; 16. Palmae; 17. Musgos y hepáticas en las bases de los troncos; 18. Hierbas (Rubiaceae, helechos); 19. *Desmoncus* sp.; 20. Lianas (Bignoniaceae, Sapindaceae). (Modificado de Vareski, 1992: Fig. 82).

que permiten la vida en este tipo de ambiente (Sioli, 1975; Machado *et al*, 2013). Modificaciones de plantas y animales se han desarrollado para captar el poco oxígeno en el sistema y ser capaces de sobrevivir en aguas muy ácidas que podrían impedir el metabolismo y los procesos fisiológicos de los organismos. Por otro lado, dada a la poca diversidad vegetal que crece sobre estos suelos muy pobres se ve reflejada directamente sobre la fauna que “soportan” estas comunidades. Sin embargo, en cuanto a la fauna acuática (peces por ejemplo) existe una alta diversidad de especies, que adaptadas al estrés fisiocoológico, viven en estos ambientes que los proveen de alimento alótromo tales como frutos, hojas, semillas, insectos terrestres en aguas altas y bajas. Muy importante es el desarrollo de la coloración de especies ornamentales que los hace un recurso natural muy explotado por nuestros vecinos de Colombia, Brasil y las Guayanás. Frutos y semillas de las palmeras y del cacao silvestre (*Mosticaria*) son consumidos por

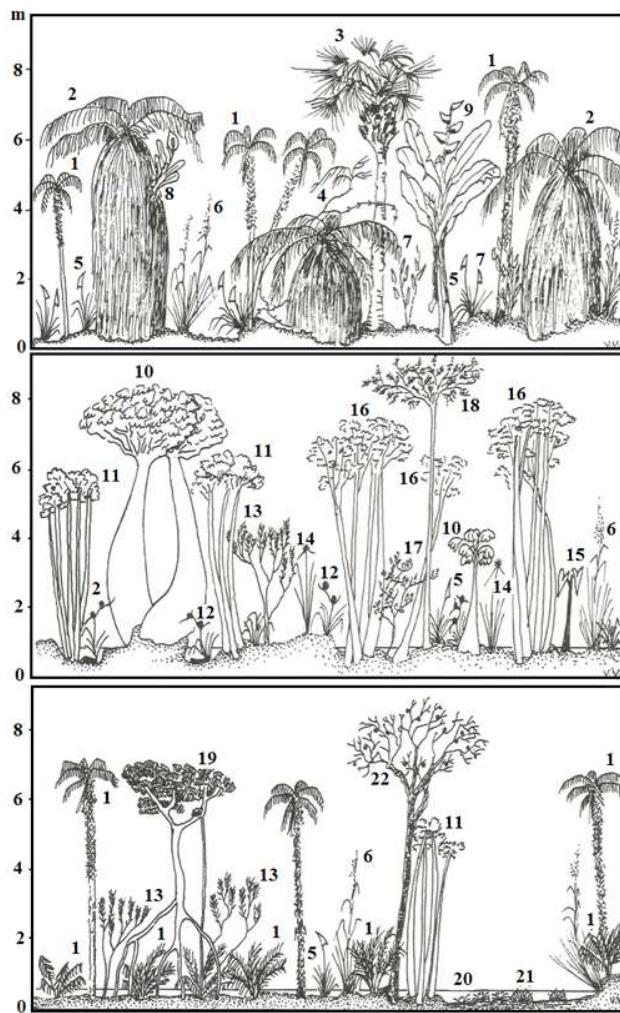


Figura IV.5. Perfil esquemático de formaciones de Selva de aguas negras (Amazonas, Venezuela). 1. *Leopoldina pulchra*; 2. *L. piasava*; 3. *Mauritia armata*; 4. *Desmoncus horridus*; 5. *Spathanthus bicolor*; 6. *Rhynchospora cf. corymbosa*; 7. *Maranta arundinacea*; 8. *Anthurium* sp.; 9. *Ravenala guianensis*; 10. *Pachira aquatica*; 11. *Malouetia gladiifera*; 12. *Thurnia polycephala*; 13. *Macairea stylosa*; 14. *Cephalostemon affinis*; 15. *Montrichardia arborescens*; 16. *Ambelania laxa*; 17. *Tococa ciliata*; 18. *Tachigalia cavipes*; 19. *Clusia amazónica*; 20. *Dichromena acaulis*; 21. *Ericaulaceae*; 22. *Eschweileria rigida*. (Modificado de Vareski 1992: Fig. 105).

peces de gran porte (bagres, cachamas y morocotos) que incursionan en estas selvas cenagosas durante la subida de aguas y cuyas semillas son dispersadas a grandes distancias.

Es de hacer notar que existe una gran variedad de comunidades dependiendo de la abundancia de alguna de las especies o grupos de especies. Este es el caso de los “boyales”, localizados principalmente en los ríos Atabapo y Casiquire, denominación que se debe a la gran densidad de árboles de los géneros *Malouetia*, *Molongum* y *Guatteria* con troncos finos y hojas agrupadas estrechamente en lo alto de las copas denominados comúnmente como “palo de boyo” debido a sus maderas muy livianas y de alta importancia económica utilizadas en el diseño y construcción de modelos.

1.1.5 Selva de Manglar (Fig. IV.6). Con el fin de continuar con comunidades que habitan en zonas cenagosas tenemos las comunidades de manglar comunes en planicies costeras en áreas tropicales del mundo. Las condiciones para la formación de los manglares constituidos principalmente por especies del género *Rhizophora* desde el punto de vista ecológico están bien estudiadas. Estos se desarrollan en lugares donde el agua de origen marino influencia decisivamente las condiciones edáficas, donde existe la influencia mareal, pero no existe un oleaje fuerte. Al igual que los bosques de aguas negras, las especies vegetales y animales en estas comunidades están sometidas a un enorme estrés ambiental: alta salinidad y poco oxígeno, entre otros.

La “faja de manglares” se revela de esta manera como un complicado mosaico vegetal, como un experimento de la naturaleza, en el cual el ecólogo puede apreciar casi como en los experimentos de laboratorio el concierto de los factores más contradictorios y la reacción funcional y fisioecológica. (Vareski, 1992: 210-211).

En nuestro país se les puede encontrar bordeando lagunas salobres (Unare, Piritu y Tacarigua), en el Delta del Orinoco y amplias zonas en el Golfo de Venezuela y Lago de Maracaibo. Además se pueden observar otros “parches” a lo largo de la zona costera e insular del país. Un área muy conocida la tenemos en la Isla de Margarita en el Parque “La Restinga”.

Los bosques de manglar juegan un papel muy importante, no solamente para consolidación y protección de las zonas planas costeras y evitar la erosión de playas por efecto del oleaje y las mareas, sino también por su rol en el mantenimiento de una micro y macrofauna terrestre y acuática de importancia. Los manglares sirven de refugio a muchas formas larvales y



Figura IV.6. Perfil esquemático de un bosque de manglar Guanoco (Venezuela). 1. *Rhizophora mangle*; 2. *Pterocarpus draco*; 3. *Clusia* sp.; 4. *Montrichardia arborescens*; 5. *Anthurium pentaphyllum*; 6. *Anthurium englerianum*; 7. *Philodendron laciniatum*; 8. *Polypodium phylliditis*; 9. *Clivia* sp; 10. *Heterostemon mimosoides*; 11. *Nephrolepis biserrata*; 12. *Vittaria lineata*; 13. *Mauritia setigera*. (Modificado de Vareski, 1992: fig. 114).

juveniles de especies de peces, crustáceos y moluscos de importancia alimentaria y comercial es asiento de numerosas especies de aves costeras y migratorias. Por otro lado, la “madera de mangle” es apreciada por su calidad y dureza, útil como material de construcción.

1.1.6. Selva seca caducifolia (bosque caducifolio) (Fig. IV.7). Ariste-gueta (1968a) y Tamayo (1971, 1972a y 1972b) son dos autores importantes en el estudio, definición y descripción de esta comunidad vegetal. Holdridge (1968) por otro lado trata algunas de estas formaciones como “bosque seco tropical”. La característica principal es que la mayoría de los árboles que la componen pierden sus hojas (follaje) durante la sequía. Se localiza principalmente al sur de la cordillera central o del interior en la transición hacia los llanos (Desde San Carlos al Oeste hasta Barcelona al este). Aunque altamente modificada por el hombre, todavía existen vestigios de esta formación principalmente en algunos valles montaños y zonas protegidas.

El área está gobernada por un clima cálido generalmente seco, excepto en el periodo de lluvias. La duración del periodo seco es determinante para la composición fisionómica total de la comunidad existiendo mayor o menor proporción de especies “siempreverdes” vs especies “caducifolias”. El suelo es débilmente laterizado y tiene buen drenaje según la variación de los declives. Sin embargo, debido a las intervenciones (tala y quema) para la

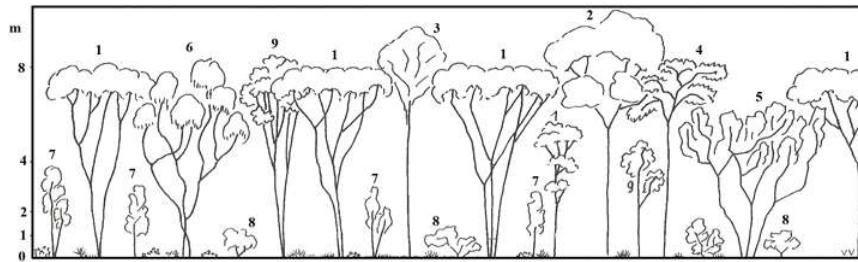


Figura IV.7. Perfil esquemático de bosque caducifolio. Llanos venezolanos. 1. *Luehea candida*; 2. *Spondias mombin*; 3. *Tabebuia spectabilis*; 4. *Astronium graveolens*; 5. *Pithecelobium carabobensis*; 6. *Libidibia* sp.; 7. *Lonchocarpus* sp.; 8. *Randia* sp., 9. *Platymiscium* sp. (Modificado de Vareski, 1992).

construcción de potreros y la incorporación de ganado vacuno se ha producido una amplia erosión colinar y degradación del suelo. En áreas no intervenidas se han registrado cerca de 170 especies. Algunas de las especies presentes son famosas por su colorido como el “araguaney” (*Tabebuia chrysantha*) que es calificado como el árbol nacional y que ha sido utilizado con fines de ornato, o el “saman” (*Samanea saman*) cuya madera es apreciada para la construcción (ver adelante).

Al igual que otras formaciones boscosas numerosas especies de aves y otros vertebrados buscan su refugio y alimento en estos bosques. Al menos dos especies de venados históricamente han sido “velados” en estos bosques al igual que pumas y tigres. Otras especies comunes son los “cachicamos”, “lapas”, “conejos” “picures” “paujíes”, “pavas”, “iguanas” y “morrocoyes”, altamente apreciados por su carne y en aequullos asociados o en cercanía de cuerpos de agua encontramos “galápagos”, “babas” y “chiguires” (Ojasti, 1987).

1.1.7. Espinar y Cardonal (Figs. IV.8 y IV.9). Estas denominaciones acuñadas por Vareski (1992) es tomada de la lengua venezolana para identificar una serie de comunidades vegetales que para el momento no tenían nombre. Siempre se trata de comunidades dominadas por acacias y succulentas.

Las primeras tienen especies en forma de umbela, pobre en especies y uniforme, que está erizado por espinas y púas. En muchas áreas lo consideran una comunidad pobre, de pocos recursos y problemática para el desarrollo de actividades antrópicas. Aunque existe la presencia de cactáceas,

no son comunes y poco densas. Las especies más comunes pertenecen a los géneros de *Acacia* y *Mimosa* se caracterizan por tener hojas muy pequeñas con ramificaciones arbóreas en forma de embudo. Sotobosque muy pobre.

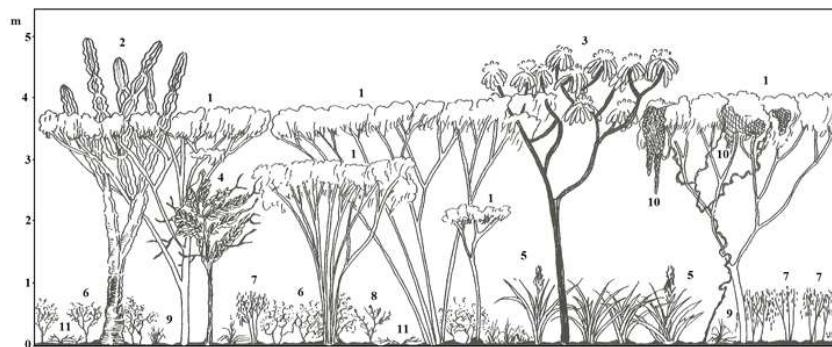


Figura IV.8. Perfil esquemático de un espinar: 1. Mimosaceae gen; 2. *Cereus jamacaru*; 3. *Plumeria alba*; 4. *Peireskia guamacho*; 5. *Pitairnia maidifolia*; 6. *Croton rhamnifolius*; 7. *Bastardia viscosa*; 8. *Pfaffia iresinoides*; 9. Graminae y Cyperaceae; 10. *Arrabidiae sp.*; 11. *Evolvulus filipes*. (Modificado de Vareski, 1992).

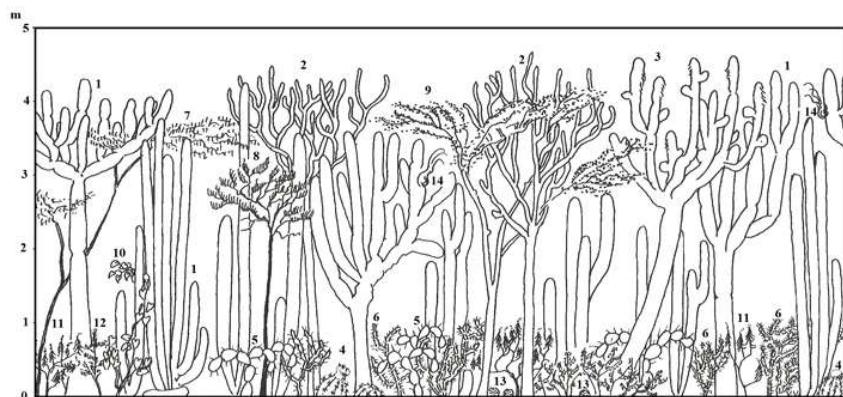


Figura IV.9. Perfil esquemático de un cardonal (Carora). 1. *Cereus lemairei*; 2. *Cephalocereus moritzianus*; 3. *Cereus griseus*; 4. *Melocactus caesius*; 5. *Opuntia wentiana*; 6. *Opuntia caribaea*; 7. Mimosaceae; 8. Capparidaceae; 9. *Cerdium praecox*; 10. *Ipomoea carnea*; 11. *Croton sp.*; 12. *Bastardia sp.* 13. *Mammillaria simplex*; 14. *Tillandsia flexuosa*. 1-6 y 13 son suculentas. (Modificado de Vareski, 1992).

La distribución de estas comunidades ocurre a ambos lados de las cordilleras central y de la costa. Sin embargo, esta comunidad generalmente aparece posterior a la degradación del bosque caducifolio por actividades humanas. Un ejemplo de esto se observó al eliminar el bosque caducifolio en la zona de Mantecal (Apure) la cual posteriormente fue invadida de *Mimosa* y otras formas espinares o después del abandono de potreros colinare s al sur de la cordillera central en los estados Aragua y Guárico.

Asociados a estos ambientes y en lugares frente a las costas o penetrando hacia el continente se encuentran otras comunidades que en algunos casos son denominados *Bosques de Suculentas* o en lenguaje común “cardonales”. Este tipo de comunidad dominadas por especies de la familia Cactaceae es más abundante y diversa en zonas subtropicales (p.e. México y sur de los Estados Unidos) donde las plantas suculentas tipo arbóreo logran alturas apreciables.

Los cardonales en Venezuela se encuentran formando una faja a lo largo de las zonas secas (> de 700 mm de precipitación anual) al norte del país. Típicos son los presentes en los estados Anzoátegui, Falcón, Lara y Sucre. Sus tallos son gruesos y capaces de almacenar agua, hojas muy reducidas y generalmente armados con espinas punzantes. Son pobres en especies y casi todas están adaptadas a soportar la falta de agua creciendo sobre un suelo laterítico rojizo. En estos suelos muy empobrecidos se han asentado comunidades humanas que lo utilizan para la cría de caprinos en forma extensiva. Por otro lado, modificaciones humanas han logrado crear cultivos productivos de *Agave sisalana* que forman la base de obtención de fibras (sisal) y de bebidas alcohólicas (miche o cocuy).

1.1.8. Sabanas. Corresponde el término a las llamadas “praderas” en otras áreas del mundo. Posiblemente desde el punto de vista de los recursos y extensión, este bioma sea uno de los más importantes en Venezuela. Todas las sabanas tienen un gran parecido dado a que dominan las formas bajas, rastreras o en “mogote” o “macolla”, pertenecientes a la gramíneas de los géneros: *Trachypogon*, *Axonopus*, *Panicum* y *Paspallum*, con algunos árboles de porte pequeño como el “chaparro” (*Curatella americana*), el “alcornoque” (*Bowdichia virgiliooides*), el “manteco” (*Byrsonima crassifolia*), el “caruto” (*Genipa americana*), y palmas (*Copernicia tectorum*) (Fig. IV.10).

Hay que hacer notar, que la fisonomía de la comunidad es compleja y cambia a medida que bajamos de altura desde las zonas más altas cercanas

a la Serranía del Interior al Norte y Andes (al Noroeste) hasta las regiones más bajas e inundables (esteros) al sur y este, asociado a las riberas de los grandes ríos y caños (Tabla IV.1) y que ha permitido la proliferación de nombres basados en ecología, fisonomía condiciones edáficas, etc. tales como: “sabanas arboladas”, “sabanas de *Trachypogon*”, “sabanas de *Paspallum*”, “sabana estacional”, “sabana de banco”, “sabana de bajío”, “sabana de estero”, “sabanas higrófilas”, “sabanas xerófilas”, “sabanas eutrófilas”, “sabana inundable” (ver; Hubber, 2013).

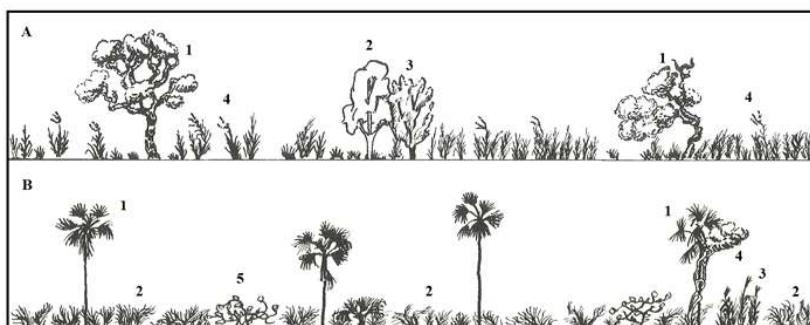


Figura IV.10. Perfil esquemático de dos sabanas. A) Calabozo y B) Sabana Húmeda. En (A): 1. *Curatella americana*; 2. *Byrsonima crassifolia*; 3. *Bowdichia virgelooides*; 4. *Trachypogon*. En (B): 1. *Copernicia tectorum*; 2 y 3. *Andropogon*, *Echinochloa*, *Panicum* y *Paspallum*; 4. *Ficus prinoides*; 5. *Ipomoea fistulosa*. (Modificado de Vareski, 1992).

En las zonas altas existe un matorral y bosque deciduo “matas” mezclado con abundantes gramíneas, creciendo sobre un suelo pobre, semirocoso con abundante hierro formando conglomerados denominado “ripi”. A medida que el suelo se hace más húmedo aumenta el componente arcilloso y aparecen los parches de palmeras, hasta finalmente una sabana graminosa inundable donde predominan las especies de *Paspallum* y *Andropogon* sobre suelos arcillo-limosos. Durante la inundación las gramíneas desaparecen en aguas profundas y la superficie acuática se cubre de plantas flotantes como: *Eichhornia crassipes*, *E. azurea* (boras), *Pontederia subovata* y *Pistia striatoles* (repollo de agua) y las gramíneas *Leersia hexandra*, *Hymananche amplexicaulis*, importantes para refugio y desarrollo larval de gran diversidad de fauna acuática (Machado-Allison, 2005; Rial, 2013).

La zona es gobernada climáticamente por dos fases (lluvia y sequía); la primera entre mayo a noviembre y la segunda desde diciembre a abril. Esto ha permitido el desarrollo de una actividad agrícola principalmente de gana-

Tabla IV.1. Clasificación de las sabanas. **Fuente:** Mapa de Vegetación de Venezuela. Hubber y Alarcón (1988); Hubber, (2007).

<i>Llanos Occidentales</i>
Sabanas piemontanas arbustivas
Sabanas arboladas (con “matas”)
<i>Llanos Centrales Altos</i>
Sabanas arbustivas y/o con “matas”
<i>Llanos Centrales Bajos</i>
Sabanas arbustivas y/o con “matas” (sobre “bancos” y “bajios”)
Sabanas abiertas (a veces con <i>Copernicia</i> o <i>Mauritia</i>)
Sabanas arbustivas inundables (“congriales” de las vegas del Orinoco)
<i>Llanos Suroccidentales (Llanos de Apure)</i>
Sabanas arboladas (con “matas”, parcialmente inundables)
Sabanas arbustivas y/o con “matas”.
Sabanas abiertas, inundables (con <i>Copernicia</i> , “Esteros de Camaguán”)
Sabanas abiertas, inundables, con <i>Paspallum fasciculatum</i> (“gamelotales”)
Sabanas abiertas inundables (“bancos”, “bajios” y “esteros” del alto Apure)
Sabanas abiertas inundables, de la planicie eólica Arauca-Cinaruro (“medanos de Apure”)
Sabanas abiertas no inundables
<i>Depresión de Unare</i>
Sabanas arbustivas y/o con “matas”
<i>Mesas Orientales</i>
Sabanas abiertas, no inundables
<i>Llanos Orientales (“Llanos de Monagas”)</i>
Sabanas abiertas, no inundables
Sabanas arbustivas, no inundables

dería extensiva que se mueve migrando desde y hacia las diferentes zonas de acuerdo a la aparición del pastizal verde el cual es “ayudado” mediante la quema periódica de la sabana.

Esta ciclicidad climática acompañada de las extensas inundaciones de las áreas más bajas produce una dinámica ecológica de gran importancia (Fig. IV.11) la cual se traduce en la garantía del desarrollo de la vida y su producción para beneficio de la fauna silvestre y del hombre (López-Hernández *et al.*, 1986 a y b; Machado-Allison, 1984, 1992, 2005).

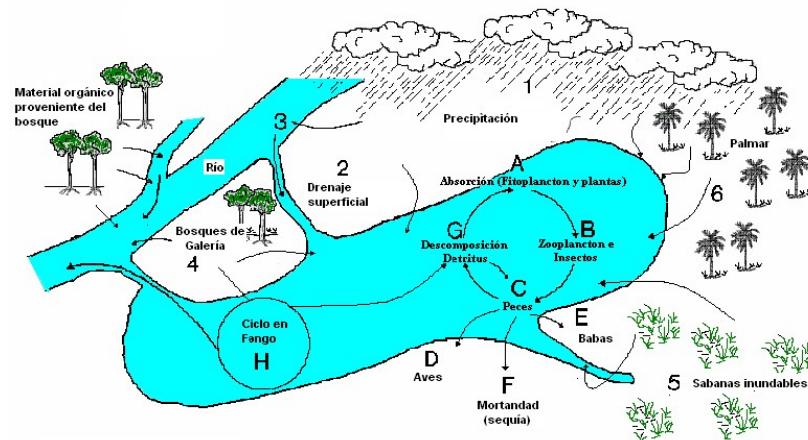


Figura IV.11. Patrones y procesos dentro de la dinámica ecológica y fases climáticas (lluvia-sequía en las sabanas inundables. 1. Precipitación abundante; 2. Drenaje superficial en la sabana; 3 entrada de agua proveniente de la subida de caudal en los ríos; 4. Derenaje y acceso a bosques de galería y palmares transportando sedimentos y material orgánico hacia zonas de cubeta (esteros). 5 y 6. Procesos biológicos (alimentación y reproducción) de la fauna terrestre aprovechando la vida acuática en la sabana y bosques inundados. Ciclos biogeoquímicos se producen en el cuerpo acuático y en el fango transportando y modificando el material orgánico y transfiriendo éste a través de la cadena trófica. Este aporte orgánico es devuelto a los canales principales del río durante la bajada de aguas o aprovechado por la fauna terrestre durante la sequía. (**Fuente:** Machado-Allison 2005. Fig. 27).

Como hemos anotado anteriormente, asociado a estas sabanas y generalmente bordeando los ríos se encuentran *bosques de galería* bastante densos y diversos (Beard, 1955a, 1955b), con árboles de gran porte como por ejemplo: el “aceite” (*Copaifera officinalis*), el “abey” (*Jacaranda obtusifolia*), el “cañafistolo” (*Cassia moschata*) que al igual que los “morichales” son refugio de una gran diversidad de fauna terrestre (Aymard y González-B, 2007; Machado-Allison 2005).



Figura IV.12. Distribución principal de las comunidades de morichal en Venezuela.
Modificado de Fernández, (2007).

En otras zonas bajas y generalmente asociado a suelos arenosos se abren manantiales de aguas muy claras u oscuras (muy transparentes), ácidas y generalmente más frías que otros cuerpos de agua. En estos se desarrolla una comunidad de la “palma moriche” *Mauritia flexuosa* formando los llamados “morichales” de los llanos de amplia distribución en los llanos centrales y orientales de Venezuela (Fig. IV.12).

Estas comunidades son sumamente importantes tanto desde el punto de vista biológico, como desde el punto de vista de recursos (Aristeguieta, 1968b). La palma ha sido utilizada por milenios por las comunidades indígenas y criollos que la usan para construcción, cestería y alimento. La fauna terrestre la utiliza como fuente permanente de agua, refugio y alimento, y dado esto, los morichales albergan una fauna acuática y terrestre muy importante; sólo en cuanto a peces podemos indicar el registro de cerca de 400 especies (Machado-Allison *et al.*, 2013), muchas de ellas de importancia como recurso económico valioso. Esta gran diversidad es debida al aporte de materia orgánica 57% proveniente de la comunidad vegetal (material alóctono) en la forma de invertebrados (hormigas, arañas, insectos voladores, etc.), abundantes frutos y semillas de las plantas que componen la comunidad vegetal (Fig. IV.13), (Marrero *et al.*, 1997).

1.2 Los bosques y su servicio (Fig. IV.14).

Hemos indicado anteriormente algunos de los servicios ambientales prestados por las comunidades vegetales en cuenta a garantizar procesos y ciclos biológicos, refugios, cambios en el clima, ciclo del oxígeno, formación, protección y conservación de suelos y muchos otros. En este sentido estas formaciones, además del desarrollo de su propio ambiente y de su material orgánico (plantas), garantizan la vida de animales silvestres y estos a su vez proveen al sistema de mecanismos que generan su propia formación. Tal es el caso de la dispersión de semillas por animales, la protección de las plantas por hormigas, la polinización de flores, etc. Por otro lado, dependiendo de la

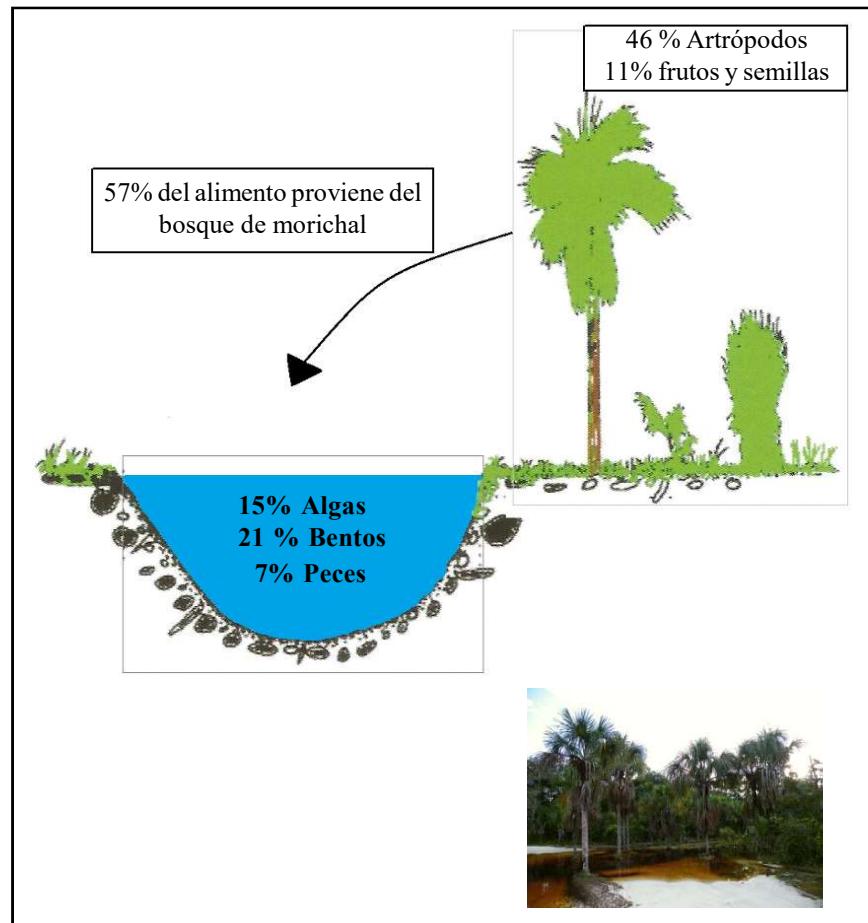


Figura IV.13. Aporte porcentual de material alóctono y autóctono a la red trófica acuática. (Fuente: Marrero *et al* 1997. Foto: Rodrigo Bernal, Río Negro).

dominancia de las especies en cada uno de ellos podemos tener beneficios directos producto de la explotación de los recursos que proveen, esto es el caso de bosques donde las plantas leñosas tienen importancia comercial para la construcción y vivienda, otras importante en la producción de frutos y semillas para alimento animal y humano, producción de “harinas” “jaleas” etc. (Gutiérrez, 2006), o como ornato en ciudades (avenidas y parques) Tabla IV.2. Además, de considerar numerosas especies de orquídeas, bromelias y plantas florales de gran valor comercial fuente importante de los “viveros”.

Por otro lado, se ha acuñado la idea que el valor se encuentra incrementado dado la posibilidad de muchas especies con potencial biomédico y farmacológico como el aceite extraído de la “palma de seje” (*Oenocarpus bataua*) al cual se le ha comprobado capacidad de ser un vasodilatador bronquial eficiente para el tratamiento de la tos y el asma. Otra especie muy conocida desde tiempos remotos es el llamado “palo de arco” (*Tabebuia impectinosa*) con actividad antibiótica y fungicida, efectivo hasta para el tratamiento de



Figura IV.14. Servicios ambientales. Algunas relaciones alimentarias entre, humanos, la fauna silvestre potencial medicinal y los bosques de moriche.

Tabla IV.2. Plantas comunes utilizables.

Nombre común	Especie	Construcción	Alimento	Ornato y Vivienda
aceite	<i>Copaisera officinalis</i>	X		
albarico	<i>Astrocadium jauari</i>			X
araguaney	<i>Tabebuia chrysantha</i>	X		X
apamate	<i>Tabebuia pentaphyla</i>	X		X
bucare	<i>Erythrina spp</i>	X		X
caobo	<i>Swietenia macrophylla</i>	X		X
cañafistolo	<i>Cassia moschata</i>		X	X
caro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>		X	X
cedro	<i>Cedrela spp</i>	X		
ceiba	<i>Ceiba petandra</i>	X		X
chaguaramo	<i>Roystonea oleracea</i>			X
cubarro	<i>Bactris spp</i>	X	X	
guama	<i>Campsandra angustifolia</i>		X	
guama	<i>Inga spp</i>		X	
jabillo	<i>Hura crepitans</i>	X		X
jobo	<i>Spondias mombin</i>		X	
macanilla	<i>Bactris major</i>	X		
mamón	<i>Melicocca bijuga</i>		X	
manaca	<i>Euterpe oleraceae</i>	X	X	
mangles	<i>Rhizophora spp</i>	X		
merey	<i>Anacardium occidentale</i>		X	
mijao	<i>Anacardium excelsum</i>	X		
moriche	<i>Mauritia flexuosa</i>	X	X	X
moriche macho	<i>Mauritiella aculeata</i>	X	X	
mucuteno	<i>Cassia spectabilis</i>			X
pardillo	<i>Cordia thaisana</i>	X		
palmito	<i>Euterpe precatoria</i>		X	X
pijiguao	<i>Bactris gasipaes</i>		X	
samán	<i>Samanea saman</i>	X		X

Fuente: elaboración propia

infecciones parasitarias como la schistosomiasis y la “Rosa de Montaña” (*Brownea microphylla*) es conocida desde la colonia para el tratamiento de diarreas, disentería y hemorragias en post-parturientas. Además de las especies mencionadas cuya notoriedad traspasa el conocimiento científico nacional, para también procurarse un espacio en el desarrollo cultural y mítico venezolano y regional, existen muchas otras en forma de hierbas, arbustos y árboles que son ampliamente conocidos en la farmacopea latinoamericana: zábila, cayena, llantén, laurel, frailejón, mejorana, orégano, cañafistola, cariaquito, guácimo, cola de caballo, etc. (Rosales-Duno, 2016).

2 La Fauna Silvestre como recurso natural

El conjunto de animales que habitan una región, sin que el hombre los haya introducido, sino que ellos han poblado desde tiempos remotos, constituyen la **fauna silvestre**, y cuando estos tienen importancia para las diversas actividades humanas (alimento, ornato, medicinal, mítico, cinegético, escénico y doméstico) entonces estos elementos orgánicos se convierten en **recursos faunísticos** aprovechables (Tabla IV.3). Así, de ella se puede obtener carne, huevos, miel (alimento); pieles y plumas (vestido); colorido, canto plumaje (disfrute y ornato), potencial farmacológico, medicinas (salud), control de plagas (ecología y agricultura), y muchos otros servicios ambientales y domésticos.

El canto de las aves y anfibios, el correr de los venados y chigüires, el avistamiento de ardillas, jaguares, cunaguaro, babas, las bandadas de corocoras, garzones, patos, flamencos, pericos y guacamayas, la observación de perezas sobre yagrumos, las colonias de hormigas, incluyendo aquellas formas repulsivas o de amenaza como arañas, avispas, alacranes, serpientes, todo ello forma un conjunto armónico (paisaje) que enriquece la vida espiritual del hombre. Por otro lado, como hemos indicado en secciones anteriores, existe una relación íntima entre el recurso bosque y los animales que ahí viven, refugio, alimento, reproducción y otras actividades biológicas de protocolooperación entre ellos (polinización, dispersión y germinación de semillas), protección contra depredadores, etc. (Contreras, 1977; Ojasti, 1986; Machado-Allison, 1997).

La fauna silvestre por lo tanto representa un recurso aprovechable y esta posee ciertos valores tomando en cuenta las características propias de cada especie. Debido a que son seres vivientes y sus poblaciones y especies son producto de un proceso evolutivo milenario, estas tienen desde el punto de vista ético, un **valor intrínseco** absoluto y el derecho a la vida. Por otro lado, el sistema de valoración que maneja la sociedad humana se fun-

Tabla 3. Fauna silvestre usualmente aprovechada (alimento) en Venezuela.

N. Común	N. Científico	N. Común	N. Científico
baba	<i>Caiman crocodylus</i>	paujies	<i>Pauxi pauxi</i> ,
cachicamos	<i>Dasyurus spp</i>		<i>Crax spp</i>
caimán	<i>Crocodylus intermedius</i>	pavas	<i>Penelope spp.</i>
conejo	<i>Sylvilagus spp.</i>	perdiz	<i>Odontophorus spp.*</i>
cuspón	<i>Priodontes maximus</i>	picure	<i>Dasyprocta spp.*</i>
chigüire	<i>Hydrocheris hydrachoeris</i>	terecay	<i>Podocnemis unifilis</i>
danta	<i>Tapirus terrestris</i>	tonina del	
galápagos	<i>Podocnemis voglii</i>	Orinoco	<i>Inia geofrensis</i>
guacharaca	<i>Ortalis spp.</i>	tortuga	<i>Podocnemis expansa</i>
iguana	<i>Iguana iguana</i>	tortuga carey	<i>Eretmochelys imbricata</i>
lapas	<i>Cuniculus paca</i>	tortuga cardón	<i>Dermochelys coriacea</i>
manatí	<i>Trichechus manatus</i>	venados	<i>Odocoileus spp.*</i>
morrocoy	<i>Geochelone carbonara</i>		<i>Mazama spp.*</i>
patos	<i>Cairina moschata</i> , <i>Dendrocygma spp.*</i>		

(*) spp (varias especies)

damenta en el aporte o utilidad de las cosas para el hombre, es decir un **valor tangible** o **económico** (visión antropocéntrica del mundo); de este último se derivan los: **valores de mercado**, **valores por consumo**, **valor comercial**, **valor cinegético**, todos los cuales deben ser considerados para garantizar que el recurso sea sostenible en el tiempo (Ojasti, 2000). Así en medio de las contradicciones entre el pasado y presente surgió a principios del siglo XX la disciplina del **Manejo de Fauna Silvestre** y más recientemente se han acuñado palabras (ecocentrismo o biocentrismo) que definen visiones diferentes sobre los recursos naturales y la justicia, para afrontar con un enfoque más ecológico y pragmático el cuidado, conservación y uso de la fauna silvestre como un recurso de alta demanda recreacional, cinegética o de sostenimiento de poblaciones rurales, dentro de la sociedad industrial moderna tomando en cuenta que la **conservación** consiste en el uso prudente de los recursos naturales (Ojasti, 2000, Machado-Allison, 2018).

2.1 Distribución

A diferencia de la discusión que se realizó en secciones anteriores sobre el origen y distribución de las formaciones vegetales, creemos importante discutir y apreciar el recurso *fauna silvestre* asociado a estas. No sólo, por

alcanzar un objetivo pedagógico o de conocimiento más sencillo, sino hacer énfasis que ambos conforman una unidad biótica, son componentes inseparables del “paisaje” y su manejo, control, “explotación”, debe considerar ambos componentes. Sin embargo, la diversidad relativa de la fauna a *grosso modo* en Venezuela se puede esquematizar (Fig. IV.15) donde las áreas prístinas al sur del Orinoco con bosques pluviales densos poseen una mayor diversidad, le siguen las áreas de bosques húmedos y nublados de las serranías y cordilleras, los llanos y finalmente las zonas desérticas y de espinares costeros.

2.2 Fauna en los bosques pluviales y de neblina (Fig. IV.16).

En los bosques pluviales y de neblina se encuentra comúnmente una gran diversidad de elementos faunísticos dada la riqueza de alimento, refugio y protección; acá, dependiendo su altitud, es frecuente encontrar los grandes mamíferos como araguatos (*Alouatta seniculus*), báquiros (*Tayassu tajacu*), dantas (*Tapirus terrestris*), jaguares (*Panthera onca*), lapas (*Cuniculus paca*), marmosas (*Marmosa murina*), monos (*Ateles*, *Cebus*, *Saimiri*, *Aotus*, *Saginus*), osos hormiguero (*Myrmecophaga tridactyla*), perezas (*Bradypus variegatus*), tigres (*Felis spp*), venados (*Odocoileus spp*, *Mazama*, spp), así como también una gran variedad de murciélagos (Chiroptera), pequeños roedores (Rodentia), anfibios (ranas y sapos), una pléyade de aves como: águila harpia (*Harpia harpyja*), atrapamoscas (*Conopias spp*, *Myiozetetes spp*, *Myiodynastes spp*), carpin-



Figura IV.15. Diversidad de fauna



A



B



C

Figura IV. 16. Algunos ejemplos de recursos silvestres. A. Danta (*Tapirus terrestris*); B. Perro de agua (*Pteronura brasiliensis*); y C. Lapa (*Cuniculus paca*). (Fotos A. Blanco-Dávila y E. Boede).

teros (*Celeus* spp., *Piculus* spp., *Melanerpes* spp.), guacamayas (*Ara* spp.), halcones (*Micrastur* spp.), loros y pericos (*Amazona* spp., *Aratinga* spp., *Forpus*, sp., *Brotogeris* spp., *Pionopsitta* spp.), paujies (*Cranx* spp.), pavas (*Penelope* spp.), tucanes (*Ramphastos* spp.), turpiales (*Icterus* spp.), reptiles (lagartos y lagartijas, serpientes, morrocoyes) donde destacan las serpientes venenosas como las mapanares (*Bothrops* spp.), corales (*Micrurus* spp.) y cuaimas (*Lachesis muta*) en armonía con miles de insectos: Diptera (moscas y mosquitos), Coleoptera (escarabajos), Odonata (caballitos del diablo), Lepidoptera (mariposas), Arachnida y Scorpionida (arañas y escorpiones), donde destacan las mariquitas, arlequines (Coleoptera) y morfos (Lepidoptera) de exuberante colorido y forma, que matizan de ricos colores el intenso verde de la vegetación, mientras que muchos otros animales se mimetizan con hojas y ramas y sólo la observación continua o el ojo del experto puede ubicarlos. La relaciones tróficas desde los herbívoros como los artiodáctilos (venados) hasta los degradadores de materia orgánica como lombrices de tierra es altamente compleja formando redes y compartimentos (nichos) ecológicos abundantes. Debido a esto, modificaciones que afecten el equilibrio entre los componentes (flora y fauna) traerá como consecuencia la degradación del sistema como un todo.

2.3 La fauna en Sabanas y bosques deciduos de los Llanos (Fig. IV.17)

Aunque menos diverso que lo encontrado en los bosques húmedos, la fauna de los llanos posiblemente es la mejor conocida dada su importancia como recurso. Ésta, ha sido explotada (plumajes, piel, alimento) tanto por nuestros pobladores originarios como por el poblamiento posterior a la colonia. Una de sus peculiaridades es la importancia de animales que explotan tanto el ecosistema terrestre como el acuático. En este último destacan aves asociadas a cuerpos de agua como las corocoras (*Eudocimus* spp.), cotuas (*Phalacrocorax olivaceous*) garzas (*Ardea cocoi*, *Egretta thula*), garzón soldado o jaribú y el gabán (*Jaribu mycteria* y *Mycteria americana*), la garza paleta (*Ajaia ajaja*), patos (*Anas* spp.), gavilanes, halcones y caricares (*Buteo* spp., *Falco* spp., *Milvago chimachima*), reptiles como las babas (*Caiman crocodylus*) y el caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*), tortuga del Orinoco (*Podocnemis expansa*), terecayes y galápagos (*Podocnemis* spp.), matos de agua (*Tupinambis nigropunctatus*) culebras de agua o anaconda (*Eunectes murinus*), crustáceos como los camarones (*Macrobrachium* spp.) y moluscos como el caracol gigante de los llanos (*Pomacea urceus*) mamíferos como los perros de agua (*Pteronura brasiliensis*), zorro cangrejero (*Proscion cancrivorus*), chigüire (*H. hydrochaeris*), toninas (*Inia geofrensis*) ampliamente cazados y explota-

dos para obtención de carne, pieles y plumas que formaron parte de las exportaciones más importantes en el periodo colonial y que han llevado a muchas de estas especies a estar en peligro de desaparecer por lo que hoy día están protegidas por normas y leyes especiales. Asociados a las sabanas y bosques deciduos y de galería, se encuentran animales típicos como las iguanas (*I. iguana*), araguatos (*A. seniculus*), venados (*Odocoileus* y *Mazama*), cachicamos (*Dasyurus novencinctus*), morrocoyes (*Geochelone carbonara*), báquiros (*T. tajacu*), osos hormigueros (*M. trydactila*), rey zamuro (*Sarcoramphus papa*) y cunaguaros (*Felis spp.*) mezclados con reptiles como las serpientes cazadoras tragavenados (*Boa constrictor*) y cascabeles (*Crotalus spp.*). En las áreas de bosques de galería es frecuente encontrar los nidos de las babas y caimanes. Las playas son usadas para la construcción de nidos de las tortugas, terecayes y galápagos, estableciéndose una dinámica de vida entre los sistemas terrestres y acuáticos donde los límites varían frecuentemente influenciados por las fases climáticas (lluvia-sequía) como explicamos en secciones anteriores (Machado-Allison, 2005).

Las áreas acuáticas formadas por ríos, lagunas, caños y esteros son albergue de una muy rica fauna acuática principalmente formada por numerosas especies de peces continentales muchos de ellos de importancia como recurso alimenticio (Fig. IV.18). Cerca de 400 especies habitan regularmente estas aguas (Lasso *et al* 2004; Machado-Allison *et al*, 2005, 2010). Muchas especies logran cumplir su ciclo de vida gracias a la inundación de las sabanas ricas en material orgánico que al quedar sumergido se descompone dando oportunidad a una explosiva formación de la llamada **productividad primaria** que marca el inicio de la complejidad trófica en estos ambientes. Sin embargo, cómo ha sido planteado la mayor importancia radica en el material orgánico asociado al fango de lagunas caños y esteros que es incorporado por los peces detritívoros e iliófagos como los bochachico (Curimatidae), coporos y sapoaras (Prochilodontidae), y curitos (Callichthyidae) (Machado-Allison, 2005). Juveniles de peces de importancia comercial como los bocachicos (*Curimata spp.*), cachamas (*Colossoma macropomum*), coporos (*Prochilodus mariae*), morocotos (*Piaractus orinoensis*), palambras (*Brycon spp.*), palometas (*Mylossoma duriventris*), sapoaras (*Semaprochilodus laticeps*); bagres como los cajaros (*Phractocephalus hemiliopterus*), rayaos (*Pseudoplatystoma spp.*), valentones y laulaus (*Brachyplatystoma spp.*), curitos (*Hoplosternum littorale*) otros peces como las pavonas (*Astronotus sp.*) y curbinatas (*Plagioscion sp.*) cumplen con parte de su ciclo en estas aguas y posteriormente pasan al canal principal de los ríos donde completan su desarrollo. Por tal razón es necesario

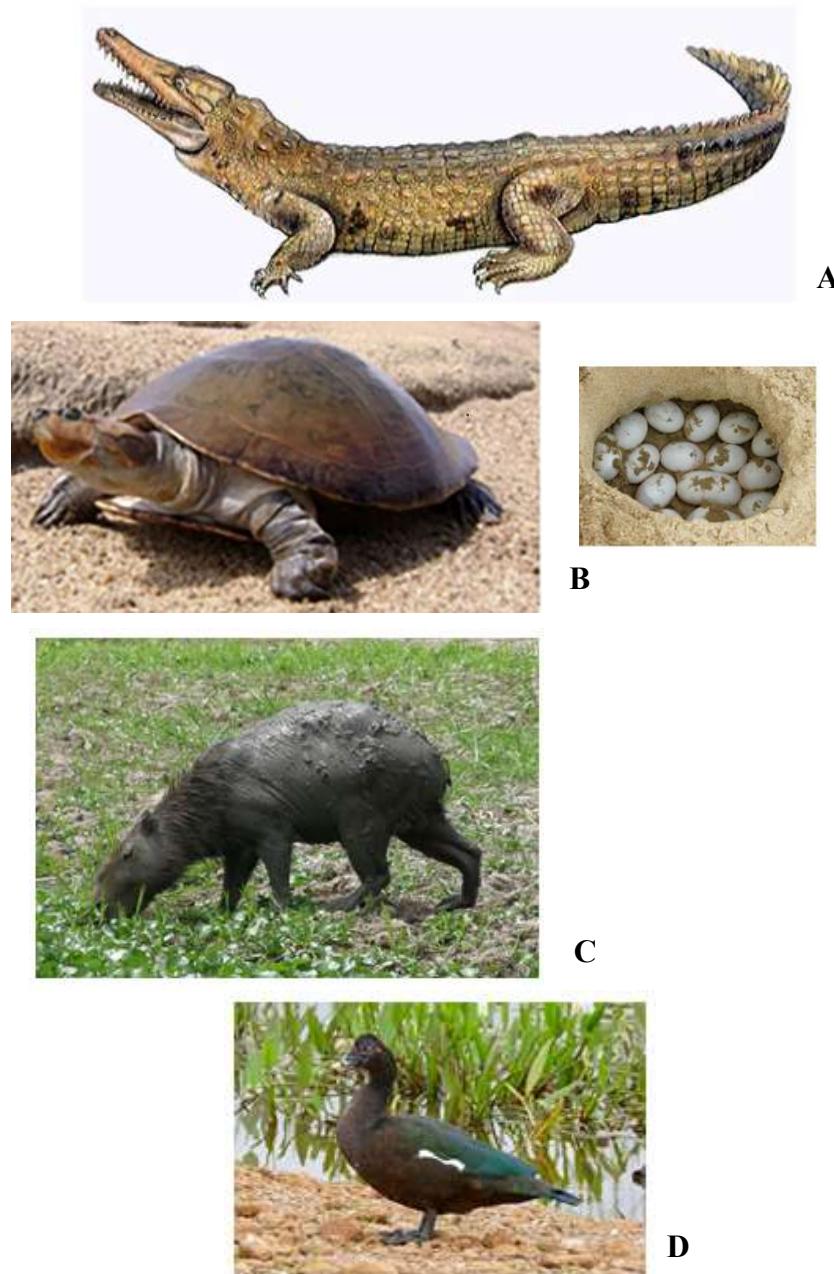


Figura IV. 17. Caiman del Orinoco (*Crocodylus intermedius*); **B.** Tortuga arrau= (*Podocnemis espansa*); **C.** Chiguire (*Hydrochoerus hydrochaeris*); Pato Real= (*Cairina moschata*). (Fotos A. Mata y FUDECI).



A



B



C



D

Figura IV. 18. Algunos peces comunes en el llano de Venezuela. A. Bagre cunaguardo== (*Brachyplatystoma juruense*); B. Cajaro (*Phractocephalus hemiolopterus*); C.== Coporo (*Prochilodus mariae*); y D. Caribe colorado (*Pygocentrus cariba*). (Dibujos: Roberto Dela Fuente. Fotos: B. Chernoff e I. Mikolji).

evitar el taponamiento de los caños, represamiento de aguas arriba y la contaminación por insecticidas agrícolas.

2.4 Fauna en los Bosques de mangle.

Estas comunidades ubicadas en las zonas costeras de Venezuela tienen gran importancia en el desarrollo de una fauna particular mixta de recursos terrestres y acuáticos marinos. Se destacan grupos animales como los crustáceos (cangrejos y jaibas), aves como las corocoras (*Eudocimus spp*), pelícanos (*Pelecanus occidentalis*), fragatas o tijeretas (*Fregata magnificens*) gaviotas (*Laurus spp.*, *Sterna sp.*), playeros (*Arenaria sp.* y *Calidris sp.*) y muchas otras aves “de paso” que en sus rutas migratorias hacia el Sur disfrutan un descanso y se proveen de alimento en estas áreas. La fauna marina garantiza su refugio y alimento en sus formas juveniles, muchas de ellas componentes del recurso pesquero como las lisas y lebranches (*Mugil spp*), bagres (Ariidae), mojarras (Gerreidae), corocoros (Podadasyidae), curbinas y roncadores (Sciaenidae) y en sus raíces proliferan los moluscos bivalvos como las ostras (*Crassostrea spp*) y una amplia riqueza de caracoles endémicos del sur del Caribe.

2.5 Bosques inundables o de rebalse del Orinoco

Son comunidades importantes pertenecientes generalmente a dos tipos de formaciones discutidas anteriormente: Bosques pluviales y Bosques de aguas negras. En ambos la fauna terrestre es muy parecida a la descrita para los bosques pluviales incluyendo los grandes mamíferos como las dantas, tigres, monos, etc. Sin embargo, estos bosques en ciertos periodos del año se inundan permitiendo que una fauna acuática explote toda la riqueza orgánica acumulada en el suelo y de las hojas y frutos que quedan sumergidos en el agua. Acá peces de importancia comercial como las cachamas (*Colossoma macropomum*), morocotos (*Piaractus orinoquensis*), palambras (*Brycon spp*), pavones (*Cichla spp*), cajaros (*Phractocephalus hemiliopterus*), sapoaras (*Semaprochilodus laticeps*), bocachicos (*Semaprochilodus kneri*) penetran estas zonas logrando abundante alimento (Fig.16).

También en estas áreas se encuentran numerosas especies de importancia ornamental altamente valiosa. Más de un centenar de especies incluyendo: hachitas (Gasteropelecidae), bobitas, cardenales, caribes, neones, palometas, peces cristal (Characidae), lápices (Lebiasinidae), convictos, mochorocas y peces ángel (Cichlidae), peces hoja (Nandidae), mijes (Anostomidae), peces eléctricos (Gymnotiformes), bagres sierra (Doradidae), bagres sapo (Auchenipteridae), guitarrillas (Aspredinidae), coridoras

(Callichthyidae), corronchos y panaques (Loricariidae) forman parte de esta ictiofauna común en estos bosques inundados y sus lagunas de rebalse.

2.6 Morichales

Numerosos autores Antonio y Lasso, (2006), González (1987), Machado-Allison (1987, 2005); Ojasti (1987), Pérez-Hernández (1983) Marrero *et al.*, (1997) y más recientemente un libro integrador llamado *Morichales y Cananguchales en la Oronoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela* Lasso, Rial y González, eds (2013) han mostrado la importancia biológica (alimentaria, refugio, etc.) que estos sistemas poseen. Numerosas especies de peces, macroinvertebrados (cangrejos y camarones) y plantas acuáticas de gran belleza ornamental, pueblan sus aguas. Machado *et al.* (2013) reporta cerca de 400 especies de peces para morichales de Venezuela. Además, estos sitios (similares a Oasis) en las sabanas, actúan como refugio temporal o permanente de especies de insectos, aves, reptiles, anfibios y mamíferos, que junto con el bosque conforman una comunidad altitudinal y horizontal altamente compleja con diferentes hábitats y microclimas de interacción entre el medio acuático y terrestre. Por ejemplo ya anotamos que la alimentación de los peces y otros organismos acuáticos dependen en aproximadamente un 60% del material orgánico producido en el bosque que rodea al agua (Fig. IV.13).

La importancia utilitaria para beneficio humano es notable; desde obtener agua limpia de alta calidad para el consumo doméstico, plantas que le sirven para la obtención de fibra para fabricación de techos, muebles, cestería, chinchorros, etc., frutos comestibles tanto para el hombre como para los animales domésticos y silvestres (Fig. IV.14), y sitios de gran belleza escénica que le aportan medios de esparcimiento. Marrero *et al.*, (1997) y más recientemente Lasso *et al.*, (2013) muestran datos de investigaciones en morichales de Colombia y Venezuela que indican los servicios ecosistémicos prestados por estas comunidades. Más aún, muestran la relación de los mismos con el desarrollo de muchas etnias que habitan esas áreas, sus creencias y mitos y la sobrevivencia de las mismas a lo largo de la historia del continente. Dada su importancia ecológica, económica, escénica y cultural, unido a la fragilidad ambiental que ellos poseen, nos permite sugerir que estos ecosistemas deben ser protegidos. Su distribución en sitios de alta vulnerabilidad (p.e. áreas petroleras) nos indica que los morichales pueden ser sometidos a altas presiones ambientales que seguramente los impactarán. Evidencia de esto es el reciente derrame ocurrido en el río Guarapiche en Venezuela donde miles de barriles de petróleo entraron al río causando una vasta destrucción del mismo y contaminando el agua potable usada por las poblaciones locales.

3 La fauna y flora en los grandes ríos de la cuenca del río Orinoco

Venezuela desde el punto de vista de su hidrografía continental posee 5 grandes cuencas: Maracaibo, Caribe, Cuyuní, Casiquiare-Río Negro y la inmensa cuenca del Orinoco que cubre cerca de las $\frac{3}{4}$ partes del país (Fig. IV.19). En esta vasta zona geográfica tienen su asiento la mayoría de las formaciones y comunidades vegetales y animales del país, desde las zonas semidesérticas de los médanos en Apure, las comunidades de frailejones en la altitud de los páramos, los bosques deciduos y semideciduos, espinares del piedemonte de la cordillera andina, central y los Altos Llanos, los bosques húmedos, de neblina y pluviales al norte y sur del país, las comunidades especiales tepuyanas, las comunidades de elementos acuáticos que presentes en lagunas alto-andinas, cascadas y rápidos de los ríos de Guayana y del piedemonte de las cordilleras, en las sabanas y bosques inundables y la inmensa variedad de especies que pueblan los canales centrales de nuestros grandes ríos. El Orinoco actúa como el elemento físico integrador (y conector) de todos estos ambientes y por ello su gran importancia bio-ecológica.

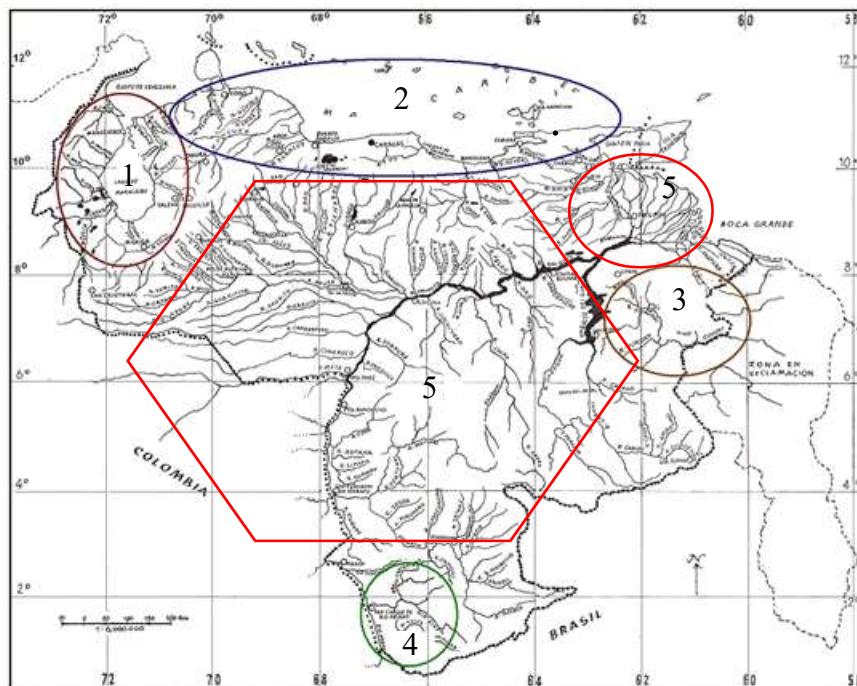


Figura IV. 19. Cuencas hidrográficas de Venezuela: 1. Maracaibo; 2. Caribe; 3. Cuyuní; 4. Casiquiare-Río Negro; 5. Orinoco y Delta.

Hemos anotado en secciones anteriores la importancia de los bosques, la flora y la fauna que los caracteriza y sus servicios ambientales. En esta sección nos dedicaremos a resumir la importancia de la fauna acuática asociada a las aguas de la cuenca del Orinoco y su importancia. Lasso *et al* (2004a y b), Machado-Allison (2005, 2013) y Machado-Allison y Bottini (2010) muestran la importancia en cuanto a diversidad y como recurso natural renovable de los peces de aguas continentales y las amenazas sobre el recurso.

Más de 1000 especies de peces viven en los numerosos y heterogéneos cursos de agua (lóticos y lenticos) de Venezuela. En estos están incluidos los grandes bagres como los valentones, laulaos, dorados, cajarios, paletos, doncellas (Pimelodidae), las sierras (Doradidae), hasta los corronchos, panaques y curitos (Loricariidae y Callichthyidae) utilizados en la alimentación regional y nacional (Tabla IV.4). También se encuentran aquellos peces conocidos del folcklore nacional como los bocachicos, cachamas, coporos, morocotos, palometas, payaras, sapoaras, otros dadas sus peculiaridades conocidas desde la colonia como elementos peligrosos por ser capaces de causar accidentes a los humanos como las rayas (Fam. Potamotrygonidae), los caribes o pirañas (*Serrasalmus* spp, *Pygocentrus cariba*), y los tembladores (*Electrophorus electricus*). Unido a estos grupos, hay cientos de especies que poseen importancia como mascotas (ornamental), de un gran potencial económico aún no plenamente explotado en nuestro país (Tabla IV.5). En conjunto con especies de anfibios, aves, reptiles y mamíferos acuáticos que han sido citados anteriormente, es importante hacer notar, que en las mismas áreas habitan numerosas especies endémicas o únicas en el mundo y algunas de ellas están citadas en el Libro Rojo en la condición de especies amenazadas.

4 Modificación o alteración de los ambientes naturales, el equilibrio ecológico y la sostenibilidad.

Dada la consideración que los bosques y la fauna forman parte de los recursos naturales que posee el país y los cuales pueden ser explotados, es necesario indicar algunas normas o restricciones para que el mismo provea sus recursos en el tiempo lo que quiere decir que sea sustentable. Para lograrlo es necesario mantener un equilibrio entre la importancia (o necesidad) económica, la social y la bioecológica. Las primeras dos tienen que ver con su valor y uso para la sociedad, la última, nos provee de la información sobre su papel en el mantenimiento de la biota (biodiversidad) de un país, sus servicios ambientales (oxígeno, agua, protección del suelo, refugio fauna silvestre, etc). La eliminación de los bosques, para dar lugar a otras actividades económicas es un síntoma de que no hay manejo (Dourojeanni, 1987).

Tabla IV.4. Especies comunes reportadas en las pesquerías continentales de Venezuela.

Rayas		Peces de Escama
Pintada	<i>Potamotrygon</i> spp.	Aimara <i>Hoplias aimara</i>
Manta	<i>Paratrygon</i> sp	Arenca ² <i>Triportheus venezuelensis</i>
Bagres		Bocachico ³ <i>Semaprochilodus kneri</i>
Amarillo	<i>Zungaro zungaro</i>	Bocón ¹ <i>Brycon</i> sp.
Banderillo	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	Boquímí ¹ <i>Brycon</i> sp.
Blanco pobre	<i>Brachyplatystoma vaillanti</i>	Cachama <i>Collossoma macropomum</i>
Cajaro	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	Cara e caballo <i>Geophagus</i> sp
Cunaguaro	<i>Brachyplatystoma juriense</i>	Cara de perro <i>Acestrorhynchus falcatus</i>
Curito	<i>Hoplosternum littorale</i>	Caribe ⁶ <i>Pygocentrus cariba</i>
Doncella	<i>Sorubimichthys planiceps</i>	Coporo <i>Prochilodus mariae</i>
Dorado	<i>Brachyplatystoma rousseaxi</i>	Curbinata <i>Plagioscion squamosissimus</i>
Guitarrilla	<i>Oxydoras sifontesi</i>	Guabina <i>Hoplias malabaricus</i>
Itoto	<i>Zungaro zungaro</i>	Manamana ⁵ <i>Anodus laticeps</i>
Jipi	<i>Brachyplatystoma platynema</i>	Mijes <i>Leporinus cf. friderici</i> y/o <i>Schizodon</i> sp.
Laulao	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	Morocoto <i>Piaractus orinoquensis</i>
Manto	<i>Brachyplatystoma juriense</i>	Palambra <i>Brycon whittei</i>
Maputite	<i>Calophysus macropterus</i>	Palometa <i>Mylossoma duriventre</i> y <i>M. aureum</i>
Matafrire	<i>Pseudoplatystoma metaense</i>	Pámpano <i>Myleus</i> sp.
Panaque	<i>Hypostomus</i> spp y <i>Aphanotorulus</i>	Payara <i>Hydrolicus tatauaia</i>
Rayao	<i>Pseudoplatystoma orinocense</i>	Picuas <i>Acestrorhynchus</i> spp.
Sapo	<i>Pseudopimelodus raninus</i>	Sapuara <i>Semaprochilodus laticeps</i>
Sierra	<i>Pterodoras rivasi</i>	Sardinata <i>Pellona castelneana</i> y <i>P. flavipinnis</i>
Tigre	<i>Platynematicthys notatus</i>	Tilapia ⁴ <i>Sarotherodon + Oreochromis</i>
Tongo	<i>Cephalosilurus apurensis</i>	Trucha ⁴ <i>Salmo gairdnerii + otras</i>
Toruno	<i>Paulicea luetkeni</i>	Viejas <i>Astronotus</i> sp y <i>Cichlasoma</i> spp.
Tumame	<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	
Valentón	<i>Brachyplatystoma vaillanti</i>	
Yaque	<i>Leiarius marmoratus</i>	

¹ Dos especies (*B. amazonicus* y *B. falcatus*); ² También *T. rotundatus*; ³ Si se trata del Lago de Maracaibo entonces es *Prochilodus reticulatus*; ⁴ Posiblemente se han introducido más de una especie; ⁵ Lago de Maracaibo; ⁶ Común el Caribe colorado (*P. cariba*), pero hay más de una especie explotada y reportada como por ejemplo el Caribe Blanco, Pinche o Mondonguero (*Serrasalmus rhombeus*).

Por otro lado y más reciente está lo indicado por McGinley (1998) para los bosques tropicales de América:

“Los bosques tropicales se han convertido en un área de fuerte interés en el escenario mundial debido a las continuas y altas tasas de deforestación en el trópico y al gran número de especies que se extingue, como resultado de la degradación y destrucción del bosque que puede significar la desaparición de re-

cursos biológicos potencialmente valiosos. Estos bosques están entre los ecosistemas más ricos del mundo en términos ecológicos, biológicos, económicos y sociales. Precisamente por el valor que poseen, están surgiendo distintos esfuerzos por revertir las tendencias de deforestación mediante la conservación, preservación y manejo sostenible.” (McGinley, 1998:1).

Por otro lado, Machado-Allison (1994, 2005) y posteriormente Machado *et al.* (2011) han llamado la atención sobre los factores antrópicos que están atentando contra la salud del sistema acuático en particular la cuenca del Orinoco: deforestación y represamiento con fines urbanos o agrícolas, contaminación doméstica, agrícola e industrial por efluentes, biocidas y sustancias químicas, “saneamiento de tierras” (relleno de zonas bajas inundables), minería y derrames de petróleo, otros hidrocarburos y metales pesados (mercurio), y la introducción de especies “exóticas” o “foráneas”.

Dadas las características e importancia biológica y económica que posee esta cuenca, es razonable indicar la necesidad de proveer de normas y regulaciones que impidan el deterioro de la cuenca como un todo. Así, en la primera década del siglo XXI se ha conformado un equipo multidisciplinario binacional (Colombia-Venezuela) que ha llamado la atención a nivel nacional regional y mundial sobre este importante tema de crucial importancia para el uso y manejo sostenible de la biodiversidad en la cuenca (Lasso *et al* 2010, 2011 2013 y 2014).

No podemos en este libro hacer una discusión exhaustiva sobre las mejores prácticas del manejo y conservación de un determinado bosque o ecosistema acuático. Cada bosque, río, laguna, etc. y cada especie en él, tiene sus peculiaridades que definirían esas prácticas. Sin embargo, valdría anotar unas que son aplicadas a cualquier manejo y conservación de una comunidad orgánica siguiendo las consideraciones y criterios de sustentabilidad (Fig. IV.20).

4.1 Protección general del ambiente donde se desarrolla la comunidad

El principal enemigo de una comunidad orgánica está representado por cambios en las condiciones ambientales donde se desarrolla. Cualquier cambio ya sea en las propiedades físicas, químicas y biológicas pueden transformar el equilibrio dinámico que ha costado milenarios de años en construirse. Aunque estos cambios pueden producirse en forma natural por catástrofes (vulcanismo p.e.) o cambios climáticos globales (cambio climático), los más

Tabla IV.5. Resumen de la importancia de los peces ornamentales como recurso natural.

Área: Llanos Las principales especies que pueden ser aprovechadas dadas su abundancia, rareza o valor comercial son: <i>Potamotrygon motoro</i> (raya), <i>Anostomus anostomus</i> (tuza), <i>Aphyocharax</i> spp (colaroja) <i>Cheirodon</i> spp, <i>Moenkhausia</i> spp, <i>Hemigrammus</i> spp (tetras), <i>Metynnis</i> spp (Silver dollar), <i>Mylossoma duriventre</i> (palometa), <i>Piaractus brachypomus</i> (juvenil, morocoto), <i>Pygocentrus cariba</i> (juvenil, caribe colorado), <i>Corydoras</i> spp (cochinito), <i>Ancistrus</i> spp, <i>Chaetostoma</i> spp, <i>Loricaria</i> spp, <i>Hypostomus</i> spp (corronchos, panaques, cholas), <i>Eigenmannia</i> spp (cuchillo de cristal), <i>Apterodonotus albifrons</i> (cuchillo fantasma), <i>Aequidens metae</i> (vieja), <i>Astronotus</i> sp (pavona, oscar), <i>Papiliochromis ramirese</i> (ramirense), <i>Heros severum</i> (convicto), <i>Mesonauta insignis</i> (bandera).
Área: Delta Las principales especies que pueden ser aprovechadas dadas su abundancia, rareza o valor comercial son: <i>Aphyocharax</i> spp (colaroja) <i>Cheirodon</i> spp, <i>Moenkhausia</i> spp, <i>Hemigrammus</i> spp (tetras), <i>Copella</i> spp, <i>Pyrhulina</i> spp (lápicos), <i>Bunocephalus amaurus</i> (banyo cat fish), <i>Tatia</i> sp (bagre), <i>Platydoras</i> sp (sierra), <i>Farlowella</i> spp (agujas), <i>Panaque</i> sp (panaque), <i>Metynnis</i> spp, <i>Myleus</i> spp (Silver dollars), <i>Piaractus brachypomus</i> (juvenil, morocoto), <i>Pygocentrus cariba</i> (juvenil, caribe colorado), <i>Polycentrus schomburgki</i> y <i>Monocirrhus poliacanthus</i> (peces hoja), <i>Satanoperca</i> spp (cara e caballo), <i>Heros severum</i> (convicto), <i>Mesonauta insignis</i> (bandera), <i>Acarichthys geayi</i> (vieja), <i>Apistogramma</i> spp (cíclido pigmeo), <i>Geophagus</i> spp (cara e caballo).
Área: Guayana Las principales especies que pueden ser aprovechadas dadas su abundancia, rareza o valor comercial son: <i>Anostomus</i> spp (tuzas, mijes), <i>Leporinus maculatus</i> (mije de puntos), <i>Acestrorhynchus</i> sp (cara é perro), <i>Aphyocharax</i> spp (cola roja, rabo é candela), <i>Bryconops</i> spp (saltadora), <i>Carnegiella</i> spp (hachita), <i>Hemigrammus rhodostomus</i> (nariz de borracho), <i>Hypseobrycon</i> spp, <i>Cheirodon</i> spp (tetras y neones), <i>Metynnis</i> spp, <i>Myleus</i> spp, <i>Mylossoma</i> spp (palometas o silver dollars), <i>Pristobrycon</i> spp (caribe morichalero), <i>Moenkhausia oligolepis</i> (sardinita), <i>Nannostomus</i> spp (lápicos), <i>Eigenmannia</i> spp (cuchillo de cristal), <i>Apterodonotus albifrons</i> (cuchillo fantasma), <i>Satanoperca</i> spp (cara e caballo), <i>Biotodoma</i> spp (cupidos), <i>Heros severum</i> (convicto), <i>Crenicichla</i> spp (matagueros), <i>Mesonauta insignis</i> (bandera), <i>Acarichthys geayi</i> (vieja), <i>Apistogramma</i> spp (cíclido pigmeo), <i>Geophagus</i> spp (cara e caballo), <i>Pterophyllum altum</i> (escalare).



Figura IV.20 Criterios de sustentabilidad.

frecuentes y de mayor daño han sido aquellos producidos por el hombre (tala, quema, deforestación, cambios en curso de ríos, contaminación, introducción de especies exóticas, entre muchas otras) que en muchas ocasiones fragmentan los ecosistemas eliminando gran parte de sus componentes físico-naturales.

4.2 Conocimiento de la biología de las especies a ser explotadas

Para garantizar un manejo y conservación adecuado de las especies en un hábitat determinado es necesario conocer su biología: reproducción, crecimiento, enfermedades y enemigos naturales, etc. Así como los datos poblacionales como abundancia relativa y densidad, tasa de reemplazo y otras. La extracción de los individuos más desarrollados (maderables en vegetación y adultos en fauna) deben contar con la garantía de ser reemplazados en el tiempo por elementos más jóvenes de forma tal de que los mismos puedan ser “cosechados” en el futuro. Por otro lado, si la importancia de las especies es tal que deben crearse “bosques artificiales” o sistemas complejos “agro-forestales”, o sistemas de domesticación y/o acuicultura (extensivos o intensivos) necesitamos de los datos anteriormente citados para obtener o garantizar el éxito de la empresa.

4.3 Conocimiento de la importancia biológica de las especies

Este aspecto tiene que ver con el rol o papel que juegan las especies en el mantenimiento de la comunidad como un todo. Cada especie posee una importancia relativa dada sus interrelaciones con otras especies de la comunidad o comunidades adyacentes. Especies que funcionan como refugio, alimento, protección de otras, el establecimiento de relaciones ecológicas mutuales (comensalismos, parásitismos, etc.) inclusive de soporte mecánico o sustento de otras especies por ejemplo la relaciones de árboles para el apoyo de bromelias, orquídeas y otras formas epífitas. El bosque como sustento de la fauna terrestre y acuática (Fig. IV.21) en el cual, existen especies que son únicas en un ambiente o área geográfica determinada (endémicas) cuya importancia y cuidado debe ser extremo. Finalmente, deben ser considerado un juicio de valores éticos, morales y sociales para establecer una justicia y protección equitativa de “los otros” y sus ambientes.



Figura IV.21. Cardumen de pavones (*Cichla orinocensis*) penetrando un bosque inundado o de reblase. (Foto I. Mikolji).

4.4 Zonas protectoras

Una modalidad establecida en muchos países es el de proteger ciertas áreas que poseen importancia tanto: 1) desde el punto de vista biótico como de potencial reserva genética; y 2) de utilidad para su explotación racional futura. Estas zonas se denominan genéricamente como Áreas bajo Régimen Especial (ABRAE) y fueron creadas a proposición del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Entre las primeras se encuentran los Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Refugios de Flora y Fauna como por ejemplo: PN “Canaima” (Bolívar), PN “Guatopo” (Miranda), PN “Henry Pittier” (Aragua), PN “Laguna de Tacarigua” (Miranda), PN “La Neblina” (Amazonas), Refugio de Fauna de “Cuare” (Falcón), Refugio de Peces “Caño Guaritico”, etc. En la segunda categoría se encuentra por ejemplo: las reservas forestales de Imataca (edo. Bolívar) y de Ticoporo (edo. Barinas). Por lo tanto, una de las garantías de tener representantes de especies (flora y fauna) importantes para el futuro, es garantizar su protección.

BIBLIOGRAFÍA

ANTONIO M E. y C LASSO

(2003) Los peces del río Morichal Largo, estados Monagas y Anzoátegui, Cuenca del río Orinoco, Venezuela. *Mem. Fund. La Salle Cienc. Nat.*, 156: 5-118.

BEARD J S.

(1955a) The classification of tropical American vegetation types. *Ecology*, 36(1):89-100.

(1955b) A note on gallery forests. *Ecology* 36(2): 339-340.

ARISTEGUIETA L

(1968a) El bosque caducifolio seco de los Llanos Altos Centrales. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.*, 27(113/114): 395-438.

(1968b) Consideraciones sobre la flora de los morichales llaneros al norte del Orinoco. *Acta Bot. Venez.*, 3(1-4): 19-38

AYMARD G y V GONZÁLEZ-BOSCÁN

(2007) Consideraciones generales sobre la composición florística y diversidad de los bosques de los llanos de Venezuela (59-72). En: Duno de Stefano, Aymard & Hubber (eds). *Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela*. Fudena, Fundación Empresas Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela “Tobias Lasser”. Caracas, Venezuela.

BLYDENSTEIN J

(1962) La sabana de *Trachypogon* del Alto Llano (Estudio ecológico de la región alrededor de Calabozo, Estado Guárico). *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.*, 23(102): 139-206.

CONTRERAS M H, L S JORDÁN y A G CORDERO V (EDS)

(1977) *Conservación de los recursos naturales renovables y el equilibrio ecológico en Venezuela.* (Curso Nacional). UCV, ULA, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Educación. Editorial Génesis, Caracas, Venezuela. 491 p.

DUNO DE STEFANO R, G AYMARD y O HUBBER (EDS)

(2007) *Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela.* Fudena, Fundación Empresas Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela “Tobias Lasser”. Caracas, Venezuela. 738p.

EWEL J y A MADRIZ

(1968) Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 1^a edición. Ministerio de Agricultura y Cría. Dirección de Investigación Caracas, 265 p. + 1 mapa 1:2.000.000.

FERGUSSON A

(1990) *El aprovechamiento de la fauna silvestre en Venezuela.* Cuadernos Lagoven 96p.

FERNÁNDEZA

(2007) Los morichales de los Llanos de Venezuela (91-98). En: Duno de Stefano, Aymard & Hubber (eds). *Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela.* Fudena, Fundación Empresas Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela “Tobias Lasser”. Caracas, Venezuela.

GONZÁLEZ-BOSCÁN V

(1987) *Los morichales de los llanos orientales. Un enfoque ecológico.* Ediciones Corpoven, Caracas. 60 p.

GONZÁLEZ-DUNO R

(2016) Algunas plantas medicinales y sus usos. http://www.ssalud.edocs/articulos/plantas_medicinales.pdf

GUTIÉRREZ E

(2006) Caracterización química de la harina de un fruto del amazonas (*Bactris gasipaes*) crudo y procesado. Trabajo de Grado USB, Sartenejas, Miranda. 47p.

HUBER O

(1986) *La Selva Nublada de Rancho Grande.* Parque Nacional “Henri Pittier”. Caracas, Venezuela.

(2013) Sabanas de los Llanos venezolanos (73-90). En: Stefano, Aymard & Hubber (eds). *Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela.* Fudena, Fundación Empresas Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela “Tobias Lasser”. Caracas, Venezuela.

HUBER O y CALARCÓN

(1988) Mapa de vegetación de Venezuela, con base en criterios fisiográfico-florísticos. 1:2.00.000. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. The Nature Conservancy, Caracas.

HUECK K

(1960) Mapa de la vegetación de la República de Venezuela. Bol. IFLA, 7: 3-15. + mapa 1:2.000.000.

JAHNA

(1908) *Las palmas de la flora venezolana*. Monografía Botánica. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 122 p.

(1921) Esbozo de las formaciones geológicas de Venezuela. Litografía del Comercio, Caracas, 234 p.

LASSO C, D LEW, D TAPHORN, C DO NACIMENTO, O LASSO, F PROVENZANO, y A MACHADO-ALLISON

(2004). Biodiversidad Ictícola Continental de Venezuela. Lista de Especies y Distribución por cuencas. *Mem. Fund. La Salle Ciens. Nat.*, 159-160: 105-195.

LASSO C A, J S USMA, F TRUJILLO y A RIAL (EDS)

(2010) *Biodiversidad de la Cuenca del Río Orinoco: Bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad*. Instituto A. Von Humboldt, Fund. Omacha, WWF, Fud. La Salle, Inst. Estudios de la Orinoquia (UNC), Bogotá Colombia. 609 p.

LASSO C A, A RIAL, C MATALLANA, J C SEÑARIS, A DÍAZ-PULIDO CORZO y A MACHADO-ALLISON (EDS)

(2011) *Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco. II. Áreas Prioritarias para la Conservación y Uso Sostenible*. Instituto A. Von Humboldt, Min. Ambiente y Vivienda, Fund. Omacha, WWF, Fud. La Salle, Inst. Estudios de la Orinoquia (UNC) Bogotá Colombia. 304 p.

LASSO C, A RIAL y V GONZÁLEZ

(2013) *VII. Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonía: Colombia-Venezuela*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 334 p.

LASSO C A, A RIAL, G COLONNELLO, A MACHADO-ALLISON y F TRUJILLO (EDS).

(2014). *XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia-Venezuela)*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, D.C., Colombia. 303 p.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ D, M NIÑO, L GARCÍA, M SOSA y F TOVAR

(1986a) Balance de elementos en una sabana inundable (Módulo Experimental de Mantecal) edo. Apure, Venezuela. Parte I Entradas y salidas de materiales. *Acta Cient. Venez.*, 37:174-181.

LÓPEZ-HERNÁNDEZ D, M NIÑO, L GARCÍA, M SOSA y F TOVAR

(1986b) Balance de elementos en una sabana inundable (Módulo Experimental de Mantecal) edo. Apure, Venezuela. Parte II. Balance de entradas y salidas. *Acta Cient. Venez.*, 37:182-184.

MACHADO-ALLISON A

- (1984) El llano y sus peces. *Boletín de Biología* (5), Cenamec, Caracas, 15 p.
(1987) *Los peces de los ríos Caris y Pao, Estado Anzoátegui: Clave ilustrada para su identificación*. Ediciones Corcovin, Caracas, 67 p.

MACHADO-ALLISON A

- (1992) Larval ecology of fish of the Orinoco basin. (Ch.3:45-59) En: *Reproductive biology in South American vertebrates*, W. Hamlett ed. Springer Verlag, N.Y.
(1994) Factors affecting fish communities in the flooded plains of Venezuela. *Acta Biol. Venez.*, 15(2):59-75.
(2005) *Los peces de los llanos de Venezuela: un ensayo sobre su historia natural*. Consejo Desarrollo Científico y Humanístico (UCV), Editorial Torino, 2005, Caracas, 222 p.
(2006) Recordando a Raquel Carson. Notas Académicas. *Bol. Acad. Cienc. Fis. Mat. y Nat.*, LXVI (1-2): 45-50.

MACHADO-ALLISON A

- (2013) Estado actual de la pesca continental en Venezuela: sus problemas y vinculación con la Seguridad Alimentaria y Desarrollo Sostenible. *Bol. Acad. C. Fís., Mat. y Nat.* LXXIII(2): 9-33.

MACHADO-ALLISON A y B BOTTINI

- (2010) Especies de la pesquería continental venezolana: un recurso natural en peligro. Nota Académica. *Bol. Acad. C. Fís., Mat. y Nat.*, Vol. LXX No. 1: 59-75.

MACHADO-ALLISON A F MAGO-LECCIA O CASTILLO R ROYERO C MARRERO C LASSO y F PROVENZANO

- (2005) Lista de especies de peces reportadas en los diferentes cuerpos de agua de los Bajos Llanos de Venezuela. (191-200). En: A. Machado-Allison. *Los peces de los llanos de Venezuela: un ensayo sobre su historia natural*. Consejo Desarrollo Científico y Humanístico (UCV), Editorial Torino, 2005, Caracas, 222 p.

MACHADO-ALLISON A A RIAL y C LASSO

- (2011) Amenazas e impactos sobre la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos de la Orinoquia venezolana (63-88). En: (Lasso Rial, Matallana, Señaris, Díaz-Pulido Corzo y Machado-Allison, eds) *Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco. II. Áreas Prioritarias para la Conservación y Uso Sostenible*. Instituto A. Von Humboldt, Bogotá Colombia.

MACHADO-ALLISON A L MESA y C LASSO

- (2013) Peces de los morichales y cananguchales de la orinoquía y amazonia colombia-venezolana: una aproximación a su conocimiento, uso y conservación. (288-335). En: Lasso, C.A., Rial, A. y González-B. V. (eds). 2013. *VII. Morichales y cananguchales de la orinoquía y amazonia Colombia-Venezuela. Parte I*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación y Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, D.C., Colombia.

MARRERO C, A MACHADO-ALLISON, V GONZÁLEZ y J VELÁZQUEZ

- (1997) Ecología y Distribución de los peces de los morichales de los llanos Orientales de Venezuela. *Acta Biológica Venez.*, Vol. 17(4):65-79.

NWEIHD K G

(1973) *La vigencia del mar*. Ed. Equinoccio, Univ. Simón Bolívar, Caracas.

OJASTI J

(1987) *Fauna del sur del Estado Anzoátegui*. Ediciones Corpoven. 38 p.

OJASTI J

(2000). En: F. Dalmeier (ed). *Manejo de Fauna Silvestre Neotropical*. SI Monitoring & Assessment of Biodiversity Program (SI/MAB). Smithsonian Institution MAB Series 5., Washington, D.C. 290p.

PÉREZ-HERNÁNDEZD

(1983) Comportamiento hidrológico y sensibilidad ambiental de los morichales como sistemas fluviales. Marne Informe Técnico DGSIIA IT 127 Caracas, 80 p.

PETRÓLEOS DE VENEZUELA S.A (PDVSA)

(1992) *Imagen de Venezuela: una visión espacial*. Editorial Arte. Caracas, Venezuela.

PITTIER H

(1920) *Esbozo de las formaciones vegetales de Venezuela con una breve reseña de los productos naturales y agrícolas*. Litografía Del Comercio, Caracas. 44 p.

(1935) Contribuciones al estudio de la climatología de Venezuela II. Observaciones pluviométricas practicadas en 50 estaciones entre 1891 y 1933. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.*, 3(24): 170-195.

(1939) *Suplemento a las plantas usuales de Venezuela*. Editorial Élite, Caracas 129 p.

RENGEL L, F ORTEGA y G AYMARD

(1983) Dinámica de las variaciones de la cobertura vegetal y la erosión en el piedemonte de Guanare. Inf. Téc. Vice-Rectorado Prod. Agri. 8(1):1-98.

RIAL A

(2007) Flora y vegetación acuática de los llanos de Venezuela con especial énfasis en el humedal de los Llanos de Apure (99-105). En : Duno de Stefano, Aymard & Hubber (eds). *Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela*. Fudena, Fundación Empresas Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela “Tobias Lasser”. Caracas, Venezuela.

ROMERO A M

(2007) El ingeniero del 2020. *Bol. Acad. Nac. Ing. Háb.*, 14:68-102

ROSALES J, C SUÁREZ y C LASSO

(2010) Descripción del medio natural de la cuenca del río Orinoco. (51-74). En: Lasso, Úsma, Trujillo y Rial, (eds). *Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco. I. Bases Científicas para la identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad*. Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), WWF, Fund. Omacha, Fund. La Salle, Univ. Nacional de Colombia, Bogotá Colombia.

SIOLI H

(1975) Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments. (275-288). In F.B. Goley, E. Medina (Eds), *Tropical Ecological System: Trend in terrestrial and aquatic research*. Springer-Verlag, New York, Inc.

SARMIENTO G

- (1968) Correlación entre los tipos de vegetación de América y dos variables simples.
Bol. Soc. Venez. Cienc. Nat., 27(113/114): 454-476.

TAMAYOF

- (1958) Notas explicativas del ensayo de mapa fitogeográfico de Venezuela (1955).
Rev. For. Venez., 1(1):7-31.
- (1971) Notas sobre la ecología de la sabana. *Bol. Soc. Ven. Cienc. Nat.*, 29(119/120): 158-178.
- (1972a) *Los Llanos de Venezuela I*. Colección Científica 3. Monte Ávila Edit., Caracas 123p.
- (1972b) *Los Llanos de Venezuela II*. Colección Científica 3. Monte Ávila Edit., Caracas 152p.

VEILLÓN J

- (1981) Las deforestaciones en la región de los llanos occidentales de Venezuela (1950-1975). *Revista Forestal Venezolana*, 199-206.

Antonio Machado-Allison

Biólogo UCV y PhD de George Washington University-Smithsonian Institution, Profesor adscrito al Instituto de Zoología y Ecología Tropical y Museo de Biología de la UCV. Sillón III de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN). Miembro de la Academia de Ciencias de América Latina (ACAL). Investigación en sistemática, evolución, ecología y conservación de la biodiversidad y de los ambientes acuáticos neotropicales. 30 libros, capítulos y más de 100 trabajos científicos en revistas nacionales e internacionales. Miembro del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICIT) y Coordinador del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la UCV. Internacionalmente, Investigador Asociado al Museo Field de Chicago, Museo Americano de Historia Natural (New York) y del Instituto Smithsonian (Washington D.C.). Actualmente, Menakka and Essel Bailey '66 Distinguished Visiting Scholar (Research Fellow), College of the Environment, Wesleyan University.

CAPÍTULO V

EL RECURSO ENERGÉTICO

La energía es esencial para la supervivencia humana, por ello no es de extrañar que la producción y consumo de energía se cuenten entre las actividades más importantes de la humanidad. Se ha afirmado que la energía es “clave para el avance de la civilización”, y que la evolución de las sociedades depende de la transformación de la energía para su uso por el hombre (Lakoff et al. 1982) En efecto, durante mucho tiempo el hombre ha utilizado los diferentes recursos energéticos que la naturaleza ha puesto a su disposición, sean estos la biomasa (leña), la fuerza de los vientos, corrientes de agua, o la fuerza de los animales. En todos estos casos el origen común es uno solo: la energía solar, que al irradiarse sobre nuestro planeta actúa como el motor del clima y de la fotosíntesis, que es el sustento de la vida. Siglos después, cuando el hombre empezó a utilizar los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) no hizo otra cosa que seguir utilizando esta energía solar acumulada por los ecosistemas de un pasado remoto. En tiempos más recientes, con la energía nuclear, el hombre logró por primera vez generar y utilizar una fuente de energía completamente independiente del sol. Sin embargo, la mayor parte de la energía primaria utilizada en la actualidad a escala mundial sigue proveniendo del Sol: 93% (88% de fuentes fósiles más 5% de fuentes renovables), frente a 7% proveniente de la energía nuclear y fuentes renovables como la geotérmica y la mareomotriz que son ajenas al sol.

Las **fuentes primarias** de energía son las de uso directo y también las que se emplean para generar electricidad. El criterio básico de su clasificación es el de su finitud, encontrándose dos tipos fundamentales: las **no renovables**, que son finitas porque su consumo disminuye las existencias disponibles, clasificadas en **convencionales** (carbón, petróleo, gas natural y nuclear) y **no-convencionales** (metano en estratos de carbón, gas en rocas poco permeables, gas de lutitas, lutitas bituminosas, arenas bituminosas e hidratos de carbono), y las **renovables**, que o bien tienen su origen en el flujo continuo de la energía del sol y se disipan en ciclos naturales, siendo así su disponibilidad ilimitada (hidráulica, biomasa, eólica y solar), o bien tienen un origen distinto del sol (geotérmica y mareomotriz)

La distribución del consumo de energía primaria comercial en el mundo en 2012 fue la siguiente (BP, 2018) (Tabla V.1):

Tabla V.1. Distribución porcentual del consumo energético en el mundo

Fuente	Porcentaje
Petróleo	34,2
Carbón	27,6
Gas natural	23,4
Nuclear	4,4
Energía hidroeléctrica	6,8
Biomasa y biocombustibles	10,0
Otras energías renovables	3,6

1 Las energías convencionales

1.1. Energía fósil: carbón, petróleo y gas natural.

El **carbón** es una roca sedimentaria que contiene 40% a 90% de carbono en peso. Se origina por el depósito de restos vegetales y animales en zonas húmedas (deltas, lagos y llanuras costeras) a un ritmo muy lento. Se crean así turberas, que son sepultadas por sucesivas capas de sedimentos durante siglos, transformándolas por compresión y temperatura hasta formar el carbón al aumentar su densidad, dureza, negrura y contenido en carbono. El carbón fue el primero de los combustibles fósiles en explotarse, y durante mucho tiempo constituyó la base del sistema energético de los países industrializados. En efecto, el carbón impulsó la Revolución Industrial en los siglos XVIII y XIX: con él se elaboró el vapor que hizo funcionar la maquinaria industrial, barcos de vapor y trenes. En 1900 representaba el 68% del consumo mundial de energía primaria, frente a sólo un 3% del petróleo y un 1% del gas natural. Luego de la 2^a Guerra Mundial el petróleo desplazó por primera vez al carbón.

El carbón contiene, en promedio, 20 millones de BTU por tonelada, aunque este valor varía significativamente según la calidad del carbón. Esta calidad depende de la materia orgánica originaria y del tiempo que esta estuvo sometida al proceso de carbonización, distinguiéndose la antracita, que posee un contenido energético superior al del carbón bituminoso, y el de este a su vez superior al del lignito. Comparativamente, una tonelada de carbón contiene en promedio la misma energía que 3,8 barriles de gasolina.

Las reservas mundiales probadas de carbón, estimadas en 891.500 millones de toneladas, son mucho más abundantes que las de petróleo o de gas

natural y están distribuidas de forma más homogénea por el mundo. La duración de estas reservas se estima en 200 años. El 53% de las mismas son de tipo antracita y bituminoso, 25% es sub-bituminoso y lignítico, y el 22% turba (carbón de formación reciente). Venezuela posee reservas probadas estimadas en 1,37 millones de toneladas, del tipo antracita y bituminoso, localizadas principalmente en Guasare, Edo. Zulia), Lobatera, Santo Domingo y Rubio en los Andes venezolanos, Naricual, Edo. Anzoátegui, y en una franja paralela a la Serranía del Interior, en su lado sur, Estados. Aragua y Guárico (Sánchez *et al.*, 2008)³

La extracción del carbón se realiza en dos tipos de explotaciones: subterráneas y a cielo abierto. La minería a cielo abierto es un proceso que se realiza en seis etapas: (1) remoción del suelo y materiales superficiales no consolidados, y colocación en una pila denominada escombrera, (2) perforación y remoción de los estratos consolidados localizados encima del yacimiento. Cuando se trata de estratos rocosos, usualmente se utilizan explosivos para retirar la capa de rocas, (3) remoción de las rocas hacia la escombrera usando retroexcavadoras y camiones roqueros, (4) nivelación de las escombreras, (5) perforación de la capa de carbón y (6) carga del carbón en camiones. Adicionalmente, si la producción se realiza con fines de exportación, se hace necesario el transporte hasta el puerto de embarque y la carga de las embarcaciones.

Este proceso puede ocasionar consecuencias negativas significativas sobre los ecosistemas, siendo los más evidentes:

- > Pérdida de suelos, compactación de terrenos, erosión y alteración química de los nutrientes del suelo, en particular del nitrógeno.
- > Emisiones de partículas de polvo generado por la remoción de suelos y rocas, nivelación de terrenos, trituración del carbón, carga del carbón en camiones, bandas transportadoras y embarcaciones, que afectan la visibilidad, la respiración y contamina las aguas superficiales y la vegetación próxima a la mina.
- > Remoción completa de la flora y fauna en el área de operaciones.
- > Alteración de la escorrentía de aguas superficiales y del flujo de aguas subterráneas.
- > Afectación de la calidad de aguas naturales, superficiales y subterráneas, cuando se generan drenajes ácidos y alcalinos.

- > Alteración del paisaje original y del perfil geológico.
- > Otros impactos posibles son los ruidos y vibraciones de las operaciones de perforación y explosiones para remover la capa de rocas, los riesgos de seguridad debido al tráfico de camiones pesados y los conflictos con las comunidades vecinas por las perturbaciones propias de la actividad.

La restauración del sitio afectado es muy difícil, porque la remoción de los organismos vivos durante la minería a cielo abierto rompe el balance natural de plantas, animales, micro-organismos y nutrientes, sin embargo, es posible llevar a cabo varias acciones mitigantes. Para ello, durante la fase de la planificación de los proyectos de minería, se diseña un programa integral de restauración, que se lleva a cabo simultáneamente con las operaciones, para minimizar la contaminación de las aguas, recuperar hábitat naturales de fauna y restituir o mejorar la estética del paisaje. El desarrollo simultáneo del programa de restauración y de la mina reduce la generación de desechos, previene costos de limpieza y reduce las posibilidades de demandas u obligaciones por daños al ambiente. Los programas de restauración implican el control de los procesos erosivos, restablecimiento de drenajes, revegetación, reforestación y en general la aplicación de medidas que mitiguen el impacto causado. En los sitios de minería y almacenamiento del carbón donde la velocidad del viento es significativa, se deben construir barreras vegetales, o instalar mallas rompe-viento en el entorno del área de almacenamiento, que reducen el arrastre de partículas de carbón por la brisa (Sánchez et al., 2008).³

Los principales usos del carbón a escala mundial son en la generación eléctrica (66%), industria siderúrgica y fabricación de cemento. En estos procesos, la combustión del carbón genera gases de efecto invernadero (principalmente CO₂), gases contaminantes como el SO₂, causante de las lluvias ácidas, y vapores de mercurio. Existen procesos industriales que permiten remover el azufre y otros contaminantes de los gases de combustión, pero aún no existe un proceso comercial que reduzca las emisiones de gases de invernadero. Entre los combustibles fósiles, el carbón es el que emite más CO₂ por cantidad de energía generada, como se puede apreciar en la Tabla V.2 (IPCC, 2007).

El petróleo es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos, que se produce bajo la superficie terrestre por transformación de la materia orgánica acumulada en sedimentos del pasado geológico.

Tabla V.2. Uso de combustibles fósiles y emisión generada

Combustible Fósil	Emisión (Toneladas CO ₂ /TJoule)
Gas natural	56,1
Productos de hidrocarburos	61,6 – 100,8
Varias calidades de carbón	94,6 – 106,7

El uso del petróleo es tan antiguo como la civilización misma: fue utilizado en Egipto para engrasar carrozas, en Mesopotamia se utilizó el asfalto como material de construcción y en la Sicilia medieval se utilizó en antorchas para iluminar casas y calles. Hasta el siglo XIX el petróleo se utilizaba tal como brotaba de la tierra en los llamados *menes*. La industria petrolera moderna comenzó en 1859, cuando Edwin Drake perforó un pozo de 70 pies en Titusville, Pensilvania, que produjo 35 barriles por día. Ello ocurrió en una época en que el petróleo era valorado como materia prima para la fabricación de kerosene y por la creencia en que poseía propiedades medicinales para el tratamiento de enfermedades como el cólera y el reumatismo. El transporte (buques, trenes) utilizaba carbón y para la calefacción doméstica se utilizaba leña. El perfeccionamiento del motor de combustión interna a comienzos del siglo XX cambió todo esto: el motor necesitaba un combustible líquido, y la gasolina, que hasta entonces fue un sub-producto desechado de la destilación del petróleo resultó ideal: estaba disponible en cantidades suficientes a bajo costo, y era fácil de utilizar. Cuando Henry Ford comenzó en 1908 la producción en cadena de su vehículo Modelo T, que funcionaba con gasolina, dio inicio a una revolución que mejoró la calidad de vida en USA y en buena parte del mundo. En efecto, después de la producción en masa de automóviles de bajo costo vino el desarrollo de la aviación comercial impulsada por motores que utilizan hidrocarburos, y asimismo el avance en la producción de alimentos, gracias a la mecanización de la agricultura que también funciona con hidrocarburos. El avance tecnológico permitió luego la ruptura y recombinación de las moléculas de hidrocarburos con otros componentes para producir insumos petroquímicos, gomas, resinas, textiles y plásticos para numerosas aplicaciones, cosméticos, así como nuevas medicinas, y productos antisépticos y anestésicos (American Petroleum Institute, 1996) A pesar de esta basta diversidad de usos de los hidrocarburos, el uso principal siguió y sigue siendo en la manufactura de combustibles para el sector transporte, y en segundo término de combustibles para la generación eléctrica.

Los hidrocarburos contenidos en los yacimientos se clasifican en condensados y petróleos crudos en función de la gravedad específica o densidad, expresada en grados API. Para el establecimiento de los diferenciales de precios del petróleo, además de la gravedad API, se tienen en cuenta otros factores como el contenido de azufre, de metales, de sal y la corrosividad.

Los condensados tienen una gravedad específica superior a 40,2° API. Los petróleos crudos son los hidrocarburos líquidos cuya gravedad API es inferior a 40,2°, y la clasificación de estos es la siguiente: petróleos extra-pesados, API inferior o igual a 9,9°; petróleos pesados, API entre 10,0° y 21,9°; petróleos medianos, API entre 22,0° y 29,9°; y petróleos livianos, API entre 30,0° API y 40,0°.

Para la colocación de los crudos en el mercado, se preparan segregaciones, o mezclas de petróleos, con el fin de alcanzar la composición y propiedades que respondan a las exigencias comerciales. La preferencia de los mercados por los crudos livianos ha conducido a la industria petrolera al desarrollo de procesos para mejorar los crudos pesados y extra-pesados, como los de la Faja del Orinoco, y convertirlos en crudos denominados “sintéticos”, que poseen una densidad API entre 20° y 32°.

El desarrollo de los yacimientos petroleros se hace conforme a estudios que determinan el número y espaciamiento de los pozos productores, a fin de explotar racional y económicamente la formación durante un período conveniente. Los estudios de yacimiento son indispensables, porque con ellos se estima la producción potencial de petróleo, gas y agua de formación, para diseñar y construir las instalaciones industriales: pozos, tuberías de flujo, estaciones de bombeo, sistemas de tratamiento de crudo, plantas generadoras de vapor, plantas de compresión del gas, patios de tanques, terminales y puertos de embarque requeridos.

La construcción de pozos se realiza perforando la corteza terrestre mediante barrenas cortantes o “mechas”. Al alcanzarse la profundidad del yacimiento se coloca en el fondo del pozo una camisa o tubería ranurada, por donde fluye el petróleo. En la perforación rotatoria, el hoyo avanza mediante la rotación continua de la barrena, que se coloca en el extremo inferior de una sarta de perforación. La sarta es una columna de tubos de acero o lastra-barrena, que presiona la mecha y mantiene recta la tubería³. La ventaja del sistema es que no es necesario detener la perforación para extraer los cortes de roca o ripio. Cuando se llega a la profundidad del yacimiento, se sigue una técnica conocida como terminación del pozo, consistente en la

instalación de equipos que incluyen válvulas y conexiones de control de la presión y el flujo. Otros métodos de perforación son la turbo-perforación, en el cual la barrena gira en el fondo del hoyo por el impulso de un motor que se coloca en el extremo inferior de la sarta, y la perforación direccional en la cual se guía el avance del hoyo en el subsuelo en el ángulo deseado. Esta última se utiliza cuando no es posible ubicar el taladro directamente encima del sitio en el subsuelo donde se encuentra el yacimiento, y en las perforaciones costa afuera cuando desde una misma plataforma se perforan varios pozos que alcanzan al yacimiento en distintos sitios, o se alcanzan varios yacimientos.

Los yacimientos petroleros superficiales se localizan a una profundidad de unos 100 metros, y los más profundos a 6.000 o más metros. Al comienzo de la extracción, el petróleo fluye de forma natural desde el subsuelo hacia la superficie, debido a la presión existente en el yacimiento; cuando la presión natural es insuficiente, se recurre al bombeo mecánico. El bombeo se realiza utilizando el movimiento reciprocatore que produce una instalación de transmisión denominada balancín, que a su vez es movido por un motor. El movimiento del balancín acciona una bomba de pistón colocada en el fondo del pozo por medio de una varilla de succión. La bomba tiene un sistema de válvulas que abren y cierran con el movimiento ascendente y descendente del balancín. De esta forma se impulsan los fluidos desde el fondo del pozo a la superficie, y cuando la presión del yacimiento se agota, es posible extraer cantidades adicionales de petróleo utilizando métodos de recuperación secundaria, en los cuales se suministra energía al yacimiento desde la superficie.

El factor de extracción de crudo liviano y mediano por presión natural en Venezuela es cercano al 29%, y se puede incrementar con la recuperación secundaria a más del 40%. Los métodos de recuperación secundaria son dos; por inyección de gas y/o por inyección de agua. Cuando el período de recuperación secundaria finaliza, se dice que el yacimiento está «agotado», aunque puede contener más del 50% del petróleo original. Este porcentaje remanente es mayor en los yacimientos de crudo muy pesado y viscoso o en formaciones de muy baja permeabilidad. Existen técnicas denominadas métodos de recuperación mejorada, que permiten extraer más petróleo de estos yacimientos. Estos métodos son de tres tipos: (1) térmicos, que incluyen la inyección de vapor alternada o continua y la combustión *in situ*, (2) químicos, que incluyen la inyección de polímeros, inyección de tenso-activos y la inyección de soluciones de soda cáustica y (3) miscibles, que incluyen el desplazamiento con sustancias miscibles con el hidrocarburo y la inyección de CO₂.

El hidrocarburo que se extrae en cada pozo está conformado por una mezcla de crudo, agua y gas. La mezcla es llevada por tubería hasta las estaciones de flujo, donde se realiza la separación y distribución del gas, y la medición, tratamiento, almacenamiento y bombeo del crudo a las estaciones principales o patios de tanques. A la mezcla de petróleo y agua que llega a la estación principal se le añade un producto químico deshidratante, para acelerar la separación del agua, que se opera por decantación en tanques de lavado. En la estación principal, de ser necesario, se desala el petróleo hasta lograr las especificaciones exigidas por las refinerías o los mercados.

La refinación del petróleo consiste en la separación y conversión de los hidrocarburos para obtener productos de valor comercial. El proceso primario de separación es la destilación, en la cual se separan los hidrocarburos según sus respectivos puntos de ebullición. Para ello, se calienta el crudo hasta su vaporización en una torre de destilación, y luego estos vapores se enfrián hasta la condensación de líquidos denominados destilados. Así se obtienen destilados livianos (gas, nafta, gasolina, kerosén) medianos (gasoil, fuel oil) y residuos. El proceso se opera en continuo, con la adición constante de crudo a la columna de destilación y el retiro de los destilados a diferentes niveles en la torre. El gas y la nafta se someten a un proceso de separación y estabilización, para obtener hidrocarburos de mayor pureza: gas combustible, gasolinas reformadas y butano normal o n-butano, que mediante un proceso de isomerización, es convertido en iso-butano, insumo para la fabricación de alquilato, que es un componente de alto octanaje utilizado en la fabricación de gasolina sin plomo (Sánchez *et al.*, 2008)

Los destilados medios son objeto de un tratamiento de hidrodesulfuración (HDS) e hidrotratamiento, previo a su conversión en productos comerciales, para reducir el contenido de azufre y metales. Otros procesos de conversión son el craqueo catalítico y el hidrocraqueo, que modifican la estructura química de los destilados más pesados para convertirlos en gasolinas de alto octanaje y otras corrientes livianas comerciales como jet A-1 y diésel. También es posible obtener productos comerciales de los residuales y corrientes más pesadas, mediante procesos de conversión profunda consistentes en una coquización o craqueo térmico del hidrocarburo al hacerlo pasar a través de un lecho de partículas de coque caliente, este lecho es fijo en la coquización retardada y fluidizado en la flexicoquización. De esta forma se obtienen naftas, gasoil y coque.

Las reservas probadas mundiales de petróleo se estimaron en 1,68 billones de barriles en el 2017 (*ENI. World Oil Review*, 2018); al ritmo actual de

consumo de 97 MMBBL/d, alcanzan para 48 años. Las reservas probadas de petróleo convencional de Venezuela son de 40 mil millones de barriles (MMMBBL). Esta cifra no incluye las reservas recuperables de petróleo extra pesado de la Faja Petrolífera del Orinoco, estimada en 258 MMMBBL (Ministerio P. P. de Petróleo y Minería, 2014), calculada aplicando un factor de recobro de alrededor del 20% sobre la base del recurso «*in situ*» del orden de 1,36 billones de barriles. Ello coloca a Venezuela en el primer lugar entre los países con reservas. Las principales cuencas petrolíferas son: la cuenca de Maracaibo, la cuenca de Falcón de menor importancia petrolera pero de interés gasífero, la cuenca de Barinas-Apure, la cuenca Oriental, la Faja Petrolífera del Orinoco y las Áreas Costa Afuera.

La producción petrolera de Venezuela se sostiene en la actividad de unos 14.809 pozos (Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería, 2016) y entre 68 y 87 taladros activos al año (IESA, 2013).

Venezuela dispone de una infraestructura de refinación de grandes dimensiones. Las refinerías en el país son seis: el Complejo Refinador de Paraguaná (CRP) conformado por la integración de las refinerías de Amuay y Cardón, que están interconectadas, lo cual les permite intercambiar fracciones de hidrocarburos y disponer de una gran flexibilidad operativa, y las refinerías de El Palito, Puerto La Cruz, San Roque y Bajo Grande. También posee refinerías en USA.

Las descargas de aguas residuales, emisiones de hidrocarburos al aire, los riesgos de derrames de hidrocarburos, la disposición de lodos de perforación y otros residuos industriales, son algunos de los aspectos de la actividad petrolera que ameritan un manejo cuidadoso por ser susceptibles de degradar el ambiente. Cualquier proyecto de desarrollo petrolero debe ser objeto, en su fase más temprana de diseño, de un estudio de impacto ambiental con el fin de anticipar cualquier incidencia adversa y evitarla o atenuarla. Las prácticas y tecnologías ambientales de control más relevantes son: la separación de los hidrocarburos y sólidos suspendidos contenidos en el agua residual, llamada agua de producción, en las estaciones principales. Ello se realiza en tanques API (diseño del American Petroleum Institute) que permite retirar el crudo libre y las gotas de crudo en suspensión de tamaño superior a 150 micras. Al efluente resultante se le añaden sustancias químicas desestabilizadoras del crudo emulsionado, permitiendo separar las gotas de menor tamaño. En ciertos casos, el hidrocarburo remanente se separa en una instalación de flotación, en la cual se hace pasar el agua a

través de un tanque por cuyo fondo se inyectan pequeñas burbujas de aire, que en su ascenso arrastran las gotas de hidrocarburos a la superficie del agua, de donde son retiradas. Si el agua tratada cumple con los requerimientos normativos, se puede descargar a cuerpos de agua naturales, de no ser así debe ser reinyectada en un yacimiento, previa filtración para separar los sólidos suspendidos remanentes.

Las aguas residuales de refinación son sometidas a tratamientos físico-químicos y biológicos de remoción de contaminantes, para asegurar el cumplimiento de las normas antes de su descarga. Los hidrocarburos se separan en tanques API y unidades de flotación, y de ser necesario el tratamiento se completa en una laguna de aireación. Las prácticas de reciclaje y tecnologías de proceso más limpias disminuyen los requerimientos de agua industrial y la generación de efluentes.

Las emisiones contaminantes del aire tales como los vapores de hidrocarburos volátiles que emanen de los patios de tanques de almacenamiento de crudo se han podido reducir apreciablemente con la instalación de recuperadores de gas y con el reemplazo de los tanques convencionales, de techo fijo, por tanques de techo flotante. Los procesos de refinación también emiten gases contaminantes del aire: SO₂, hidrocarburos volátiles, CO, cenizas y coque pulverizado entre otros. Con el fin de que estas descargas se realicen en cumplimiento de las normas ambientales, las refinerías incorporan tecnologías de control, que incluyen las plantas desulfuradoras de gases que recuperan el azufre, precipitadores electrostáticos, filtros de alta eficiencia, depuradores por vía húmeda, ciclones e incineradores. La industria petrolera también ha realizado esfuerzos para suplir combustibles, que representen un aporte al control de la contaminación derivada de su uso. Entre estos se encuentran las gasolinas sin aditivos de plomo, el gas natural vehicular y el diésel de bajo contenido de azufre.

En cuanto al manejo de los residuos industriales, el mayor volumen en los campos petroleros consiste en lodos de perforación gastados, contaminados con hidrocarburos. Los fluidos de perforación una vez utilizados se convierten en desechos o lodos, que son considerados contaminantes debido a su contenido de gasoil y crudo, por ello requieren de un tratamiento por flocculación y coagulación con polímeros, sales de hierro o de aluminio, para retirar los contaminantes, o mediante biodegradación mezclando el desecho con el suelo en áreas controladas o *landfarming*. En ciertos casos es posible inyectar el lodo en pozos profundos, o bien, sustituir el uso de lodos que contienen gasoil por lodos de formulación reciente, a base de aceites vege-

tales biodegradables, aunque estos tienen un mayor costo. En el pasado, cuando no se tenía conocimiento de la incidencia de los desechos sobre los medios naturales, los lodos se abandonaban en fosas abiertas a la intemperie; en numerosos campos petroleros quedan muchas de estas fosas, como un pasivo ambiental que la industria petrolera debe limpiar.

Los desechos sólidos y semi-sólidos de las refinerías están constituidos mayormente por lodos petrolizados, coque de desecho y catalizadores gastados. Los lodos petrolizados se tratan mediante *landfarming*. Los catalizadores gastados susceptibles de ser reciclados son devueltos al proveedor para tal fin. Los no-reciclables son colocados en tambores y dispuestos en un relleno industrial o son sometidos a un proceso de confinamiento por solidificación. El coque de desecho es dispuesto en un área donde se recubre de asfalto para evitar que el viento disperse el material pulverizado. (Sánchez *et al.*, 2008)

La industria petrolera ha tenido que establecer programas preventivos de mantenimiento, controles e inspecciones a las instalaciones para evitar los derrames petroleros; no obstante, siempre existirá el riesgo de derrames accidentales. Por ello, también es necesario contar con planes de contingencia que permitan actuar con rapidez para detener el vertido de hidrocarburos al ambiente, recoger hasta donde sea posible el producto derramado y limpiar las áreas afectadas. Han ocurrido derrames de gran magnitud, como el ocasionado por el accidente del buque Exxon Valdez en Prince Williams Sound, Alaska, que derramó 37.000 toneladas en 1989, el del buque Amoco Cádiz en las costas de Francia, que derramó 223.000 toneladas en 1978, el reventón del pozo Intox en el Golfo de México en 1980, con un derrame de 530.000 toneladas, y el más grande de todos, el accidente en la plataforma de perforación Deepwater Horizon en el Golfo de México en 2010, que derramó más de 594.000 toneladas.

El uso masivo de los hidrocarburos tanto en el sector transporte, como en los sectores industrial, doméstico, generación eléctrica, terciario y agrícola, le convierte en una de las mayores fuentes de emisión de gases de invernadero a la atmósfera. La reducción de estas emisiones para frenar el cambio climático requiere de la adopción de múltiples medidas tales como el ahorro energético, aumentar la eficiencia en todos los sectores, la sustitución del uso de combustibles fósiles por fuentes renovables, etc. La industria del petróleo se ha propuesto desarrollar una opción que consiste en la captación y el almacenamiento geológico (subterráneo) del CO₂. Esta opción se encuentra aún en una fase experimental, si se lograse su factibilidad,

contribuiría significativamente a la reducción de emisiones por cuanto más del 30% de las emisiones globales de CO₂ se produce en grandes cantidades en fuentes fijas, tales como refinerías, plantas termoeléctricas, cementeras e industrias siderúrgicas en donde se captaría en CO₂ para ser inyectado en formaciones geológicas profundas donde quedaría almacenado durante siglos, pudiendo utilizarse eventualmente para ello yacimientos petroleros agotados.

El **gas natural** es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuesta por metano (entre 70% y 98%) combinado con etano, propano, butano e impurezas (CO₂, N₂, H₂S y otros compuestos de azufre). Tiene el mismo origen que el petróleo. El gas se acumula en yacimientos clasificados de la siguiente manera: yacimientos de petróleo, yacimientos de gas y petróleo, yacimientos de condensado y yacimientos de gas.

- > Los yacimientos de petróleo contienen principalmente petróleo, pero pueden contener gas en solución, en cantidades que dependen de la presión y de la temperatura en el yacimiento. Parte de la producción gasífera venezolana proviene de yacimientos de gas en solución.
- > Los yacimientos de gas/petróleo: son aquellos que poseen una extensa y espesa capa de gas, que es aprovechada para extraer el petróleo junto con el gas.
- > Los yacimientos de condensado: en ellos los hidrocarburos son gaseosos, pero durante la producción la presión decrece hasta el denominado punto de rocío y el gas se condensa al extraerlo. En estos yacimientos se inyecta gas con el fin de mantener la presión sobre el punto de condensación y así se minimiza la formación de líquidos en el yacimiento y se aumenta la extracción de hidrocarburos.
- > Los yacimientos de gas: poseen hidrocarburos gaseosos pero su producción es por expansión del gas, sin formación de líquidos.

Inglatera fue el primer país en utilizar el gas como fuente energética para iluminar las calles en 1785, siguiéndole USA en Baltimore. En 1895 Robert Bunsen inventó el mechero o quemador Bunsen, utilizado para cocinar, calefacción y como instrumento de laboratorio. Antes de la Segunda Guerra Mundial el gas natural que se extraía junto con el petróleo se arrojaba a la atmósfera o se incineraba, era considerado un estorbo en el proceso de producción petrolera. Después de la guerra se desarrolló rápidamente la industria del gas.

Las reservas mundiales probadas de gas ascienden a 193,5 billones de m³, que al ritmo actual de consumo de 3,67 billones de m³ (BP, 2018) alcanza para 53 años. Las reservas totales de gas de Venezuela se estiman en 5,4 billones de m³ lo que la coloca en el octavo lugar como país rico en recursos gasíferos (PDVSA Web). Varias ventajas hacen del gas una importante alternativa como fuente de energía: su potencial energético, el desarrollo y perfeccionamiento tecnológico asociado a su explotación y aprovechamiento, su manejo ambiental y su versatilidad. Su combustión es completa, por lo que no produce humo ni hollín, comparativamente genera la mitad de emisiones de gases de invernadero que el carbón y un tercio menos que el petróleo, y los equipos que lo utilizan como combustible no requieren mantenimiento especial.

Su desventaja es que su transporte resulta entre cuatro y cinco veces más costoso que el petróleo, tanto por gasoducto como por barco metanero, y si bien es el más limpio de los combustibles fósiles, no lo es lo suficiente en cuanto a emisiones de gases de invernadero. Se le considera un combustible de transición hacia un escenario mundial de oferta de energía más limpia que maximiza en uso de las fuentes renovables.

1. 2. La Energía Nuclear

Es la energía que procede de la fragmentación o fisión de núcleos de átomos inestables en forma controlada, principalmente de uranio, accesoriamente de plutonio y de torio. Esta fuente es totalmente diferente a la quema de combustibles, pues utiliza la alteración de los materiales a nivel atómico, produciendo recombinaciones de átomos para formar otros compuestos distintos, liberando energía en el proceso.

Durante el siglo XIX el avance en la investigación en física condujo al descubrimiento de la radiación nuclear, destacándose los trabajos de Marie Curie sobre «la espontánea radiación emitida por compuestos de uranio» que abrieron paso a los descubrimientos posteriores de la estructura atómica y la fuerza intrínseca del átomo. En las primeras décadas del siglo XX el progreso de esta investigación continuó, principalmente gracias a los trabajos de Enrico Fermi quien se dedicó al estudio de la producción de radiación artificial bombardeando átomos de uranio con neutrones desde la década de 1930 en Roma. Fermi luego emigró a USA donde descubrió que un átomo de uranio dividido por un neutrón puede causar una reacción en cadena capaz de liberar una enorme cantidad energía. Este proceso, llamado fisión nuclear, tenía aplicaciones militares, por ello Fermi y sus colegas en la Uni-

versidad de Columbia se unieron a Albert Einstein para persuadir al Gobierno de USA de estudiar la idea, de cara a la Segunda Guerra Mundial. En 1942, cuando el Presidente Roosevelt autorizó el «Proyecto Manhattan», Fermi se trasladó a la Universidad de Chicago, donde él y su equipo lograron la primera reacción nuclear en cadena controlada. Ello llevó directamente al desarrollo de la bomba atómica, usada por los Estados Unidos contra Japón en 1945. Tras la Guerra, USA creó una Comisión de Energía Atómica (AEC) para supervisar el desarrollo de armas nucleares y desarrollar usos pacíficos de la energía nuclear. Durante la década de 1950, la AEC trabajó con empresas de servicios públicos, como Pacific Gas and Electric Company de California que desarrolló los primeros reactores nucleares para la generación de energía eléctrica mediante fisión (Alcover, 2014). La explotación de esta fuente de energía creció durante la década de 1970 y parte de la de 1980, pero los temores por los riesgos sísmicos en California llevaron a que en ese Estado se adoptase una moratoria en la construcción de nuevas plantas de energía nuclear. El accidente en la planta de Three Mile Island, Pennsylvania en 1979 avivó los temores. Ello, aunado a los problemas de la disposición segura de los desechos nucleares radiactivos generó una fuerte oposición pública a las plantas nucleares en USA. En 1986, el colapso de la central nuclear de Chernóbil, Ucrania, y la contaminación resultante por radiación, al igual que el accidente de Fukushima en Japón en 2011, llevaron a Italia, Alemania y otros países a anunciar el fin de su dependencia de la energía nuclear.

Esta energía implica cambios en los átomos en dos formas: la fisión o la fusión nuclear. En la **fisión** un átomo de un elemento determinado se rompe al recibir un neutrón adicional, para producir dos átomos más pequeños liberando energía más dos o tres neutrones capaces de inducir la fisión de otros núcleos adicionales. En la mayoría de los reactores nucleares hoy existentes se utiliza uranio 235, ^{235}U . Para que los núcleos de ^{235}U absorban los neutrones con más eficiencia, se debe reducir la alta velocidad con la que se producen en la fisión, para ello se utiliza una sustancia conocida como moderador, con cuyos núcleos de sus átomos chocan los neutrones. Este moderador puede ser los núcleos de los átomos de hidrógeno del agua (H_2O), los del deuterio (isótopo del hidrógeno formado por un protón y un neutrón) del agua pesada (D_2O) o el grafito. Como consecuencia de la fisión se pueden producir nuevos materiales fisionables como el plutonio 239, ^{239}Pu o el ^{233}U , según los casos. Debido a que en el proceso se genera un exceso de neutrones, se hace necesario eliminar los sobrantes, para lo cual se insertan materiales de cadmio o boro en forma de barras de control que absorben

con gran facilidad los neutrones. Si por alguna razón este sistema fallara, el número de neutrones crecería y se produciría una reacción en cadena, lo cual constituye un grave accidente que puede provocar la rotura de la carcasa del reactor y una fuga radiactiva, aunque por sí mismo no puede conducir a una explosión nuclear, ya que el excesivo calor generado por la reacción provoca que el material fisionable se separe. El reactor se refrigerara mediante un fluido: agua, dióxido de carbono o sodio líquido, en un circuito cerrado. Este circuito transfiere la energía térmica a través de un intercambiador. El vapor de agua así generado es el que como en cualquier otra central térmica acciona las turbinas que mueven el generador eléctrico que transforma la energía mecánica en electricidad. En la **fusión** se produce la unión (fusión) de los núcleos de dos isótopos del hidrógeno (deuterio y tritio) para formar otro núcleo más pesado (helio), conocido como partícula alfa, y un neutrón. En el proceso se liberan grandes cantidades de energía. Se estima que con 1 mg de combustible de fusión se pueden obtener 100.000 kWh de electricidad, equivalente a la obtenida quemando 8 toneladas de carbón. La fusión es la fuente de la inmensa cantidad de energía emitida por el Sol. Pese a los intensos trabajos realizados por los científicos, hasta la fecha la fusión nuclear no es todavía una fuente de energía viable comercialmente. De conseguirse podría ser la solución para los problemas energéticos de la humanidad, con una generación mínima de residuos.

Las reservas de uranio se estiman en algo menos de cuatro millones de toneladas, que alcanzan para 40 o 50 años al ritmo actual de consumo. Sin embargo se estima que el desarrollo tecnológico puede lograr aumentar considerablemente el rendimiento de los reactores lo cual extendería apreciablemente la duración de las reservas.

Las ventajas de la electricidad nuclear es que no genera gases de invernadero, produce electricidad a un costo bastante competitivo y las plantas poseen una larga vida útil. En contrapartida, los riesgos de fugas de radioactividad y la inexistencia de una solución definitiva para la disposición de los residuos suscitan un fuerte rechazo público.

2 Las Energías Renovables

2.1 La Energía Hidráulica

Es la energía que se obtiene de la corriente o la caída de cursos de agua naturales, es decir del aprovechamiento de la energía cinética y potencial delas aguas. Indirectamente también es una fuente energética que proviene

del sol: en el ciclo hidrológico el sol calienta el agua de los mares, ríos y lagos, produciendo su evaporación; luego el agua evaporada forma las nubes y al enfriarse la atmósfera esta agua cae en forma de precipitación en las cuencas recargando los ríos que luego descargan en lagos y mares completando el ciclo. La energía que circula de esta forma en la cuenca lo hace en forma de energía cinética y potencial.

La energía hidráulica es aprovechable en cuencas donde existe una combinación adecuada de lluvias y desniveles favorables para la construcción de embalses. El agua que cae entre dos niveles del embalse se hace pasar por una turbina hidráulica la cual trasmite la energía a un alternador que la convierte en energía eléctrica. La energía hidráulica experimentó un verdadero auge con el descubrimiento de la corriente eléctrica alterna en 1882 por Nikola Tesla y por la comercialización de su distribución a grandes distancias impulsada por George Westinghouse (Atherton, 1984)

Actualmente las centrales hidroeléctricas producen 3.627 TWh, lo cual representa el 16% de la generación eléctrica mundial y los principales productores y consumidores son Canadá, Brasil, China y USA. En Venezuela el parque eléctrico nacional (hidro + termo) para 2013 poseía una capacidad instalada de 24.000 MW, de la cual 49% corresponde a la hidroelectricidad (Gómez, 2015)

Las ventajas que ofrece la energía hidráulica son que se trata de una energía limpia e inagotable mientras se mantenga la cuenca. La posibilidad de retener el agua en embalses permite modular la producción de electricidad controlando la descarga del agua según las necesidades. Además, su operación no genera emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, si en embalse se construye de tal manera que el área inundada cubra terrenos boscosos, la vegetación bajo las aguas se degradara y occasionara la emisión de metano. Los inconvenientes son que se trata de una energía que depende del régimen de lluvias, el cual puede variar de manera irregular, afectando la generación eléctrica, asimismo, la construcción de embalses puede occasionar desequilibrios ecológicos y sociales al inundar ecosistemas terrestres o requerir el desplazamiento de poblaciones. Una vez construido el embalse, es indispensable establecer un programa de protección de la cuenca, para evitar que el desarrollo de actividades agrícolas y mineras descontroladas ocasiones procesos erosivos que viertan grandes cantidades de sedimentos. Estos sedimentos se acumularán progresivamente en el fondo del embalse, hasta occasionar la colmatación del mismo, inhabilitándolo para la generación eléctrica.

2.2 *La Biomasa*

Es la materia orgánica originada en un proceso biológico, que puede ser espontáneo o provocado, que puede ser utilizada como fuente de energía. Su forma más tradicional es la leña y los residuos agrícolas, que se utilizan directamente para la calefacción, como combustible para la generación industrial de vapor en calderas y para la cocción de alimentos, siendo este un uso que aún se practica ampliamente en países de África, Asia y Latinoamérica.

La biomasa también se puede utilizar en forma indirecta, transformándola en biocombustibles tales como el bioetanol, fabricado por fermentación y destilación a partir de la caña de azúcar o del maíz, y el biodiesel, fabricado a partir de aceites vegetales o grasas animales por esterificación y trans-esterificación. Por extensión el biogás, obtenido a partir de la descomposición anaerobia de residuos orgánicos también es considerado un combustible de biomasa.

El consumo mundial de biomasa y los biocombustibles se estima en 1 Giga-tonelada equivalente de petróleo al año, que equivale al 10% del consumo energético global. El uso de biocombustibles experimentó un rápido crecimiento en la primera década del presente siglo, por representar una opción ante el aumento del precio de los combustibles tradicionales y en algunos países por la adopción de políticas de seguridad energética. USA es el país que más produce y consume bioetanol totalizando más de 16.000 millones de galones al año en 2018 (USEIA, 2018), seguido de Brasil con 7.300 millones de galones (*Ethanol Producer Magazine*, 2018), USA es también al mayor productor de biodiesel, con 6.000 millones de litros, seguida de Brasil y Alemania, ambos con 4.300 y 3.500 millones de litros respectivamente, en 2017 (Statista, 2019). En Venezuela no se fabrican biocombustibles, pero si se utiliza la leña en comunidades rurales y el bagazo de la caña como combustible en varios centrales azucareros.

Las ventajas de la biomasa y de los biocombustibles son que se trata de una energía que puede almacenarse, es una forma de reciclaje de residuos y además contribuye a la reducción de los gases de invernadero por unidad de energía producida, debido a que el carbono emitido durante su consumo fue previamente captado de la atmósfera por fotosíntesis en las plantas o cultivos usados como materia prima. Los inconvenientes del uso directo de la biomasa (leña, residuos agrícolas) es que su combustión genera contaminación local por humos, partículas y óxidos de nitrógeno. Los biocombustibles requieren de amplios terrenos para los cultivos, abundante agua para su riego y el uso de productos agroquímicos que pueden contaminar el suelo y

las aguas naturales. En algunos países han ocasionado el aumento del precio del maíz y otros alimentos. Con respecto al biogás, las instalaciones para su producción pueden ser costosas.

2.3 Energía Eólica

Esta fuente aprovecha la energía cinética del viento para convertirla primero en energía mecánica y luego en energía eléctrica. Su antecedente son los molinos de viento, utilizados para transformar el desplazamiento del aire en energía mecánica que se utilizaba principalmente para moler granos.

El mecanismo utilizado para captar la energía es un rotor, normalmente de eje horizontal, provisto de una serie de álabes o palas; estos ofrecen una resistencia a la corriente de aire, lo cual ocasiona el giro del rotor. Este giro, en óptimas condiciones de funcionamiento es lento, por lo general hasta 40 rpm, por ello el rotor se acopla a un multiplicador que aumenta la velocidad de giro, obteniéndose de esta forma velocidades superiores en el eje de salida, que va acoplado al generador eléctrico (Lucena, 2000) Todo este aparataje mecánico se monta en una estructura llamada góndola, consistente en una cabina cerrada protectora de la intemperie y que se coloca en lo alto de un poste o soporte cilíndrico de decenas de metros de altura. A todo el conjunto se le denomina aerogenerador o turbina eólica. Debido a que la dirección del viento varía con frecuencia, el aerogenerador posee un medidor de la dirección que actúa sobre un motor de orientación que gira toda la góndola de manera de ubicar los alabes siempre perpendiculares a esta dirección, para un aprovechamiento óptimo del viento.

Los rotores pueden llegar a tener un diámetro de 42 a 80 metros y producir potencias equivalentes de varios MW, aunque existen maquinas más pequeñas, de menor potencia. Usualmente, para lograr una generación significativa de electricidad, se construyen varios aerogeneradores en una misma área, denominada parque eólico. Un parque moderno consta de cien aerogeneradores o más. En áreas aisladas remotas resulta útil tener un aerogenerador de unas decenas o centenas de vatios, conectado a unas baterías. También pueden utilizarse para desalar agua de mar con el fin de obtener agua potable, y para hacer funcionar sistemas de riego.

Los países con más capacidad eólica instalada en 2017 son: China con 188.392 MW, USA 89.077 MW, Alemania 51.132 MW, España 23.170 MW e India 32.848 MW (*Global Wind Energy Council*, 2018) En Venezuela existen dos parques eólicos pequeños, construidos: uno en Paraguaná, de 31,5 MW(Edo. Falcón) y otro en la Guajira (Edo. Zulia) de 25,2 MW, sin

embargo la operación de estos sistemas operación ha sido muy irregular. El potencial de energía eólica en Venezuela se localiza en zonas costeras (la Guajira, Paraguaná, Estado Sucre, Isla de Margarita), llanos orientales y costa afuera; y ha sido estimado en 45.195 MW (Duran, 2009)

Las ventajas de esta fuente de energía son la no generación de gases de efecto invernadero, la generación descentralizada (en el sitio de consumo), la instalación es relativamente rápida en áreas remotas, la posibilidad de reubicación de los aerogeneradores, y la disponibilidad de fuentes bastante homogénea a escala global. Las desventajas son su intermitencia, porque depende de la disponibilidad del viento que es variable y difícil de prever. Ello obliga a tener que disponer de una capacidad de generación eléctrica paralela o de respaldo, que entra en funcionamiento cuando el viento no posee suficiente fuerza o es excesivo. El costo de la electricidad generada es solo ligeramente superior al de las plantas termoeléctricas. Los aerogeneradores ocasionan un impacto de afectación del paisaje natural y generan un ruido proveniente del giro de los engranajes y del choque del viento con el rotor, que pudiera resultar molesto para poblaciones vecinas.

2.4 Energía Solar

Es la energía que proviene directamente del aprovechamiento de la radiación solar, y de la cual se obtiene calor o electricidad. El calor se obtiene mediante colectores térmicos y la electricidad mediante el uso de celdas fotovoltaicas.

En los sistemas de aprovechamiento térmico, el calor captado en los colectores solares puede destinarse a numerosos usos como la obtención de agua caliente para consumo doméstico o industrial, o para fines de calefacción. Para el suministro de agua caliente doméstica se utilizan sistemas de baja temperatura consistentes en una placa metálica con un acabado superficial que permite absorber el máximo de la radiación solar a la que es expuesta, un serpentín colocado sobre la placa por el que se hace circular un fluido que se va a calentar (puede ser agua directamente), y una tapa de cristal. La radiación solar atraviesa el cristal, calienta la placa metálica, y a su vez evita que el calor generado se escape, concentrándolo dentro del colector lo cual permite obtener agua de hasta 80 a 90 °C. Estos sistemas son muy fiables y requieren un mantenimiento mínimo. Los sistemas de temperatura media son similares, pero en estos se realiza el vacío dentro del colector para eliminar las perdidas térmicas internas por convección. De esta forma se puede obtener vapor de agua de baja temperatura (110 a 120

°C) para uso industrial. Los sistemas de temperatura media incluyen también a los concentradores solares que permiten alcanzar temperaturas de hasta 250 °C. Estos concentradores constan de una superficie parabólica longitudinal pulida que reflejan la radiación solar, concentrándola en el centro de la parábola, donde se instala una tubería por donde circula un fluido (aceite) que recoge todo el calor concentrado. Los sistemas de alta temperatura utilizan concentradores solares en forma de disco parabólico pulido, que concentran la radiación en el punto central de la parábola, donde se coloca un motor térmico (motor Stirling) para generar electricidad. Un disco de 7,5 metros de diámetro es capaz de generar una potencia de 9 kW.

La tecnología fotovoltaica fue desarrollada a finales de los años 50 del siglo pasado, como parte de los programas de investigación espacial. La conversión fotovoltaica se basa en el efecto fotovoltaico, es decir, en la conversión de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Para llevar a cabo esta conversión se utilizan unos dispositivos denominados celdas solares, constituidos por materiales semi-conductores. Cuando se expone una celda solar a la luz del sol se hace posible la circulación de electrones y la aparición de corriente eléctrica entre las dos caras de la celda. Las celdas convencionales son láminas delgadas (0,2 a 0,4 mm) de cristal de silicio, con la superficie superior dopada con fósforo, para producir electrones móviles ante la incidencia de los fotones de luz, y la inferior dopada con boro, para producir espacios para captar los electrones. Cuando la luz solar pasa a través de la lámina de silicio, los fotones son absorbidos. Su energía es transferida al semiconductor, liberando un flujo de electrones, que genera la electricidad.

Otras tecnologías más recientes, llamadas a sustituir las celdas de silicio por su menor costo son las celdas de película fina: introducidas al mercado hace dos décadas, son 100 veces más delgadas que las de silicio, usa una tecnología de alto vacío para depositar el semiconductor sobre un sustrato metálico o de vidrio, si bien son de menor costo, duran menos y son algo menos eficientes.

Para obtener potencias utilizables en aparatos de mediana potencia, hay que unir un cierto número de celdas con la finalidad de obtener la tensión y la corriente requeridas.

A modo de ejemplo, si se desea obtener más tensión hay que conectar varias celdas en serie. Conectando 36 (dimensiones normales: 7,6 cm de diámetro) se obtienen 18 V, tensión suficiente para hacer funcionar equipos a 12V. Un panel solar está formado por varias celdas iguales conectadas en

serie y paralelo, de forma que la tensión y la corriente suministrada por el panel se incrementen hasta ajustarse al valor deseado.

En las instalaciones fotovoltaicas lo habitual es utilizar un conjunto de baterías para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación y poder utilizarla posteriormente en momentos de baja o nula insolación. Hay que destacar que la fiabilidad de la instalación global de electrificación depende, en gran medida, de la del sistema de acumulación, siendo por ello un elemento fundamental de la instalación. Para un funcionamiento satisfactorio, en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un sistema de regulación de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de los paneles autorregulados. El regulador tiene como misión fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Otra función del regulador es la prevención de una sobredescarga.

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden clasificar en dos grandes grupos: instalaciones aisladas de la red eléctrica e instalaciones conectadas a la red eléctrica. En el primer tipo, la energía generada a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir pequeños consumos eléctricos en el mismo lugar donde se produce la demanda. Es el caso de aplicaciones como la electrificación de viviendas alejadas de la red eléctrica convencional (electrificación rural), servicios y alumbrado público, aplicaciones agrícolas como el bombeo de agua, sistemas de riego, iluminación de invernaderos y granjas, suministro a sistemas de ordeño, refrigeración, depuración de aguas, etc., y en señalización y comunicaciones como navegación aérea (señales de altura, señalización de pistas) y marítima (faros, boyas), señalización de carreteras y de vías de ferrocarril.

En cuanto a las instalaciones conectadas a la red se distinguen dos casos: centrales fotovoltaicas, en las que la energía eléctrica generada se entrega directamente a la red eléctrica, y sistemas fotovoltaicos en edificios o industrias, conectados a la red eléctrica, en los que una parte de la energía generada se invierte en el mismo autoconsumo del edificio, mientras que la energía excedente se entrega a la red eléctrica.

En 2014 la capacidad fotovoltaica mundial se estimó en 178 GW (Solar Power Europe, 2014) siendo los países con mayor capacidad instalada Alemania con 21,58% del total, China y Taiwán con 16,37% y Japón con 13,16%.

Las ventajas de la energía solar fotovoltaica son que no genera emisiones de gases de invernadero, no produce ruidos, es útil para la electrificación de sitios remotos y su implantación es sencilla. Las desventajas son que

su manufactura requiere el uso de materiales peligrosos: sustancias químicas y metales pesados, pero existen técnicas y equipos que permiten reducir los riesgos ambientales, y la industria está desarrollando procedimientos para reciclar las celdas obsoletas. Tiene también el inconveniente de la intermitencia, y su precio es aún mayor que el de las fuentes convencionales, pero ha estado disminuyendo en las últimas décadas.

2.5 Energía Geotérmica

Es una energía renovable que no proviene del sol, sino del calor residual del interior de la Tierra. En los primeros kilómetros de la corteza terrestre la temperatura aumenta, en promedio, 1 °C cada 33 metros, encontrándose una distribución muy regular de la temperatura en el globo. Sin embargo existen excepciones de lugares con masas de roca con temperaturas anormalmente altas que pueden ser aprovechadas. El calor geotérmico utilizable reside en las rocas húmedas de las que puede producirse vapor que se utiliza para producir electricidad (fuentes geotérmicas de alta energía) o para producir agua caliente (fuentes geotérmicas de baja energía)

La profundidad de los yacimientos suele estar entre 1,5 y 3 Km. A esta profundidad, el vapor suele estar cargado de sustancias disueltas y gases que ocasionan precipitaciones y emanaciones a presión atmosférica, lo cual obliga al uso de tecnologías para prevenir el taponamiento de las tuberías por el precipitado y al cuidado en el manejo de los gases desorbidos. Los yacimientos más importantes se localizan en California, USA, Filipinas e Islandia. La capacidad mundial actual de generación se estima en 12,8 GW (*Geothermal Energy Association*, 2015). En Venezuela existe un yacimiento en la zona de El Pilar (Edo. Sucre) con una capacidad estimada en 150 MW (Duran, 2009).

La ventaja de esta fuente es que su aprovechamiento resulta poco costoso para los países que poseen buenos yacimientos, la desventaja es que la energía generada debe consumirse en el lugar en que se produce, y el vapor geotérmico ocasiona problemas de contaminación. Su potencial mundial es bajo.

2.6 Energía Mareomotriz

El movimiento de las mareas, producto del campo gravitatorio lunar, puede ser aprovechado desde el punto de vista energético. En efecto la diferencia de cotas entre las mareas bajas y altas puede representar una energía potencial interesante en ciertas localidades. Para ello se construye una presa de marea que permanece abierta en condiciones de marea alta y luego se

cierra al comenzar a bajar la marea reteniendo el agua en la bahía. A partir de este instante se comienza a turbinar el agua para generar la electricidad. La mayor instalación mareomotriz se encuentra en Rance, en la Bretaña francesa, con una potencia instalada de 240 MW y que ha funcionado sin dificultades desde 1968 (Lucena, 2000)

La ventaja de la energía mareomotriz es que además de ser una fuente limpia, se puede anticipar con precisión la energía que se producirá en cada instante. Las desventajas son similares a las de los embalses hidroeléctricos.

3 Las Energías no Renovables no Convencionales

Son fuentes que se han estado aprovechando en las últimas décadas en las que el aumento del costo de las energías convencionales las ha hecho rentables y competitivas. Estas son:

3.1 El metano en estratos de carbón

Es una fuente de gas no convencional, principalmente metano absorbido en los mantos de carbón. Se le llama “gas dulce” porque no contiene sulfuro de hidrógeno. En el yacimiento, el metano se encuentra dentro de los poros del carbón y también puede encontrarse como gas libre en las fracturas del manto, donde también hay presencia de agua. Para extraer el gas se perfora un pozo introduciéndose una tubería de acero hasta llegar al manto. El agua y el gas ascienden por la tubería a medida que se libera la presión del yacimiento. Los pozos de gas en estratos de carbón suelen producir menos gas que los pozos en yacimientos convencionales, máximo 300.000 pies³ por día, y la inversión requerida suele ser más costosa. Si el metano contiene ciertas cantidades de gases no inflamables como el nitrógeno y el dióxido de carbono, deberá ser depurado o el metano deberá ser mezclado con un gas de mejor contenido energético para lograr una calidad comercial. Este metano de estratos de carbón es una fuente importante de energía en Estados Unidos, Canadá y Australia. La desventaja de esta fuente energética es que su uso emite gases de invernadero y adicionalmente se producen escapes de metano en la extracción. El agua de producción puede contener sustancias indeseables como sales disueltas y metales pesados.

3.2 El gas en sedimentos de baja permeabilidad (tight gas)

Se trata de recursos de gas natural localizados en yacimientos constituidos por sedimentos de baja permeabilidad (areniscas y carbonatos), que pueden extraerse gracias a la tecnología de fractura hidráulica del yaci-

miento. En estas formaciones los poros donde se encuentra el gas o bien se distribuyen de forma muy irregular, o tienen muy baja conexión con los estrechos capilares de la formación, lo cual reduce la permeabilidad o movilidad del gas. Los depósitos de gas natural convencionales poseen un nivel de permeabilidad de 0,01 hasta 0,5 darcy, pero en las formaciones de baja permeabilidad que contienen el gas, esta es inferior a 0,1 mili-darcy o incluso en el orden de micro-darcy (Shell, Web) En tales yacimientos los métodos de recuperación secundaria del gas (suministro energía al yacimiento desde la superficie) no funcionan, porque extraen el gas a tasas muy lentas. Es necesario perforar el yacimiento tanto como sea posible, con pozos horizontales o con perforaciones direccionales. Una técnica común consiste en perforar muchos pozos direccionales para maximizar el flujo del gas, para luego proceder a la estimulación del yacimiento mediante la acidificación de los pozos para fracturarlo. Ello se logra bombeando el fluido de fracturamiento a alta presión en el pozo, los ácidos disuelven la piedra caliza, la dolomita y la calcita, revitalizando la permeabilidad al provocar fisuras en la formación.

La técnica moderna de fractura de formaciones comenzó en 1998. Nick Steinsberger, un ingeniero de petróleo graduado de la Universidad de Texas-Austin en 1987, quien propuso en 1998 fracturar los pozos usando solo mucha agua junto con arena para mantener las fracturas y algunos productos químicos. Esta técnica reemplazo al uso de mezclas de geles que era practicada previamente. Steinsberger tuvo éxito y se le asignó la invención de esta técnica moderna (González, 2015)

Los países que han estado explotando estos yacimientos de gas son: USA, Canadá, Australia, México, Venezuela (Yucal-Placer), Argentina, Indonesia, China, Rusia, Egipto y Arabia Saudita. Las reservas mundiales se estiman en 310 billones de m³(Total, 2005) y las reservas recuperables en 76 billones de m³(UNEP, 2012)

3.3 Petróleo y Gas de Lutitas (shale oil and shale gas)

Son hidrocarburos que se encuentran en formaciones rocosas sedimentarias de grano muy fino. Este tipo de hidrocarburos se extrae de zonas profundas en terrenos donde abunda el esquisto, las lutitas o las argilitas ricas en materia orgánica. El interior rocoso de la lutita presenta baja permeabilidad, lo que impide el ascenso del hidrocarburo a la superficie. Por tanto, para la extracción comercial, es necesario fracturar la roca hidráulicamente. El proceso de producción del petróleo y gas de lutitas es mucho más complicado que para el gas en sedimentos de baja permeabilidad. Estos

hidrocarburos se han mantenido en la roca donde se formaron, y no han migrado hacia estratos más permeables. El proceso de producción de petróleo y gas de lutitas es mucho más complicado que para el gas en sedimentos de baja permeabilidad, se requieren más procedimientos para crear las fracturas para que el hidrocarburo fluya, y se requiere un volumen mucho mayor de fluidos de fracturamiento. La cantidad de agua requerida para la fractura de un solo pozo es en promedio 19 millones de litros. La explotación utiliza mayoritariamente pozos horizontales. La tasa de declinación de los pozos es alta.

Los recursos disponibles son inmensos, se estiman en 7.299 billones de pies³ de gas de lutitas en 2014, es decir del mismo orden de magnitud que las reservas de gas convencional. Asimismo, la reserva mundial de petróleo de lutitas se estima en 345 mil millones de barriles (González, 2015) Los países que poseen gas de lutitas son China (1.115 billones de pies³), Argentina, Argelia, USA, Canadá, México, Australia, Sudáfrica, Rusia y Brasil, mientras que las reservas de petróleo de lutitas se encuentran en Rusia (75 mil millones de barriles), USA, China, Argentina, Libia, Venezuela (cuenca de Maracaibo), México, Pakistán, Canadá e Indonesia. La producción de gas de lutitas en USA se incrementó desde 5.000 millones de pies³/día en 2007 hasta 40.000 millones de pies³/día en la actualidad. Este aumento ha ocasionado una caída de los precios del gas natural en alrededor de 30% en el mismo periodo. La producción de petróleo de lutitas en este mismo país aumentó desde 0,5 millones de barriles en 2008 hasta 4,5 millones de barriles en la actualidad (González, 2015)

A producción tanto del metano en estratos de carbón, como el de gas en sedimentos de baja permeabilidad y gas de lutitas tiene el potencial de generar emisiones considerables de gases de invernadero, ocasionar conflictos por el uso de recursos hídricos y contaminar acuíferos. En efecto, la fuga accidental de fluidos de fracturamiento y la descarga de aguas industriales indebidamente tratadas ha ocasionado incidentes de contaminación en Wyoming, USA. Sin embargo si las operaciones se realizan cuidadosamente la probabilidad de ocurrencia de estos impactos se reduce considerablemente. La potencial ocurrencia de sismos por operaciones de fractura de yacimientos no se ha observado (MIT Energy Initiative, 2011)

3.3.1 Lutitas Bituminosas (oil shale)

Son formaciones de lutita que poseen en abundancia un material orgánico (llamado querógeno) a partir del cual se puede producir petróleo. El

querógeno en la lutita bituminosa puede ser convertido en petróleo mediante un proceso químico conocido como pirólisis. Durante la pirólisis, la lutita bituminosa es calentada hasta 445-500 °C en ausencia de aire, produciendo un hidrocarburo que es separado en un proceso llamado “*retorting*” La producción es más costosa que la de crudos convencionales, tanto desde el punto de vista financiero como de los impactos ambientales.

Las reservas mundiales se estiman entre 4,8 y 5 billones de barriles de hidrocarburos en sitio. Estas reservas comienzan a hacerse atractivas cuando el precio del petróleo aumenta excesivamente, pero su explotación ocasiona problemas de uso de la tierra, disposición de desechos, aguas residuales y emisiones de gases de invernadero (USEPA, 2000) Los mayores depósitos se encuentran en USA, pero los países que actualmente explotan lutitas bituminosas son Estonia y China, y en menor escala Brasil, Alemania y Rusia.

3.4 Arenas Bituminosas (tar sands)

Son mezclas muy viscosas de arcilla, arena, agua y bitumen, que pueden ser extraídas y procesadas para producir un bitumen rico en petróleo. El bitumen presente en las arenas no se pueden bombear de la mezcla en su estado natural, debe ser extraído mediante minería superficial (a cielo abierto), o también se puede extraer el petróleo mediante calentamiento subterráneo para luego llevarlo a una planta de mejoramiento con el fin de obtener un crudo sintético de mejor calidad. Extraer el petróleo de las arenas bituminosas es más complejo que extraer el petróleo de yacimientos convencionales pues requiere de un proceso de extracción seguido de otro de separación y luego de mejoramiento del petróleo.

Existen arenas bituminosas en muchos países, pero las reservas más grandes están en Canadá, Kazakstán and Rusia. Las reservas probadas mundiales se estima que contienen 100 mil millones de barriles de petróleo, sin embargo, se considera que el avance tecnológico permitirá desarrollar procesos que pueden aumentar la tasa de extracción, llevando la cantidad de reservas probadas a 200 mil millones de barriles. Solamente Canadá posee una producción comercial de gran escala que totaliza 2 millones de barriles diarios. La explotación de estas arenas afecta el suelo, los recursos hídricos por la necesidad de grandes cantidades de agua y durante la separación emite cantidades importantes de gases de invernadero y otras emisiones (National Petroleum Council, 2011) Además, varios metales pesados están presentes en las arenas bituminosas y pueden concentrarse en el proceso de extracción (Kelly et al. 2010) En particular, se ha detectado contaminación por mercurio en la explotación de arenas en Alberta, Canadá.

3.5 Hidratos de Metano

Se trata de un compuesto sólido en el cual grandes cantidades de metano están contenidas dentro de la estructura cristalina del agua, formando un sólido similar al hielo (USGS, 2009). Se encuentra en los sedimentos del fondo de los océanos del planeta, específicamente en las regiones polares donde la temperatura es inferior a 0 °C. Se cree que estos hidratos se formaron por la migración de gas natural desde profundidades subterráneas a lo largo de fallas geológicas, seguido de la precipitación y cristalización al entrar en contacto con el agua helada del océano. Las existencias se estiman entre 1 y $5 \times 10^{15} \text{ m}^3$ y equivalen a entre 2 y 10 veces las reservas conocidas de gas natural convencional. Actualmente no se ha desarrollado una tecnología para su extracción, que permita la explotación. El metano es un potente gas de efecto invernadero y algunos autores han expresado que si el cambio climático llegase a descongelar en gran escala el permafrost del Ártico, se liberarían a la atmósfera enormes cantidades de metano, occasionando una retroalimentación que haría totalmente incontrolable el cambio climático (Vonk *et al.*, 2013).

BIBLIOGRAFÍA

ALCOBER, V.

2014. *Enrico Fermi y los primeros reactores nucleares americanos*. Sociedad Nuclear Española. Madrid.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

1996. *The Ecosystem of Oil*. API Special Issues Department. Washington DC.

ATHERTON, W. A.

1984. *From Compass to Computer*. San Francisco Press. San Francisco.

DURAN, V.

2009. Aprovechamiento de las Energías Renovables para la Preservación del Ambiente. MPP para la Energía y Petróleo.

GEOTHERMAL ENERGY ASSOCIATION

2015. 2015 Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL

2015. Global Wind Statistics 2014. Web: http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/02/GWEC_GlobalWindStats2014_FINAL_10.2.2015.pdf

GÓMEZ, J. A.

2015. El potencial hidroeléctrico nacional. Informe de Relatoría del Foro Seguridad Energética: Amenazas a la Generación Hidroeléctrica en Venezuela. Mayo 2015. Caracas.

GONZÁLEZ, D.

2015a. Explotación de Hidrocarburos de Lutitas. Desafíos y oportunidades. Presentación realizada en la Universidad Metropolitana, el 03 de junio 2015. Caracas.

2015b. Barriles de Papel No 129. ¿Qué es el fracking? Web.: http://inteligencia_petroliera.com.co/inicio/barriles-de-papel-n-129-que-es-el-fracking-por-diego-j-gonzalez-cruz/

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

2012. World Energy Outlook.

2014. Key World Energy Statistics.

IPCC

2007. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (1996 IPCC Guidelines), IPCC, Bracknell, UK

KELLY, E.N., D.W. SCHINDLER, P.V. HODSON, J.W. SHORT, R. RADMANOVICH AND C.C. NIELSEN

2010. Oil sands development contributes elements toxic at low concentrations to the Athabasca River and its tributaries. *PNAS* 107 (37): 16178-16183.

LAKOFF, S. AND J. OPIE

1982) *Energy and American Values*. New York: Praeger Publishers.

LUCENA, A.

2000. *Energías Alternativas*. Editorial Acento. Madrid

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY ENERGY INITIATIVE

2011. *The Future of Natural Gas: An Interdisciplinary MIT Study*. MIT Publ.

MINISTERIO DEL PODER POPULAR DE PETRÓLEO Y MINERÍA

2014. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela n° 40.392 del viernes 11 de abril de 2014

NATIONAL PETROLEUM COUNCIL

2011. Prudent Development: Realizing the Potential of North America's Abundant Natural Gas and Oil Resources, p. 22

PETRÓLEOS DE VENEZUELA, S.A.

2019. Reservas Gasíferas. Web.: http://www.pdvsa.com/PESP/Pages_pesp/aspectos_tecnicos/gasnatural/reservas_gasiferas.html

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION

2014. World Fuel Ethanol Production. Web .: <http://ethanolrfa.org/pages/World-Fuel-Ethanol-Production>

SÁNCHEZ J.C. y E. GÓMEZ

2008. Geografía de la energía bajo el signo de los hidrocarburos. *En GeoVenezuela*, Tomo 3. Fundación Empresas Polar. Caracas.

SHELL

2019. Understanding Tight and Shale Gas. Web. <http://www.shell.us/aboutshell/shell-businesses/onshore/shale-tight.html>

SOLAR POWER EUROPE

2014. Global Market Outlook for Solar Power 2015-2019. Web.: http://www.solarpowereurope.org/fileadmin/user_upload/documents/Publications/Global_Market_Outlook_2015_-2019_lr_v23.pdf

STATISTA

2014. The world's biggest biodiesel producers in 2014. Web site.: <http://www.statista.com/statistics/271472/biodiesel-production-in-selected-countries/>

TOTAL

2005. Tight Gas Reservoirs Technology-intensive resources. *The Know-How series*. Paris.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY

2009. Gas Hydrate: What is it? Web.: <http://web.archive.org/web/20120614141539/http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/hydrates/what.html>

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM

2012. Gas fracking: can we safely squeeze the rocks? Global Environmental Alert Service. http://na.unep.net/geas/getUNEPPageWithArticleIDScript.php?article_id=93

US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION

2019. International Energy Statistics. Web.: <http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=5&pid=57&aid=6>

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

2000. *Environmental Impacts from Mining. The Abandoned Mine Site. Characterization and Cleanup Handbook*. August 2000. 1–11.

VONK, J. E. AND O. GUSTAFSSON

2013. Permafrost carbon complexities. *Nature Geoscience* 6.

Juan Carlos Sánchez M.

Ingeniero Industrial y Docteur-Ingenieur del Institut National des Sciences Appliquées, Toulouse, Francia. 37 años de experiencia. Trabajó durante 22 años en proyectos ambientales en la industria petrolera de Venezuela en las áreas de evaluación de la contaminación, tratamiento de aguas residuales industriales, cambio climático, estudios de impacto ambiental, auditorías ambientales y planificación ambiental. Consultor ambiental de empresas desde 2001 y Profesor de la Facultad de Ingeniería de la UCV. Fue asesor técnico de las Delegaciones Venezolanas que participaron en las Negociaciones de la Convención de Cambios Climáticos y del Protocolo de Kyoto de Naciones Unidas. Fue miembro del Panel de Expertos en Cambio Climático (IPCC) de Naciones Unidas, Premio Nobel de la Paz 2007.

CAPÍTULO VI

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

1 Clasificación de la contaminación

La contaminación puede ser biológica, física o química.

La contaminación biológica la producen los microorganismos: virus, bacterias, hongos y otros que puedan causar enfermedades. Esta contaminación en el agua fue la primera estudiada y que dio origen a su control mediante obras sanitarias: potabilización del agua de consumo humano, recolección de las aguas servidas y tratamiento de éstas.

La contaminación física es la causada por radiaciones electromagnéticas, incluyendo las ionizantes y por el ruido y el calor.

La contaminación química es la causada por sustancias químicas. Según información de la EPA (2010)¹ había más de 83 mil productos químicos de uso cotidiano y se incrementa a razón de 1000 anualmente; el universo de sustancias químicas existentes es de más de 8 millones.

1.1 Contaminación Biológica

Consiste en la presencia de microorganismos -hongos, bacterias, virus o protozoarios- en un sustrato ajeno a su hábitat o en concentraciones por encima de las naturales. Desde el punto de vista humano, es la presencia de microorganismos patógenos en algún recurso -aire, agua, alimento, suelo- que pueda ingresar al cuerpo humano. Desde el punto de vista ambiental es la presencia de esos microorganismos y que rompen el equilibrio ecológico.

La investigación epidemiológica descubrió la causa de muchas enfermedades transmisibles a través del agua y de los alimentos que han dado origen al control sanitario de los alimentos y del agua y ha logrado el mejoramiento de la expectativa de vida desde el siglo XIX en muchos países.

El centro de las actividades en Ingeniería Sanitaria ha sido el desarrollo de técnicas de captación, transporte, tratamiento y distribución de las aguas para el consumo del agua potable y la recolección, transporte y tratamiento de las aguas servidas para evitar que contaminen los cursos de aguas (ríos, lagos y mares).

El suelo constituye una capa delgada de material sobre la superficie terrestre. Tiene cinco componentes principales: partículas minerales inorgánicas

(aluminio, sílice y otros), residuos orgánicos (humos), agua, aire (algo de CO₂) y sistemas biológicos (plantas, insectos y otros animales pequeños y microorganismos). Un gramo de suelo agrícola puede tener hasta 2,5 millardos de bacterias y 0,5 millones de hongos.

Las infecciones humanas originadas en el suelo por la penetración a través de la piel son la de helmintos (lombrices) y por el agua de la bilarziosis.

El suelo es útil para la degradación de las basuras domésticas en los rellenos sanitarios en la utilización de lodos en terrenos agrícolas y en el tratamiento de aguas residuales. La contaminación de suelos por residuos tóxicos elimina esta capacidad.

Todas las aguas no potables contienen bacterias: aguas naturales, 10³ bacterias por 100 ml, y en aguas negras, 10⁸. Los microorganismos aeróbicos son útiles para digerir las aguas servidas domésticas y así se utilizan en los procesos de lodos activados. También son útiles los anaeróbicos que se utilizan para generar metano de los residuos orgánicos.

A través del aire son transmitidas las enfermedades respiratorias: tuberculosis pulmonar, influenza y micosis pulmonar. En todos estos casos los microorganismos llegan a los alvéolos pulmonares en partículas o aerosoles de 0.1 a 10 micras de tamaño.

1.2 Contaminación Física

Consiste en algunas formas de energía presente en un sustrato que constituya un recurso ambiental en dosis que sobrepasen las naturales.

La emisión térmica por radiación o la descarga de un cuerpo con altas temperaturas en cuerpos de agua son ejemplos, los cuales pueden causar muerte de especies (flora y fauna).

La emisión de ruido en altos niveles de intensidad es otro ejemplo de contaminación física que pueda causar trastornos psico-neurológicos en la población.

La emisión de radiación ionizante o partículas radioactivas se considera de naturaleza física y ha causado graves consecuencias (cáncer, deformaciones y genéticas), sobre todo cuando han ocurrido desastres (Chernobil, 1986 y Fukushima, 2013).

1.3 Contaminación Química

La contaminación química se hizo evidente en la explotación minera de metales pesados y en la minería del oro. La primera en las minas de plomo

y mercurio por el daño de enfermedad laboral de intoxicación de esos metales, y en los de oro, porque está asociado al cuarzo y en profundidades (con escasa ventilación), su explotación causaba la enfermedad profesional de silicosis (fibrosis pulmonar).

Los estudios epidemiológicos de las ocupaciones dieron origen a la asociación de enfermedades (profesionales) con la ocupación: cáncer del escroto en los limpiadores de chimeneas (causadas por el alquitrán formado en la chimenea); locura de los fabricantes de sombreros (por el mercurio utilizado en el proceso) y saturnismo en los fundidores de plomo. Pero, el problema desbordó al ambiente laboral en la revolución industrial. La razón fue doble. La primera, por la aglutinación de una gran producción, con la consecuente alta emisión de contaminantes que causó una alta concentración en los alrededores de las viviendas. La segunda, con la expansión exponencial de la producción de la industria química que comenzó a invadir todas las actividades humanas con productos sustitutivos de otras más “naturales”.

Plásticos en lugar de vidrio, fertilizantes sintéticos en lugar de abonos naturales, detergentes en lugar de jabones, herbicidas y pesticidas cada vez más tóxicos, en lugar de controles naturales de malezas e insectos y roedores; aditivos a los alimentos, cosméticos y solventes.

Aunque han existido contaminantes naturales: erupciones volcánicas y mico-toxinas que contaminan granos; la mayor contaminación es originada por las actividades humanas (antropogénicas). La explotación minera, petrolera, la agricultura y la industria constituyen las fuentes principales de contaminantes químicos. Pero el transporte, la generación eléctrica y el creciente consumo de productos químicos en el comercio y en el hogar han diseminado ampliamente la generación de contaminantes químicos.

2 Toxicología

La toxicología es el estudio de la naturaleza y la acción de los venenos³. La mayor atención histórica la cobró el efecto sobre los humanos y así evolucionó el conocimiento toxicológico. En el siglo XIX fueron desarrollados los métodos para la identificación de venenos, como el del arsénico, en el área denominada toxicología forense. En el siglo XX la preocupación por la salud de los trabajadores expuestos a diversos productos químicos, dio origen a la toxicología industrial, fuente del mayor conocimiento sobre la toxicidad y otras propiedades dañinas de los productos químicos: corrosividad, explosividad inflamabilidad, reactividad y radiactividad.

El efecto de las sustancias tóxicas en los seres humanos depende de: la relación dosis-respuesta, y los criterios correspondiente, la vía de exposición y su distribución en el cuerpo.

3 Relación dosis-respuesta

El daño potencial de cualquier sustancia solo se manifiesta cuando hay contacto con un sistema biológico vivo. Se requiere cierta cantidad mínima de productos considerados tóxicos para que manifiesten efectos dañinos y cualquier sustancia considerada inocua en enormes cantidades producirá efectos deletéreos. Por consiguiente, la potencialidad de daño a un sistema vivo es cuestión de cantidad-dosis-recibida y así se expresa.

Se mide la toxicidad por el valor estadístico que produce la muerte del 50 por ciento de los animales utilizados en el experimento, expresado en peso del tóxico (mg) por peso del animal (kg). Se expresa como DL^{50} [mg/kg]. Una sustancia con un valor mayor de 15 gramos por kg de peso (vía oral en ratas) se considera inofensiva y con un valor menor de 1 mg/kg, se considera extremadamente tóxica.⁴

Para obtener un indicador de toxicidad se hacen ensayos en diversos animales; ratas, ratones y conejos. Todos son mamíferos y pueden ser una buena referencia para la toxicidad en humanos. Además, pueden hacerse ensayos exponiendo los animales por vía oral, respiratoria, dérmica e intravenosa. El estudio con animales, además de aportar datos sobre mortalidad, ofrece información sobre órganos dañados, crecimiento, fisiología y transformación del tóxico en el organismo. Información última que ayuda a identificar contaminantes por el producto transformado (llamado metabolito) excretado en la orina. Por ejemplo, la exposición a benceno, fenol y anilina produce sulfatos orgánicos, el alcohol metílico produce ácido fórmico. Estos estudios han arrojado además información de efectos en la reproducción, como deformaciones en el feto (efecto teratogénico) y efectos cancerígenos.

4 Vías de penetración

Los contaminantes ambientales que causan daño al cuerpo humano pueden penetrar a través de la piel, de la vía digestiva o de la vía respiratoria.⁵

La piel es permeable, a pesar de su protección natural grasosa. Hay contaminantes que la penetran con facilidad: la anilina, la nitroglicerina y el tetra etilo de plomo, son ejemplos de ello.

Las infecciones pueden ser adquiridas por picaduras de insectos y por rotura en la piel. Por vía digestiva ingresan los contaminantes con alimentos consumidos y el agua bebida, la mayoría de las infecciones se adquieren por esta vía y las intoxicaciones por productos químicos, como los pesticidas, pueden entrar de ese modo.

La inhalación es la vía más peligrosa para los contaminantes químicos, pues hay que respirar todo el tiempo, se ingiere diariamente el equivalente a 36 kg de aire y aunque existan concentraciones bajas de contaminantes en el aire, la dosis diaria podría ser alta. Por otro lado, el sistema respiratorio apartando el atrapamiento de partículas de diámetro mayor a 10 micras en el tracto superior, no tiene defensa alguna con el ingreso de contaminantes en el alvéolo pulmonar, es como si inyectáramos el contaminante por vía intravenosa.

Los contaminantes al ingresar al organismo pueden ejercer una acción local: irritación; tal es el caso de los ácidos y bases, aunque muchos solventes derivados del petróleo también causan afecciones en la piel denominadas dermatitis.

La acción de contaminantes es variada y depende de la velocidad de absorción, la distribución del contaminante en los tejidos y líquidos del cuerpo, velocidad de excreción del contaminante, el destino de este en el cuerpo, y los efectos específicos sobre los tejidos.

Por otra parte, el efecto en las personas dependerá de la edad, el estado de salud y de exposiciones previas.

5 Clasificación de los contaminantes químicos

Para facilitar el estudio de los contaminantes hay una clasificación física, química y biológica.

La clasificación física tiende a ordenar los contaminantes del aire⁶: gases y vapores, aerosoles, humos, polvos y nieblas.

La clasificación química los ordena según su afinidad química: halógenos, metales, alcalinos, etc.

La clasificación fisiológica los ordena según su acción biológica: irritantes, asfixiantes, anestésicos, sanguíneos, pulmonares, neurotóxicos y que causan daño a los órganos⁷ del cuerpo encargados de la desintoxicación: hígado y riñones.

6 Fuentes de los contaminantes

Los contaminantes como productos que tienen algún uso, poseen un ciclo de vida: generación de su materia prima (minería, extracción de petróleo, agricultura, explotación forestal, pesca, cría de animales, transporte, transformación en productos utilizables (manufactura), distribución de productos (comercio) uso del producto (industrial, comercial y doméstico) y desecho del producto o parte de él, o su contenedor. En todos esos pasos se generan desperdicios y que deben ser dispuestos, utilizados o transformados y que pueden constituir contaminantes. Por consiguiente, todas las actividades económicas y aun las domésticas constituyen fuentes de contaminantes.

Las instalaciones a gran escala de producción: minas, industrias, actividades agrícolas que están físicamente concentradas, generan gran cantidad de residuos que pueden ser contaminantes.

La minería, refinación y uso industrial de metales pesados (plomo, mercurio, arsénico, cadmio, estaño, cromo, zinc y cobre), constituyen todas ellas, fuentes de contaminantes de alta toxicidad y que persisten en el ambiente y pueden entrar en la cadena alimenticia incluyendo a los humanos.

Existe otro grupo importante de productos de gran utilidad por ser la base de plásticos, fibras, gomas, barnices, solventes y pesticidas. Muchos de ellos no son biodegradables, es decir, que no hay microorganismos que lo digieran y puedan transformarlos en productos inorgánicos, agua y dióxido de carbono.

Ese efecto de no asimilación hace que los seres vivos no lo metabolicen y lo acumulen en su organismo, causando daño a algún sistema vital. A este fenómeno se le denomina bio acumulación. Tal es el caso de los hidrocarburos halogenados, que son hidrocarburos en los cuales uno o más átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de halógenos (flúor, cloro, bromo o yodo).

Ejemplo de ello son: el cloruro de polivinilo , un plástico de amplia utilización, el DDT como pesticida, el tetracloruro de carbono como solvente, los bifenilos policlorados como aislantes eléctricos.

En el caso del DDT con una concentración de 3 y 10^{-6} ppm en el agua, puede encontrarse 0,04 ppm en el fitoplancton 0,20 en el zooplancton, 2,0 en peces pequeños y 20 en aves pescadoras. Este efecto multiplicador de la bio acumulación se denomina biomagnificación. Esta puede alcanzar niveles altos de intoxicación.

La enfermedad de Minamata, acumulación de mercurio en el organismo de pescadores (por consumir peces con alta concentración de mercurio) que fue causada por el derrame de residuos químicos de una planta que descargaba donde los pescadores laboraban en esa localidad Japonesa; más de 100 pescadores fallecieron y más de 150 sufrieron daños cerebrales.

El riesgo de desechos tóxicos se muestra con el caso del “*Love Canal*” en Estados Unidos. Este cauce abandonado sirvió, en la década de los 30 y 40 del siglo pasado, como cementerio de bidones de desechos químicos (alrededor de 20 mil toneladas). Después de cubierto de tierra el terreno y pasado a la Municipalidad, se construyeron viviendas. Un material pegajoso y negro comenzó a brotar del suelo y aparecieron erupciones y quemaduras dérmicas y trastornos físicos y nerviosos en sus habitantes. Peor aún, abortos y defectos congénitos. En 1978 se analizó el material y se determinó que contenía numerosos hidrocarburos clorados. Después de demandas hubo reubicación de familias y demolición de 100 casas. Este caso ilustra lo grave que resulta la disposición de residuos químicos sin el control adecuado. Estudios en pozos profundos de agua dieron como resultado que contienen hidrocarburos clorados, provenientes de rellenos sanitarios no apropiados para desechos tóxicos.

7 Casos de contaminantes

7.1 Casos de un contaminante metálico: Mercurio

El mercurio es un metal líquido o temperatura ambiente; a esa temperatura, su tensión de vapor es débil, por lo que emite vapores. El riesgo de intoxicación proviene de esos vapores de las sales inorgánicas mercuriales y los compuestos de hidrocarburos: metil-mercurio, etil-mercurio, e insopropil-mercurio. El mercurio ambiental en su mayoría es natural, por desgasificación, evaporación, por reacciones químicas o por erupciones volcánicas, se transforma en compuestos mercuriales bio-acumulándose en las cadenas alimentarias humanas⁷.

El mercurio de origen antropogénico proviene principalmente de las descargas mineras industriales (extracción y refinación) de quemas combustibles sólidos (carbón), elaboración de cosméticos y uso como pesticida.

La información epidemiológica suministra, que ya en el siglo XIX hubo muchas intoxicaciones por incendios en minas de mercurio en la India y por derrame de mercurio metálico en un buque británico. El caso de Minamata ya mencionado es un caso emblemático de contaminación química.⁸

El mayor número de casos se han producido por el mal uso de semillas pre tratadas con fungicidas mercuriales, en la elaboración del pan: 100 granjeros (14 muertes) intoxicados en Irak (1956), 321 (35 decesos) también en Irak en 1961.⁹

En Venezuela destaca la evaluación hecha en el Caño Alpargatón, en Morón de los residuos vertidos por la planta cloro-soda de la Petroquímica. De los 78 trabajadores estudiados el 23.2% tenía intoxicación por mercurio.¹⁰

7.2 Caso de contaminantes: pesticidas

Los pesticidas o plaguicidas son sustancias químicas que se utilizan para disminuir la población de insectos, hongos y roedores, otros animales y maleas hierbas que representan una plaga para la agricultura y para la salud humana. Según la población objetivo, adopta el nombre de insecticidas, fungicidas, rodenticidas o herbicidas.

Con nuevas técnicas de cultivo y el uso de fertilizantes sintéticos han contribuido con el aumento de la producción agrícola. Sin embargo, los efectos sobre el ambiente fueron ya notorios desde los años sesenta del pasado siglo: acumulación de insecticidas clorados en la cadena alimenticia (planta, herbívoro, carnívoro, humano) y en el impedimento de la vida sub acuática por el exceso de alga superficial causada por el exceso de nutrientes (fertilizantes) en los cuerpos de agua (eutrofización).

Los pesticidas actúan por ingestión, contacto, por acción residual de manera sistémica por inhalación o repelentes. Por ingestión se agregan a las plantas para que los insectos al comerla se los traguen. Los de contactos se aplican directamente en los insectos; los residuales se aplican en las superficies por donde pasan; los sistémicos se aplican en plantas o animales y son absorbidos y transferidos a sus partes para que los insectos que se alimentan lo ingieran. Los rociados se emplean en forma de aéreo soles y sean inhalados; y los repelentes los alejan de las plantas o animales.

Hay insecticidas inorgánicos y orgánicos. Los primeros, derivados de arsénico, fluor, plomo y cobre se usaron en grandes cantidades antes de 1945. El uso sanitario exitoso y masivo del DDT (dcloro difenil tricloroetano) a partir de esa fecha y luego del isómero gamma del HCH (hexacloruro de benceno) abrió el extenso camino de uso de insecticidas clorados: TDE, metoxicloro, dilán, clordano, heptacloro, aldrín, dieldrín, endrín, toxafeno y thiodan. Debido a su gran persistencia en el ambiente y a la bio acumulación, su uso ha disminuido y en algunos países están prohibidos.

Los insecticidas orgánicos fosforados de mayor toxicidad fueron desarrollados de manera paralela: paratión, metilparatión, TEDP (tetractilpiro-fosfato), clorotión, malatión y diazinón, Tienen la ventaja en comparación con los clorados: baja persistencia en el ambiente, no son acumulados y se descomponen en compuestos no tóxicos. A pesar de ello son extremadamente tóxicos para humanos y vertebrados.

Otro grupo de insecticidas son los carbomatos: dimetán pyrotan, isolan, etc. Los carbonatos tienen las desventaja que actúan sobre insectos polinizadores y como los fosforados inhiben a la enzima colinesterasa que tiene una función vital en la transmisión de impulsos nerviosos. Hay insecticidas obtenidos de plantas: nicotina, rotenona y pirrotina.

La mayoría de los pesticidas han sido incluidos en legislaciones de varios países del mundo que los prohíben y están en los productos químicos incluidos en convenios internacionales como el: Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (GOE 5754, 3.01-05) ratificado por Venezuela (18-7-2015) y el Convenio de Basilea sobre el control de movimientos fronterizos de desechos peligrosos y su eliminación, aprobado en Venezuela por una ley del (GOE36396,16-2-1998) ley sobre sustancias materiales y desechos peligrosos (GOE, 5554 del 13-01-01).¹¹

7.3 Casos de contaminantes de hidrocarburos

El petróleo y el gas natural son unas de las principales fuentes de energía, ambos están constituidos por hidrocarburos, es decir que contienen carbono e hidrógeno en su estructura molecular. Los saturados ($C_n H_{n+2}$), las olefinas ($C_n H_{2n}$), y los acetilénicos ($C_n H_{2n-2}$). los cíclicos como los saturados y los aromáticos que tienen una estructura cíclica (anillo bencénico) con dobles enlaces; pueden tener un anillo, dos o muchos.

Los derrames petroleros han sido los más lamentables casos de contaminación. El accidente más emblemático fue el derrame de más de 40 millones de litros (260 mil barriles) en Alaska por el barco Exxon Valdez en 1989 causando pérdidas por más de 15,8 millardos de dólares, y causando la muerte de más de 300 mil aves y 3 mil nutrias.¹²

La sustitución del carbono por halógenos (Br, Cl o I) ha dado origen a productos de una altísima utilidad (solventes, pesticidas aislantes y materia prima para plásticos) en décadas pasadas, pero, con la investigación toxicológica ambiental han sido considerados peligrosos y varios se han prohibido.

Los hidrocarburos cílicos, con anillos aromáticos, también halogenados han dado origen a plaguicidas (DDT entre otros). Los policlorofenilos, conocidos como PCB, son muy usados como plastificantes, como dieléctricos y en lacas, pinturas y barnices; se conocen por diversos nombres comerciales (arodor, clophen, phenodor, etc).

Sus ventajas físicas (poco volátiles, no inflamables, no corrosivos, miscibles con solventes orgánicos y dieléctricos) lo hacen muy usados, pero no se degradan ni se bio transforman. Ha habido alta incidencia de cáncer en la piel y páncreas de trabajadores expuestos a la PCB.

Otros productos de hidrocarburos aromáticos halogenados son las dioxinas (2, 3, 7, 8 tetracloro de benzo-p-dioxina) aunque no son comerciales, aparecen como impurezas en la fabricación de herbicidas y fungicidas, pero con la mayor toxicidad conocida al día de hoy. El grave de accidente de Seveso, Italia, en 1976, por el escape a la atmósfera de más de 1 kg de dioxina causó acné en la población y todavía continua la población en observación, porque se han demostrado efectos teratogénos (defecto congénitos).

8 Evaluación de la contaminación

La evaluación consiste en definir y caracterizar al contaminante en el medio donde se encuentra: aire, agua, suelo, o alimentos y determinar por su concentración y comparar con el valor establecido en una norma técnica o legal. Se requiere equipo de medición y muestreo e instrumental para análisis físico-químico y biológico y personal calificado para realizar la evaluación.

9 Norma legales y técnicas

La preocupación mundial por el deterioro ambiental ha dado origen a normas legales y técnicas de varios países (EUA, RU, Alemania, Francia y otros), de regiones y de organizaciones internacionales (OMS, OIT, PNUD, PNUMA y otras). En nuestro país existen normas sanitarias y otras de calidad del agua y del aire y de descargas al agua y al aire desde hace bastante tiempo.

Las normas legales de calidad del aire, agua y alimentos establecen límites aceptables de varios contaminantes.

Las normas de calidad del aire, fueron establecidas en el Decreto 638 (1995); para las fuentes móviles se establecieron normas de emisión mediante el decreto 2673 (1998). El decreto 638 también contiene límites de emisiones de contaminantes al aire.

Las normas de calidad del agua potable se encuentran en el Decreto 883(1995). También hay normas sobre descargas de aguas servidas a ríos.

Para el agua potable la OMS fijó unos límites de calidad (1984) tanto para el índice coleriforme, que mide la contaminación fecal, como para las sustancias inorgánicas y orgánicas.

10 Contaminantes y su evaluación

Los principales contaminantes químicos del aire son: las partículas, sobre todo la de menor diámetro de 10 micras, el SO₂, óxidos de nitrógeno, y los oxidantes orgánicos denominados PAN, formados por la acción de los rayos ultravioleta y gases orgánicos derivados de la combustión de combustibles fósiles.

Los principales contaminantes químicos del agua son: arsénico, plomo, mercurio, nitritos, nitratos, DDT, dioxinas y PCB.

Para determinar la concentración de contaminantes químicos en aire o en agua hay que tomar muestras y analizarlas en laboratorios especializados, pues las concentraciones son bajas. Se han desarrollado métodos y se han normalizado para que los análisis sean confiables y comparables.

Las Sociedades Estadounidenses de Salud Pública, de Trabajo del Agua y la Federación del Control de la Contaminación del Agua ha actualizado y publicado los métodos normalizados para el análisis de agua y aguas servidas.¹³

Para el aire también existen métodos normalizados para el análisis químico para la gran mayoría de contaminantes.¹⁴

Algunos métodos tanto para agua como para aire están normalizados en nuestras normas COVENIN. Por ejemplo para aire: 22 52 95 para polvo, 24 65 87 para plomo 29 32 92 SO₂ en chimeneas.

10.1 Contaminación del aire

La contaminación del aire o atmosférica se refiere a la presencia de contaminantes en el aire que respiramos y por extensión al aire que constituye un subsistema del sistema global ambiental: biosfera, litosfera e hidrosfera y espacio sideral.

La atmósfera tiene una importancia como filtro de las radiaciones que ingresan y salen de La Tierra y en su clima de tal manera que ha permitido

la vida en el planeta. Constituye una coraza para los millones de aerolitos diarios que recibe contiene el oxígeno que es esencial para la vida vegetal y animal. Con el intercambio con los otros subsistemas permite el cumplimiento del ciclo hidrológico, al almacenar el agua en las nubes y precipitarla como lluvia o nieve. Las variaciones de presión permiten que los vientos sean utilizados como fuente de energía. En su seno permite la navegación aérea y la transmisión de las telecomunicaciones. Constituye por consiguiente, un recurso vital que hay que cuidar.

10.1.1 Constitución de la atmósfera

La atmósfera varía en su composición, y en su temperatura con la altura. Hasta 16 km se denomina troposfera hasta 10 km puede encontrarse aun bacterias, aunque las plantas y los animales habitan a menos de 5 km. En la troposfera la temperatura disminuye con la altura, aproximadamente 0,66 °C cada 100 m.

Su composición -sin contaminantes- es de 78,10% de N₂, 20,95 de O₂, 0,93% de Ar, y 0,03% de CO₂; tiene Ne, He, CH₄, N₂O, H₂ y Xe, pero no totalizan el 0,07%.

Desde 16 km a 50 km, se denomina estratosfera, contiene básicamente O₃ -capa protectora del ingreso de los rayos ultravioletas solares- y por ese proceso de absorción de energía su temperatura aumenta con la altura.

A mayor altura está la mesosfera y la termosfera con escasez de nitrógeno y oxígeno y de poca influencia en los ecosistemas.

10.1.2 Principales Contaminantes

Hay emisiones de contaminantes que por su caudal y concentración representan un mayor riesgo. Tal caso ocurre con las emisiones de las chimeneas de las industrias y tubos de escape de los vehículos automotores.

Los contaminantes tal como son emitidos se denominan contaminantes primarios. Estas son las partículas (sólidas y líquidas) sobre todo las de menor tamaño de 10 micros , et monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO, N₂O y NO₂), óxidos de azufre (SO₂ y SO₃) e hidrocarburos (HC). Con excepción de los HC, todos producen efectos dañinos. Los hidrocarburos contribuyen a transformarse en productos más dañinos como los peroxyacetil nitratos (PAN) con los oxidantes y la acción de la luz ultravioleta.

Hay contaminantes más tóxicos, menos frecuentes que son emitidos por procesos industriales: metales pesados (plomo, cromo níquel, vanadio y

mercurio, entre otros) y varios más como aromáticos polinucleares, mercaptanos, bifenilos y dioxinas, entre otros ya mencionadas.

Hay contaminantes, que han sido transformados en la atmósfera que se denominan secundarios. Tal es el caso del ozono, del ácido sulfúrico y nítrico, los PAN y los radiales libres altamente reactivos, todos oxidantes, y junto a los aldehídos aparecen en el denominado *smog* fotoquímico.

10.1.3 Fuentes de emisión

A pesar que para varios contaminantes las emisiones naturales son mayores, la enorme dispersión de éstas hace que el mecanismo natural de su transformación logre que los niveles conseguidos en los centros poblados no afecten a la población.

Las fuentes fijas características son las industrias. Una fuente de más de 100 toneladas anuales se considera altamente contaminante; otra que emita 25 toneladas de un contaminante con niveles de calidad establecido, se considera una fuente controlable y las instalaciones siguientes también: industrias químicas, petroleras, plantas eléctricas e incineradores municipales. Con fines de evaluación del problema de contaminación y para establecer programas de control oficiales, es necesario realizar un inventario de contaminantes en una población o instalación importante. Para hacer ese inventario es útil disponer de los factores de emisión de cada tipo de fuente¹⁵.

Las fuentes móviles principales son los vehículos automotores, pues representan la principal fuente en las ciudades por el CO, partículas, NO_x, Hidrocarburos emitidos y los contaminantes secundarios transformados.

10.1.4 Efectos

Los contaminantes producen efectos dañinos en los seres humanos, en animales, vegetales, materiales y en obras arquitectónicas y de arte. Unos efectos son directos por impacto que produce en los receptores; pero hay otras que han afectado el clima como el efecto invernadero o calentamiento global con su secuela en el cambio climático y el deterioro en la capa de ozono de la atmósfera que aumenta la exposición o radiación ultravioleta.

La reducción de la visibilidad es un efecto común de la contaminación del aire que afecta el transporte aéreo y automotor.

El efecto a la salud humana ha sido objeto de estudios toxicológicos y epidemiológicos como las relacionadas¹⁶ con el SO₂ y la recopilación de estas en publicaciones, primero por el Ministerio de Salud y luego por la

Agencia Estadounidense Ambiental (EPA) y que han dado origen al establecimiento de máximo permisible en los ambientes de trabajo (40 hrs/semanales de exposición)¹⁷ y a los niveles de calidad del aire¹⁸.

10.1.4.1 Efectos locales

Los principales contaminantes del aire en las áreas urbanas son las partículas suspendidas los componentes orgánicos volátiles, el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxido de azufre, el plomo el ozono y otros oxidantes fotoquímicos.

La contaminación de del aire causa efectos locales regionales y globales. Los locales son aquellos que afectan la salud humana, a la vegetación y a los materiales los regionales son la deposición de lluvia ácida y los globales: la disminución de la capa protectora de ozono de la atmósfera y el calentamiento global.

Los efectos a la salud humana dependen del contaminante. Los daños pueden ser agudos y crónicos y carcinogénico. Los niveles altos de concentración de contaminantes tienen efectos agudos en el sistema respiratorio, que inclusive puede causar la muerte en quienes padecen enfermedades respiratorias o circulatorias. Los efectos crónicos de los óxidos de azufre causan bronquitis .Los de nitrógeno, deterioran el sistema inmunológico y los pulmones son los más vulnerables a virus y bacterias; el ozono y oxidantes irritan los pulmones y con partículas suspendidas pueden producir fibrosis pulmonar. El plomo causa retardo mental en los niños y fue la razón fundamental de eliminar el tetraetilo de plomo de las gasolinas.

La agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud atribuye a la contaminación del aire como uno de los elementos causantes del cáncer del pulmón y de la vejiga al encontrar en el 2010 que la contaminación atmosférica causó 223 mil muertes por cáncer del pulmón. El asbesto y el berilio fueron los principales responsables de esa afirmación.

La contaminación del aire tiene efectos sobre las plantas y afecta la agricultura. Las partículas interfieren con la fotosíntesis, el SO₂ lesiona las hojas y reduce la fotosíntesis, los oxidantes también la lesionan y limitan su crecimiento; los óxidos de nitrógeno hacen caer las hojas prematuramente e inhiben su crecimiento.

La contaminación del aire daña los materiales: deteriora los de construcción (polvo) corroa a los metales, deteriora textiles y pinturas y monumentos

históricos el SO₂ deteriora el caucho textiles y pinturas (oxidantes) y destruye la pintura NO₂.

En nuestro país las áreas más afectadas son las más pobladas y la de alta concentración industrial: Caracas, Valencia, Maracay, Maracaibo, Ciudad Guayana, Barquisimeto, Morón, Amuay y Puerto la Cruz.

10.1.4.2 Efectos regionales

La lluvia ácida consiste en la precipitación de agua, niebla o nieve con alta concentración de ácidos provenientes de la transformación de los óxidos de azufre y de nitrógeno emitidos principalmente en los gases de combustión. Estos alteran la composición del suelo y las aguas y afecta a la agricultura, los bosques y la vida acuática.

Es una contaminación regional puesto que los contaminantes originarios viajan cientos de kilómetros antes de transformarse y afectan regiones alejadas de las fuentes de emisión. Esto ha ocasionado conflictos entre países.

10.1.4.3 Efectos globales

a) Destrucción de la capa de ozono

Después de unos 12 km de atmósfera hasta los 50 km está la estratosfera en la cual hay hasta el 10% de ozono y que brinda una protección contra los rayos ultravioletas principalmente los dañinos denominados tipos B con una longitud de onda entre 290 y 320 nanómetros, pues el ozono los absorbe.

Desde 1987 se comprobó que en el Polo Sur, la capa estaba disminuyendo y se demostró que los responsables eran los hidrocarburos halogenados que estaban en el mercado desde 1939, utilizados como refrigerantes y como dispersores de aerosoles (desodorantes y productos para el cabello) solventes (/en la industria electrónica) y también en la fabricación de plásticos. Estos productos emitidos al aire pueden permanecer entre 60 y 400 años. Al llegar a la capa de ozono, con la luz ultravioleta generan cloro libre que desdobra el ozono generando oxígeno y reduciendo en consecuencia la capa de ozono.

La reducción a la tasa actual, se ha estimado que en el 2050 podría reducirse en un 25%. El efecto de esa disminución lo ha estimado la Organización Mundial de la Salud: que si es de 1% aumentaría el 2% de la radiación ultravioleta en La Tierra y del 5 al 7% el cáncer dérmico y en 1% el melanoma maligno. Además afectaría la producción de clorofila y la destrucción del fitoplancton que es la base de la cadena alimenticia en el océano.

El problema se consideró tan grave que en 1987, 43 países firmaron el Protocolo de Montreal en el cual se comprometieron a disminuir la producción de hidrocarburos halogenados. Reuniones posteriores han adelantado la fecha de cumplimiento de su eliminación.

b) Efecto invernadero

El otro efecto global es el denominado calentamiento global o efecto invernadero. La temperatura media de la tierra se mantuvo siempre en 17 °C, sin embargo el crecimiento del CO₂ en el aire, ha hecho que en el año 2014 alcanzó la cifra de 400 partes por millón, la mayor en 800.000 años. Este hecho y otros gases y vapores: el vapor de agua, el metano, los óxidos nitrosos, otros óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono, los compuestos orgánicos volátiles y los cloro flúor carbonos han causado un mayor atrapamiento de las radiaciones de bajas frecuencias de La Tierra, originando un aumento de su temperatura. Las estimaciones hechas predicen que en los próximos 50 años. Podría haber un crecimiento de hasta 4 °C, lo que traería como consecuencia un crecimiento del nivel del mar y cambios climáticos indeseables.

En la Cumbre de La Tierra realizada en Río de Janeiro en 1992 se firmó un acuerdo sobre el cambio climático; sin embargo, ni los compromisos ni los resultados han sido satisfactorios para la reducción de los gases de efecto invernadero. En 1997 se firmó el protocolo de Kyoto, aunque entró en vigencia en el 2005 mediante el cual los países harían esfuerzos para reducir las emisiones de sus gases de efecto invernadero o causantes del calentamiento global (dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, hidrocarburos halogenados y exa fluoruro de azufre) en 5% desde el 2008 al 2012 con relación a las emisiones de 1990. En el 2015 la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que se celebró en París se llegó a un acuerdo de reducir el calentamiento global por debajo de 2 °C en el 2100, lo que requerirá reducir las emisiones entre 40 y 70% en 2050 comparándolos con las emisiones de 2010.

11 Contaminación del agua

Aunque el agua ocupa el 70% del territorio de La Tierra, sólo el 0,35% es útil para el uso humano y esta se encuentra en lagos, ríos y en el subsuelo.

La calidad del agua depende de su uso. El agua para consumo humano exige que no se sobrepasen los índices internacionalmente aceptados, sobre todo en microorganismos patógenos y sustancias químicas tóxicas corrosivas o radiactivas. En el capítulo IV se ha expuesto sobre el tema. En éste

nos ocuparemos de los contaminantes y sus efectos, sus fuentes y en cierto grado la magnitud del problema de su contaminación.

Toda sustancia tóxica que entra en cualquiera de las fases del ciclo hidrológico, contamina el agua. Los óxidos de azufre y nitrógeno en el aire la contaminan al formar las lluvias ácidas; los fertilizantes y pesticidas aplicados a los suelos y plantas son escorrentes y terminan en ríos y lagos contaminándolos. Cualquier desecho enterrado a los rellenos sanitarios al ser lixiviado terminan en aguas subterráneas y toda agua que se use para lavado o limpieza arrastrará contaminantes al curso de agua receptor.

Los principales contaminantes del agua son los microorganismos, sobre todo los patógenos, la materia orgánica, las sustancias tóxicas, corrosivas y radiactivas y los nutrientes, es decir, nitratos y fosfatos.

Las fuentes de contaminación del agua más frecuentes son las aguas servidas de las comunidades, las descargas de aguas servidas industriales, las descargas de aguas agrícolas y pecuarias y las ricas en nutrientes.

El grave riesgo de contaminación del agua de consumo humano por agua servida domiciliaria fue demostrado en 1849 por John Snow con el estudio epidemiológico en la transmisión del cólera en Londres.

Los microorganismos patógenos principales en el agua y las enfermedades causadas por estos son los siguientes: salmonella typhi de la fiebre tifoidea; el vibrio cholerae del cólera, salmonelas de la salmonelosis escherichia coli de las diarreas, el virus de la hepatitis A de la hepatitis infecciosa, el virus de la polio de la poliomielitis, la shigella de la disentería y la giardia intestinal de la giardiasis y los seis ácaros y platelmintos de las enfermedades parasitarias.

El indicador de calidad del agua potable es el nivel de los coniformes y la medida de agresividad de las aguas servidas domésticas es su contenido en materia orgánica, que constituyen el sustrato de los microorganismos o su DB₅₀ (la demanda bioquímica de oxígeno) que mide la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos transformen la materia orgánica en productos inorgánicos, como nitratos, sulfatos, fosfatos, dióxido de carbono y agua.

Además de las aguas residuales, las provenientes de las industrias de alimentos y derivados de materias orgánicas, como tenerías o papeleras, por su volumen de producción pueden descargar aguas residuales en cantidades equivalentes a las de poblaciones de habitantes.

La contaminación inorgánica de nutrientes, es decir sulfatos y nitratos, contribuye al aumento del plancton en los lagos, lo que causa turbiedad y con ello una disminución de la penetración de la luz y por lo tanto disminuye la fotosíntesis y reduce el oxígeno disuelto; con lo cual disminuye hasta extinguirse la vegetación los peces y moluscos, es decir, a este daño la vida en lagos y pantanos se le denomina eutroficación.

En Venezuela, los lagos de Maracaibo, el de Valencia y las represas con fines de riego o hidroeléctricas, como la de Guárico y Santo Domingo y las de agua potable como la represa de La Mariposa sufren del problema de eutroficación.

Las descargas de aguas servidas industriales representan un problema local por el alto volumen y deberían ser tratadas antes de su disposición a un cuerpo de agua. Las industrias petroleras y químicas descargan sustancias tóxicas que deben ser tratadas antes de su disposición.

Las zonas industriales del país en Caracas, Valle del Tuy, Valencia, Maracay, La Victoria, Puerto La Cruz, Puerto Ordaz, Península de Paraguaná y Barquisimeto representan las principales zona de contaminación de los cursos de agua receptores.

Los derrames de petróleo y de productos químicos tóxicos han sido hechos accidentales que han ocurrido y afectado playas y costas, principalmente del lago de Maracaibo. Los varios kilómetros de tubería de conducción de petróleo en el fondo del lago de Maracaibo representan una gran amenaza de contaminación.

Las actividades agrícolas necesitan de productos químicos tóxicos por definición, debido a que se utilizan para combatir plagas y malezas (pesticidas y herbicidas) y además se utilizan fertilizantes para aumentar la producción agrícola. El escurrimiento de aguas necesaria para el riego arrastran esos productos químicos a los cuerpos de agua contaminándolos. Además, El uso de pesticidas y herbicidas tiende a crecer, por el aumento de la producción y por el aumento de la resistencia biológica de las plagas y de la maleza.

La contaminación del agua representa un problema de salud por las muertes y enfermedades que causa una escasez para las actividades domésticas además, influye en la disminución de la productividad al reducirse la pesca, aumenta el costo del transporte y el tratamiento del agua y contribuye a la restricción de las actividades económicas por la falta del agua.

12 Contaminación del suelo

El control de la contaminación del aire y del agua produce residuos que se depositan en el suelo por otra parte los recibos domésticos y comerciales manejados por los Municipios son depositados en el suelo y los residuos tóxicos son almacenados en forma temporal o permanente en el suelo. Adicionalmente los contaminantes del aire al depositarse y los del agua percolarse en el suelo. Por otro lado, las actividades económicas como: producción o transporte accidentalmente pueden derramar o depositar contaminantes peligrosos: tóxicos, inflamables explosivos, residuos biológicos patógenos o radiactivos.

Algunas características de los residuos son importantes en la evaluación del problema de contaminación de los residuos en el suelo: la movilidad y su degradabilidad.

La movilidad depende de las características físico-químicas del contaminante y de la interacción con el suelo. Según esa propiedad puede permanecer en la capa superiores del suelo, ser transportado por o a través de los suelos insaturados y difundirse en aguas subterráneas.

La degradabilidad consiste en que se descomponga física o químicamente en materias menos agresivas. Ecológicamente el contaminante se integra al medio atenuando o disminuyendo su grado de contaminación. Los que no se degradan o que tardan demasiado tiempo para degradarse como los radiactivos, los plásticos y los hidrocarburos halogenados representan un gran problema ambiental.

Las fuentes de esos contaminantes son los residuos municipales, las industrias, el almacenamiento, el transporte de materiales peligrosos y la disposición final de residuos.

El manejo municipal de los residuos es un problema resuelto en los países desarrollados, en los nuestros, es un problema persistente: el almacenamiento temporal doméstico, comercial, la no separación de los residuos, la recogida, el transporte, las unidades de transferencia y la disposición final.

En nuestro país, hasta en las ciudades importantes, la disposición final se realiza en vertederos de basura, los cuales constituyen una alta contaminación del suelo.

Los residuos tóxicos representan un problema que requiere gran atención, los casos de Minamata y Love Canal, ya mencionados, son ejemplos emblemáticos de la gravedad del problema.

En nuestro país, el caso del almacenamiento de 140 toneladas de pesticidas desechados en un galpón del ICAP en Maracay en 1960 y las descargas de desechos industriales provenientes de Italia que fueron envasados en 11.000 tambores en Puerto Cabello en 1987 y después de fugas de vapores y líquidos fueron reembarcados son ejemplos también emblemáticos del problema de los desechos tóxicos.

Hay que destacar que en nuestro país no hay un cementerio de productos tóxicos ni siquiera, la selección de un sitio o un lugar para diseñarlo.

Existen diversos métodos para el manejo de los residuos y controlar los residuos tóxicos.

13 Contaminación térmica

La generación termo-eléctrica tiene una eficiencia del 33%, lo que significa que 2/3 del calor generado debe ser disipado en los gases de combustión o enfriado con aire o agua. La ubicación de plantas termoeléctricas se realiza al lado de un gran río, lago o mar, precisamente por la necesidad de enfriamiento.

El efecto de esa cantidad de calor en un área reducida produce un calentamiento que puede afectar la vida de peces, moluscos, plantas y el fitoplancton de ese cuerpo de agua.

14 Contaminación visual

La contaminación visual, polución estética o congestión visual, aunque subjetiva, es la causada por elementos visuales producidos por el ser humano, los cuales generan incomodidad al mirarlos, principalmente lo que afecta al paisaje natural o al construido: carteles, cables, chimeneas, antenas y por extensión, lo agresivo de las disputas o peleas humanas en vivo o audiovisuales.

Los efectos son subjetivos, pero pueden producir estrés y otras afecciones psicológicas.

15 Contaminación de recintos

La mayoría de la gente citadina pasa más tiempo en recintos cerrados que en el exterior de ellos. Los niños, las amas de casa y los ancianos en sus casas; los estudiantes y trabajadores 40h en los centros docentes y ambientes de trabajo y 88h en el hogar; esto significa que el 40% del tiempo, por lo menos, el ser humano citadino está en locales encerrados.

Varias razones hacen que esté expuesto en esos recintos a contaminantes: el aumento de productos químicos para uso en el hogar y en las oficinas, mayor uso del aire acondicionado, la población es más vulnerable como niños, embarazadas, ancianos y enfermos que permanecen en el hogar.

Los contaminantes más frecuentes en el hogar son los solventes presentes en pinturas y pegamentos, productos de limpieza (cloro, detergentes, destapadores de cañería, desinfectantes) pesticidas, aerosoles y el humo de las cocinas y de fumar.

Los contaminantes en el lugar de trabajo son variados y numerosos y se estudian en un capítulo aparte.

16 Costos de la contaminación

La contaminación causa daño a la salud humana, daño a la biodiversidad y daño a los bienes. Todos estos daños, aunque con gran dificultad, pueden ser contabilizados y determinar así el costo monetario que representa la contaminación. Por otra parte, el daño aumenta con la magnitud de la contaminación. Adicionalmente el costo de la reducción de la contaminación crece exponencialmente al reducir la contaminación, hasta hacerse muy alta al intentar reducirla a cero. Eso significa que habrá algún valor óptimo de reducción de la contaminación.

El hecho que tanto el agua como el aire se consideren un bien público, dificulta el establecimiento de un precio para esos bienes, por consiguiente, establecer el costo de la externalidades (así se llama en economía esos costos que ocasiona la empresa y que no pagan). Por esa razón se requiere de una normativa legal para obligar a los contaminadores a disminuir la emisión de contaminantes.

Adicionalmente a la normativa ambiental se utilizan otros mecanismos administrativos que implican erogaciones: impuestos, subsidios y permisos del mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- ACADEMIA NACIONAL ESTADOUNIDENSE DE LAS CIENCIAS*
 1986. *Acid Depositions Long-term Trends*. National Academy Press, Washington.
 1991. *Policy Implication of Green House Warning*. National Academy Press, Washington.
- ALBERT, L. A.*
 1985. *Curso Básico de Toxicología Ambiental*, Noriega Z editores, México.
- COMMONER, B.*
 1971. *El Círculo que se Cierra*. Plaza & James C. AlkEdit Barcelona, España.
- ELKIN, H. B.*
 1950. *The Chemistry of Industrial Toxicology*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- ENKELIN, E., G. CARO, R. GARZAS y E. VOGEL*
 1997. *Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible*. International Thomson Editores, México.
- EPA*
 1991. Principios de Evaluación de Riesgo, Taller sobre Evaluación del Riesgo, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Meltepec, México.
 1991) Limpieza de Desechos Peligrosos. *Epa Journal* jul-agst .
- FREEMAN, H. M.*
 1989. *Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal*. Mc Graw-Hill, Nueva York.
- HENRY, G. y G. HEINKE*
 1999. *Ingenería Ambiental*. Prentice Hall, México.
- KNESSE, A. V. y CH. L. SCHULTZE*
 1976. *Costo de la Contaminación*. Ediciones Maurimar, Buenos Aires.
- NEBEL, B. J. y R. T. WRIGHT*
 1999. *Ciencias Ambientales*. Prentice Hall. México.
- PERKINS, H. C.*
 1974. *Air Pollution*. Mc Graw-Hill, Nueva York.
- PFEFER, J. F.*
 1992. *Solid Waste Management Engineering*. Prentice Hall, Englewood, New Jersey.
- WARD, B. y R. DUBOS*
 1972. *Una Sola Tierra*. Fondo de Cultura Económica, México.
- KREITH, F.*
 1994. *Hand Book of Solid Waste Management*. Mc Graw-Hill, Nueva York.
- WARK, K. y C. F. WARNER*
 1994. *Contaminación del Aire, Origen y Control*. Editorial Limusa, México

NOTAS

¹ Environmental Protection Agency (2010).

² Clyon J. y Heinke G. Ingeniería Ambiental, Prentice Hall, 1999, pág. 271.

³ Ambur, Mary, Industrial Toxicology, Cap 7.

⁴ Venezuela, MSAs, Reglamento de Pesticidas (60 N° 28673 del 10-7-68).

⁵ Torres Parra Manuel. Apuntes de Higiene Industrial, UCV, 1980.

⁶ Patyy, F. A *Industrial Hygiene and Toxicology* Vol II 2nd Ed. Interscience, N.Y. (1958).

⁷ Galvan Luis y Corey Germán, Mercurio, Serie Vigilancia 7. ECO/OPS/OMS(1987).

⁸ D tri Patricia y D'itri, Frank" Mercury Contamination: A human tragedy. John Wiley Son (1977).

⁹ Bakir F. et al "Methyl mercury Poisoning in Ireq Suenco 181-230,.1973.

¹⁰ Monaco Miguely Perdomo Francisco, Impregnación hidrargírica.

¹¹ R.B de Venezuela, Gacetas Oficiales.

¹² Nebel B, y Wright R. "Ciencias Ambientales" Prentice Hall, 1999, pag. 347,450 y 543.

¹³ APHA,AWWA y WPCF *Standard Methods for the Examination of wáter and waste wáter*, Wasington, D.C. EUA.

¹⁴ WWW.epa.gov.cuc/resources/legilatino/07002drmSaap.paf

¹⁵ EPA, publicación AP – 45 (1995) y actualizaciones.

¹⁶ Air Quality Criteria, APCA, AP-50, Washington, 1920.

¹⁷ Normas de Calidades Ambientales Máximas permisibles, CONVENIN, Norma.

¹⁸ Decreto N° 638"normas de calidad del aire y control de la contaminación del ahí.

Manuel Torres Parra

Ingeniero Químico, Universidad Central de Venezuela UCV, 1959. Postgrado en Higiene Industrial, Universidad de Pittsburgh (PA-EUA), 1963. Asesor en Protección Ambiental, Ministerio de Energía y Minas MEM, 1977-79. Asesor en Normativa Ambiental en Contaminación Atmosférica, Ministerio del Ambiente y de los Recursos no Renovables MARNR, 1979-84. Profesor de Higiene Industrial, Ingeniería, UCV. Profesor de Postgrado en Evaluación y Control de Contaminación Atmosférica, UCV. Profesor de Higiene y Seguridad Industrial, Universidad Católica Andrés Bello UCAB. Autor de Manuales de Higiene Industrial MSAS, 1969. Higiene Industrial, Universidad Nacional Abierta UNA, 1981 y más de 60 artículos sobre evaluación y control de la contaminación atmosférica e higiene y seguridad industrial. Individuo de Número (Sillón III) de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat.

CAPÍTULO VII

CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Introducción

La población humana depende de la existencia, en cantidades y calidad apropiadas, de agua para usos tan diversos como su consumo directo que llena las cantidades requeridas para sus funciones vitales, pero también para la preparación de alimentos, su higiene personal, como insumo de infinidad de industrias, para el regadío, la energía hidráulica, la integridad y sostenibilidad de los ecosistemas y también para el saneamiento. Todo lo cual permite el funcionamiento de una sociedad moderna desarrollada manteniendo estándares de calidad de vida adecuados para todos los ciudadanos. Cada uno de estos usos indefectiblemente produce en mayor o menor grado, líquidos residuales cuya calidad es menor a la que originalmente tenían para el uso particular que los originó. El vertido de estos líquidos conduce a la degradación de las características originales de los cuerpos de agua receptores, lo que se conoce como la contaminación del agua. En la actualidad muchos cuerpos de agua, a nivel global, están experimentando este fenómeno. Se estima (Unesco, 2009) que cada día 2 millones de toneladas de aguas residuales y otros efluentes desembocan en las aguas del mundo sometiéndolas a diversos grados de contaminación que pueden impedir su uso posterior, lo que equivale a una disminución del recurso, agravando la crisis del agua.

Ante estas evidencias se impone, en primer lugar usar con mayor eficiencia el vital recurso, lo que conlleva a disminuir las cantidades de líquidos residuales y la agresividad de los mismos usando medidas preventivas que deberían imponerse sobre la clásica solución de “tratamiento al final del tubo”. A nivel global, hoy en día está sucediendo un vuelco hacia una visión que se enfoca en la minimización de efluentes y para ello se incluyen las tecnologías de producción más limpia y la eco-eficiencia en el mundo industrial y el uso eficiente del agua, la separación de los sistemas de drenajes y la reutilización de efluentes tratados en el ámbito municipal. Esta cultura de la prevención en el uso del agua debe ser el paradigma hacia el cual debería moverse nuestra sociedad. No obstante, está claro que esa meta está todavía lejana y bien sea porque las estrategias preventivas se agotan o porque nos enfrentamos a la realidad de efluentes que serán vertidos en los

ecosistemas acuáticos con su carga contaminante cruda, es una situación que sin duda nos conduce a la remediación, al uso de sistemas de control de los residuales producidos y entrar en el complejo mundo de las tecnologías de tratamiento de las aguas residuales. En este capítulo se presentan los fundamentos para el control de la cada vez más grave situación de contaminación sufrida por los sistemas naturales acuáticos.

1 Características de los líquidos residuales

Antes de entrar a la caracterización de las aguas residuales es importante aclarar algunos conceptos relacionados con su origen y con la cuantificación de las mismas. Al referirnos a aguas residuales urbanas o municipales incluimos a las provenientes de las actividades domésticas y también de comercios, instituciones como escuelas, hospitales entre otros. La recolección de estos líquidos residuales puede realizarse en redes de alcantarillado mixtos, es decir que también recogen escorrentías de agua de lluvias o puede hacerse en redes separadas. Por otra parte, también tenemos los líquidos residuales industriales que por sus características muy variables dependientes del tipo de producto manufacturado no serán cubiertas en este capítulo. Es importante tener en cuenta, para efectos del diseño de una planta de tratamiento lo relativo a los caudales de aguas residuales que se manejan. Cuando se trata de aguas residuales urbanas existe una variación del caudal a lo largo de un período de 24 horas asociada al ritmo de las actividades humanas en esa ciudad. Se deben conocer entonces caudales máximos y mínimos horarios y el caudal promedio o típico. La carga relacionada con la materia orgánica biodegradable se estima con la **tasa de emisión másica** que se expresa en unidades de masa/tiempo y se obtiene de la concentración de la misma y del caudal del líquido residual a tratar. Este concepto se puede extender a cualquier parámetro de calidad. A continuación se presenta la expresión correspondiente al muy utilizado parámetro denominado Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):

$$(\text{Tasa de emisión másica})_{\text{DBO}} = \text{concentración DBO} \times \text{caudal residual [mg/s] o [kg/dl]}$$

Para estimar la agresividad de los residuales líquidos provenientes de las actividades humanas y para acometer el diseño de los sistemas de tratamiento de los mismos, el primer paso es el conocimiento y cuantificación de sus factores de calidad es decir sus constituyentes. Los mismos pueden clasificarse en parámetros físicos, químicos y biológicos y su cuantificación se hace utilizando protocolos estandarizados como los previstos en los métodos estándar publicados por las reconocidas asociaciones *American Public*

Health, Water Environment Federation y American Water Works Association (APHA, WEF, AWWA) y utilizados en el país ampliamente.

A continuación se presenta la tabla VII.1 con los factores de calidad convencionales para caracterizar a las aguas residuales.

Tabla VII.1. Parámetros físicos característicos de líquidos residuales

Parámetro	Unidad	Técnica para su determinación
Parámetros Físicos		
Organolépticos		
Olor	NA	Concentración Umbral (panel)
Color	UC	Comparación visual (Tubos Nessler) Espectrofotometría (Tristimulus)
Temperatura	°C	Termómetro
Turbiedad	UNT	Nefelometría
Sólidos	mg/L	Gravimetría
Conductividad Específica	µS/cm	Conductimetría
Parámetros químicos		
Químicos Inorgánicos		
Iones mayoritarios (Ca^{+2} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-})	mg/L	Titulación volumétrica y espectrofotometría entre otras
Iones minoritarios (NO_2^- , P, NH_4^+)	mg/L	Espectrofotometría
Propiedades agregativas: alcalinidad, acidez, dureza	mg CaCO_3/L	Titulación volumétrica
Propiedades agregativas: pH y Eh		Potenciométrica
Gases: Oxígeno disuelto/ Dióxido de carbono		Electrométrico (electrodo de membrana) /Titulación ácido-base con NaOH hasta pH 8,3.
Químicos orgánicos		
Demandra bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	Medición de oxígeno consumido a muestra diluida a una temperatura y tiempo seleccionado
Demandra Química de oxígeno (DQO)	mg/L	Reacción redox y titulación

Tabla VII.1. Parámetros físicos característicos de líquidos residuales (cont.)

Parámetro	Unidad	Técnica para su determinación
Parámetros Químicos (cont.)		
Químicos orgánicos (cont.)		
Carbono orgánico total (COT)	mg/L	Oxidación a alta temperatura y espectroscopía infrarroja
Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	Extracción con cloroformo y titulación
Fenoles	mg/L	Colorimétrico
Aceites y grasas	mg/L	Extracción Soxhlet
Compuestos orgánicos específicos	mg/L	De acuerdo al compuesto particular
Parámetros biológicos		
Organismos coliformes totales	NMP/100 ml	Tubos de fermentación múltiple o membranas
Organismos coliformes fecales	NMP/100 ml	Tubos de fermentación múltiple o membranas
Microorganismos específicos		Según el microorganismo particular
Toxicidad	EC50 ₂₄ , EC50 ₄₈ , EC50 ₉₆	Ensayos de biotoxicidad con organismos indicadores del tipo: invertebrados, peces o algas según contaminante y posterior análisis estadístico.

De todos estos parámetros los de mayor interés en el manejo de las aguas residuales son los siguientes: a) algunas de las categorías de sólidos, b) la materia orgánica, c) los nutrientes, d) los microorganismos patógenos y e) ciertos contaminantes orgánicos refractarios. A ellos dedicaremos una explicación más detallada.

1.1 Sólidos

Se considera material sólido a todo constituyente que tenga presión de vapor despreciable y queda como residuo al evaporar y secar el agua. Dentro de esta definición amplia se puede conseguir una variedad de tipos de sólidos según se use o no un medio filtrante y si se secan o calcinan. Así tenemos sólidos totales (ST), sólidos disueltos totales (SDT), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos volátiles (SDV) y fijos (SDF), sóli-

dos suspendidos volátiles (SSV) y fijos (SSF), y la fracción sedimentable de los sólidos suspendidos totales.

Para separar los sólidos disueltos de los suspendidos se usa un filtro de fibra de vidrio o un filtro de membrana y para separar los sólidos fijos de los volátiles se usa la temperatura de calcinación $500\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50$.

El método de determinación de los sólidos es el gravimétrico a excepción de los sólidos sedimentables que se hacen por sedimentación en el cono de Imhoff y se expresan en ml/L. En principio la muestra se seca por evaporación sometiéndola al baño de María e inmediatamente al secado en una estufa a $103\text{-}105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Con esta operación se elimina el agua adsorbida y al pesarse el contenido de sólidos que restan después del secado se obtienen los sólidos totales (ST). Es posible utilizar como temperatura de secado $179\text{-}181\text{ }^{\circ}\text{C}$ que elimina el agua de cristalización y el agua ocluida, pero que pudiera ocasionar la pérdida de algún sólido capaz de evaporarse a esa temperatura.

Si la muestra se filtra, la fracción que pasa el filtro contiene a los sólidos disueltos totales (SDT) y se somete a los mismos pasos de secado que anteriormente se detalló para los ST. El material que no pasó el filtro y se queda allí se considera que son los sólidos suspendidos totales (SST) y también deben secarse en la estufa y por análisis gravimétrico se obtendrá su peso. La determinación de los SST es extremadamente valiosa en el análisis de las aguas contaminadas y se usa como uno de los principales parámetros para evaluar la fuerza del líquido residual doméstico y para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento (Sawyer *et al*, 2008)

Uno de los principales objetivos de la determinación de sólidos en aguas residuales es tener una medida de la cantidad de materia orgánica presente y esto se logra sometiendo a calcinación en una mufla, a $550 \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, la muestra previamente secada en la estufa. La materia orgánica se volatiliza al convertirse en los gases dióxido de carbono y vapor de agua y solo quedan los sólidos fijos totales (SFT) y la pérdida en peso con respecto a los ST serán los llamados sólidos volátiles totales (SVT) y se interpretan como representativos de las sustancias orgánicas. Tanto los SDT como los SST poseen fracciones de sólidos fijos y volátiles. Podemos resumir los diferentes tipos de sólidos encontrados en las aguas residuales mediante la figura VII.1.

1.2 Materia Orgánica

Uno de los factores más importantes a considerar como parte de la naturaleza contaminante de las aguas residuales es la presencia de la materia orgánica susceptible de descomposición biológica, lo cual incide directa-

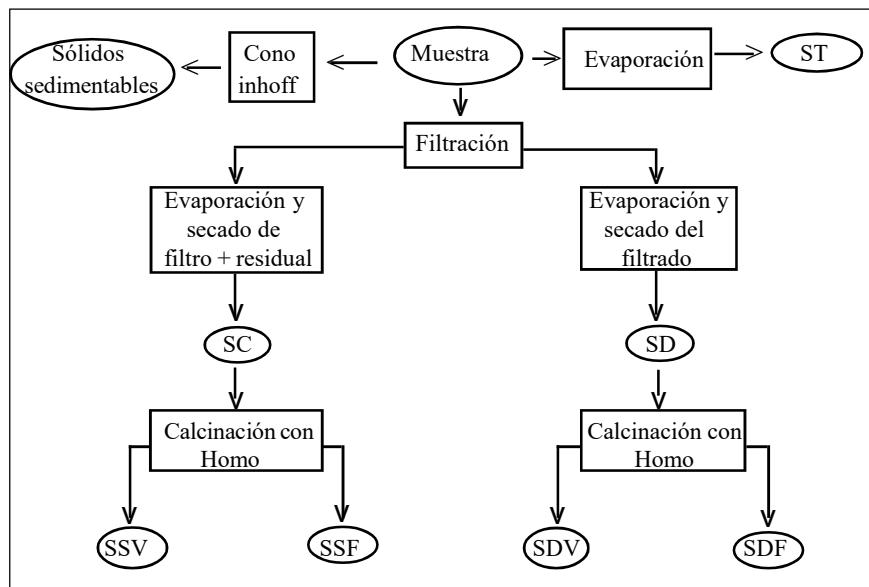


Figura VII.1. Diversas formas de sólidos encontradas en aguas residuales. (**Fuente:** Adaptado de Crites y Tchobanoglous, 2000).

mente en la disminución del oxígeno disuelto tanpreciado para los cuerpos de agua. Su origen puede ser natural o muy especialmente por las actividades humanas tanto domésticas como industriales. Esta diversidad de vías de generación de materia orgánica biodegradable nos puede dar una idea de la gran variedad de materiales orgánicos que podemos esperar encontrar. Pueden estar presentes hidrocarburos alifáticos o aromáticos, alcoholes, aldehídos, ácidos, ésteres, compuestos heterocíclicos, lípidos, carbohidratos, proteínas, entre otros. La heterogeneidad es de tal magnitud que sería tarea muy costosa y laboriosa pretender hacer un análisis independiente de cada tipo de componente orgánico presente. Por ello se ha buscado un parámetro que en forma agregativa represente a ese conjunto variado de sustancias de naturaleza orgánica. Existen varios parámetros que se usan para representar la materia orgánica, cada uno basado en metodologías de análisis diferentes y con ventajas y desventajas específicas. Los más usados son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), el carbono orgánico total (COT) y los sólidos volátiles (SV).

1.3 Los sólidos volátiles

Representan la fracción de los sólidos totales que se transforman en CO_2 y H_2O , a la temperatura de $550 \pm 50^\circ\text{C}$ y se aproximan burdamente a

la materia orgánica; esta estimación tiene errores por existir alguna materia inorgánica que también se volatiliza al calentar a esa temperatura. No obstante, en el campo de los sistemas de tratamiento biológico, en específico cuando se trata del ampliamente utilizado proceso de lodos activados, los SV juegan un papel importante al usarse como medida rutinaria de la biomasa presente en el licor mezclado del biorreactor. Los SSV del licor mezclado indican la concentración del material celular, compuesto principalmente de materia orgánica.

1.4 Carbono orgánico total

Es una técnica instrumental, costosa por el equipo requerido, basada en oxidar la materia orgánica a CO₂ en presencia de un catalizador y a altas temperaturas. El dióxido de carbono producido se mide con un analizador infrarrojo. Las respuestas se obtienen en pocos minutos y eso le da una ventaja comparativa con respecto al resto de las técnicas para obtener materia orgánica mucho más lentas, pero se aplica preferentemente a aguas naturales con poca contaminación o para evaluar la calidad de aguas usadas en la industria farmacéutica o en la de productos electrónicos.

1.5 Demanda química de oxígeno (DQO)

Es un ensayo muy utilizado para medir la carga polucionante ejercida sobre los receptores hídricos por la materia orgánica existente en líquidos residuales domésticos y especialmente de origen industrial. Se basa en someter al residual a condiciones muy agresivas para llevar a cabo una reacción de oxidación. Así la muestra se somete a la acción de un oxidante fuerte: dicromato de potasio (K₂CrO₇) agregado en exceso, bajo condiciones ácidas, temperatura alta (ebullición) y con un catalizador que mejora la oxidabilidad de los compuestos orgánicos más recalcitrantes; se usa el ión Ag⁺ para esta función. Para eliminar la eventual pérdida de compuestos orgánicos volátiles antes de que hayan reaccionado, el ensayo se hace con un condensador de reflujo. Todas esas condiciones favorecen la oxidación casi total de los compuestos orgánicos presentes que se convierten en CO₂ y H₂O y en el caso de la fracción nitrogenada de la materia proteica en NH₃ (Sawyer *et al.*, 2008).

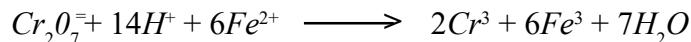
La presencia de cualquier material reductor inorgánico aumentaría el gasto del oxidante produciendo una interferencia positiva y una sobrevaloración de la verdadera DQO. Entre esas sustancias reductoras inorgánicas tiene un papel preponderante el ión cloruro (Cl⁻) por estar en concentraciones apreciables en los residuales domésticos por el uso de la sal común en la dieta de los seres humanos. El ión cloruro se oxida con el ión dicromato a gas cloro así:



Para evitar esta interferencia positiva se añade sulfato mercúrico ($HgSO_4$) y el ión Hg^{2+} se combina con el ión Cl^- y forma un ión complejo ($HgCl_2$) pobemente ionizado, por lo que en presencia de iones mercúrico en exceso la concentración del ión cloruro es tan baja que no es oxidado a alguna extensión por el dicromato :



La reacción redox se lleva a cabo durante dos horas y la materia orgánica presente se oxida y el ión dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$) de color anaranjado es gastado en proporción a la materia orgánica existente y transformado en ión crómico (Cr^{3+}) de color verde. Al finalizar las dos horas de digestión y puesto que se agregó dicromato en exceso, quedará oxidante remanente el cual se medirá para conocer por diferencia cuanto se consumió. El procedimiento utilizado para medir el dicromato residual consiste en una titulación redox con ión ferroso (Fe^{2+}) como agente titulante, quién al ser reductor reaccionará con el ión dicromato que es oxidante. El indicador ferroin utilizado para detectar el punto final de la titulación produce un cambio muy nítido de coloración que permite valores muy precisos del volumen gastado. La reacción que tiene lugar es la siguiente:



Aunque para obtener la DQO se usa un agente oxidante, al hacer el cálculo, este no aparece directamente involucrado. Al hacer el ensayo de DQO debe realizarse en paralelo un blanco, que servirá de referencia para la cantidad total de oxidante disponible para la reacción y al compararla con el oxidante residual que quedó en la muestra digerida, nos expresa la cantidad de dicromato gastado y sabemos que esta cantidad es directamente proporcional a la materia orgánica. El cálculo de la DQO se hace según la siguiente expresión e incluye el uso del peso equivalente del O_2 para expresarlo en mg/L de oxígeno equivalente:

$$DQO \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(A - B) \cdot Nat \left(\frac{\text{eq}}{\text{L}} \right)}{Vm} \times 8000 \frac{mgO_2}{eq}$$

A= volumen del agente titulante $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ gastado en el blanco.

B= volumen de agente titulante $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ gastado con la muestra.

Vm= volumen de la muestra utilizada.

Nat= normalidad del agente titulante $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$.

Ninguna de las técnicas anteriores discrimina a la materia orgánica biodegradable. Esto es una desventaja ya que, precisamente es esa fracción de la materia orgánica la que produce la disminución del oxígeno disuelto al ser utilizada como sustrato por los microorganismos. Tampoco proporcionan alguna idea sobre la velocidad a la cual se lleva a cabo la reacción de biodegradación en condiciones naturales. Es por eso que el parámetro conocido como demanda bioquímica de oxígeno, a pesar de algunas desventajas, es el más utilizado como indicador de la materia orgánica biodegradable.

1.6 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es la cantidad de oxígeno, a un tiempo y temperatura dados, requerido por los microorganismos mientras están estabilizando en condiciones aerobias a la materia orgánica biodegradable (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Esta técnica cuantifica indirectamente la materia orgánica biodegradable a través de uno de sus efectos negativos, el agotamiento de oxígeno disuelto (Nemerov, 1974). La DBO es el parámetro más utilizado como indicador de la fuerza contaminante de las aguas residuales y en este sentido ha sido ampliamente utilizado en el campo de la ingeniería ambiental pero además se usa como parámetro de diseño y eficiencia de operación de sistemas de tratamiento de líquidos residuales, en estudios de capacidad de autopurificación de cursos de agua y como cri-terio para actividades reguladoras en control de polución de corrientes (Leslie-Grady, 1977). Este amplio espectro de aplicaciones ha convertido a la DBO en uno de los parámetros más usados entre los profesionales que trabajan en la evaluación y control de polución de aguas. En las últimas décadas del siglo XIX, en Inglaterra, la DBO fue utilizada por primera vez como medida de la calidad de las aguas (Gates y Ghosh, 1971). Desde entonces ha evolucionado en su determinación y utilización y ha estado, y aún lo está, sometida a innumerables controversias sobre sus alcances y limitaciones. El proceso por el cual la materia orgánica biodegradable es metabolizada se puede considerar una oxidación húmeda, donde una serie de microorganismos utilizan esta materia como fuente de energía oxidándola a CO_2 , H_2O y NH_3 entre otros, en presencia de oxígeno libre y enzimas apropiadas producidas por cada microorganismo particular (Sawyer *et al.*, 2008).

El ejercicio de la DBO, es decir, el consumo de oxígeno por parte de la población bacteriana al estabilizar la materia orgánica, se lleva a cabo en dos etapas bien definidas. La primera etapa representada por la demanda que ejercen los compuestos de carbono y por eso se llama carbonosa y una segunda etapa como consecuencia de la oxidación de los compuestos nitrogenados y que se denomina etapa nitrificante. En líneas generales se consi-

dera que en la primera etapa no existe nitrificación apreciable (aun cuando dependiendo de la población bacteriana presente pudiera existir algo) y con base a esta presunción se han desarrollado las formulaciones clásicas que tratan de modelar el ejercicio de la DBO (Sawyer *et al.*, 2008) (Fig. VII.2).

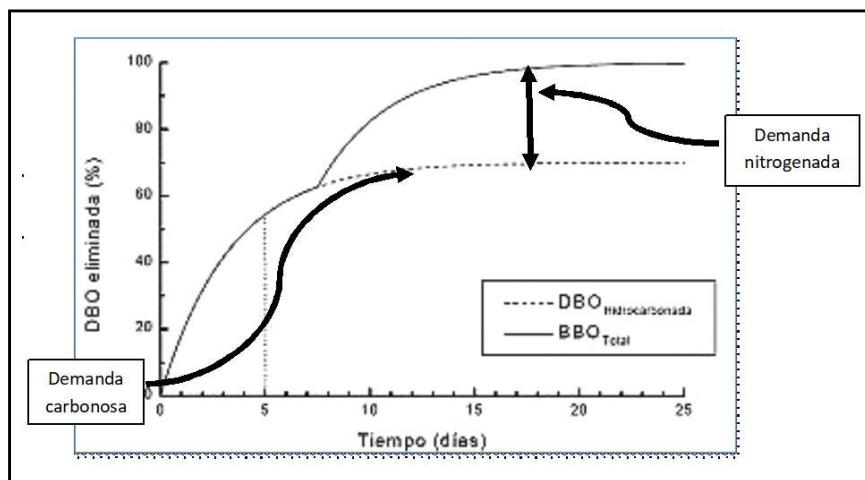


Figura VII.2: Curva del ejercicio de la DBO mostrando las dos etapas. (**Fuente:** www.mailmix.com/)

Aun cuando la demanda total de oxígeno de un residual, incluye las dos etapas mencionadas, este proceso se lleva a cabo en un tiempo largo y la fase llamada de **primera etapa** es la que se ha estudiado con mayor énfasis y sobre la que existe la mayor cantidad de literatura. Entre varias razones para escoger la primera etapa, están además del tiempo, el hecho de que en ella se ejerce la mayor cantidad de DBO y la velocidad de descomposición es alta y en la mayoría de los sistemas de tratamiento para aguas residuales, la estabilización se lleva a cabo hasta finalizar esta etapa permitiendo que los receptores acuáticos estabilicen el resto.

En la búsqueda de un modelo que permitiera representar el ejercicio de la DBO en su 1º etapa se ha llegado al acuerdo de usar una expresión de primer orden, que se utiliza desde 1923 (Gates y Ghosh, 1971), en la cual la concentración de materia orgánica o sustrato está sustituida por lo que se definió como DBO (Butts y Kothandaraman, 1970). Se establece que la velocidad de ejercicio de la DBO es proporcional a la masa de materia orgánica biodegradable remanente en cualquier tiempo, modificada por la población de organismos activos.

Una vez que la población microbiana ha alcanzado niveles donde solo ocurren variaciones menores, la velocidad de reacción está controlada por la cantidad de alimento disponible para los organismos y puede ser expresada por la ecuación de primer orden:

$$L_t = L_0 \cdot e^{-kt}$$

L_t = demanda por ejercerse (materia orgánica aun no biodegradada)

L_0 = demanda última de 1º etapa (materia orgánica biodegradada total =DBO_u)

Esta ecuación tiene tres términos cuyo valor se desconoce: L_t , L_0 y k , así que no puede resolverse directamente. Lo único que se mide en el laboratorio, con la técnica de las diluciones, es la DBO ejercida, que llamaremos “y”. Sabemos que la DBO total es igual en cualquier tiempo a la DBO ejercida más la DBO por ejercerse:

$$L_0 = L_t + y$$

Sustituyendo y re-arrmando las ecuaciones anteriores llegamos a la conocida expresión que representa la cinética de 1º orden del ejercicio de la DBO:

$$y = L_0 (1 - e^{-kt})$$

Para resolver esta ecuación, con tres variables interdependientes, cuestión que dificulta su resolución, y obtener las constantes de desoxigenación (k) y la demanda última de 1º etapa (L_0), existen un amplio número de métodos matemáticos, entre otros, el de la pendiente de Thomas, el de los Momentos y el de Fujimoto (Gaudy *et al.*, 1967; Nemerov, 1974; Rivas Mijares, 1975). En este capítulo no está previsto cubrir estos métodos.

La técnica utilizada para cuantificar la DBO ejercida (y) se basa en la medición del oxígeno consumido por una muestra de agua residual, colocada en una botella cerrada, en un ambiente a temperatura controlada y durante un tiempo preseleccionado. La prueba estándar usa una botella de 300 ml (botella de Winkler), una temperatura de 20°C y cinco (5) días de incubación y se reporta como DBO_{5,20}. No obstante, cuando se requiera, la DBO puede medirse a diferentes tiempos de incubación. Específicamente, para obtener las constantes de desoxigenación y demanda última de 1º etapa se requieren mediciones día a día, hasta alcanzar valores estables, cuestión que sucede en torno a los 16 días.

El oxígeno disuelto (OD) de la muestra debe medirse antes de incubarla y al cabo del tiempo predeterminado para el análisis. En la actualidad se usa

un oxímetro para medir el OD y no se pierde la muestra como sucedía antiguamente al usar el método de Winkler que incluía una titulación. Por la limitación de la baja solubilidad del oxígeno, que va de 14,6 mg/L (a 0°C) hasta 7 mg/L (a 35°C), a 1 atmósfera de presión, es práctica común hacer diluciones de la muestra si se trabaja con líquidos residuales cuya DBO esperada sea mayor a 7 mg/L. El agua de dilución requerida debe cumplir una serie de especificaciones para considerarla apropiada. Se prepara con agua destilada que se aísla hasta saturación, se le agrega un amortiguador para mantener el pH alrededor de 7 y nutrientes para el crecimiento de la población de microorganismos. No debe contener tóxicos y si fuera necesario, por el tipo de agua residual, debe añadirse un inóculo que proporcione población microbiana. Todo esto porque la única limitación para que las bacterias consuman el oxígeno debe ser la cantidad de materia orgánica presente.

Con los datos de volumen de la botella, volumen de muestra sembrado, OD que tenía la muestra original, OD de la muestra incubada, se aplica la siguiente fórmula de acuerdo a lo recomendado por los métodos estándar (APHA *et al.*, 1975).

$$DBO_{\text{mg/l}} = \frac{(OD_i - OD_f) \times \text{vol. botella}}{\text{ml muestra}}$$

1.7 Nutrientes

Son elementos esenciales para el crecimiento de animales y vegetales. Entre los macronutrientes requeridos por los seres vivos el nitrógeno (N) y fósforo (P) son los que se asocian frecuentemente a problemas relacionados con la contaminación de las aguas por cuanto su presencia en cantidades fuera de lo normal provoca el fenómeno conocido como **eutrofización** que consiste en el crecimiento excesivo de fitoplancton y plantas acuáticas (productores primarios) especialmente en el caso de cuerpos de agua léticos. Las fuentes más importantes de N y P, causantes del incremento de la producción primaria, son las escorrentías de tierras con actividad agropecuaria y la descarga de desechos líquidos municipales. El impacto de la eutrofización es muy negativo sobre la calidad del agua. Las grandes masas de algas formadas provocan turbiedad en el cuerpo de agua impidiendo el paso de la luz a capas más profundas y por lo tanto que se lleve a cabo la fotosíntesis productora de oxígenos. Al tiempo se incrementa la actividad metabólica consumidora de oxígeno por la acción de los microorganismos que degradan la materia orgánica en exceso que se está produciendo en la superficie y pronto se llega a la anoxia provocando la desaparición de muchas especies aerobias

del ecosistema acuático, entre ellas los peces que son muy sensibles a la ausencia de OD. Uno de los efectos de la eutrofización es la disminución de la biodiversidad. A nivel mundial el problema de la eutrofización es alarmante.

1.7.1 El nitrógeno: aparece en la naturaleza bajo una variedad de formas. En el caso de los líquidos residuales podemos hablar de nitrógeno orgánico e inorgánico. El orgánico incluye especialmente a las proteínas que se degradan a urea ($\text{NH}_2\text{-C=O-NH}_2$) en un primer paso y más tarde en la forma inorgánica amoníaco (NH_3 y NH_4^+ , según sea el pH). La suma del nitrógeno orgánico y el amoniaco se conoce como NTK (nitrógeno total Kjeldahl) por la técnica utilizada para su análisis. El inorgánico incluye adicionalmente a nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-). La concentración de cada una de estas formas está mediada por la actividad biológica. El nitrógeno orgánico (N_{org}) se transforma en NH_4^+ por acción bacteriana y en un proceso de dos pasos el ión amonio se oxida a nitrito y este a nitrato. Ambos pasos de oxidación suceden en medio aerobio con la participación de bacterias autotróficas, del género *Nitrosomonas* las productoras de nitrito y del género *Nitrobacter* las que oxidan el nitrito a nitrato. Esta oxidación se conoce como **nitrificación** y sin duda consume oxígeno. Si el ambiente se vuelve anóxico actúan bacterias heterotróficas que reducen el nitrato a gas $\text{N}_{2(\text{g})}$ que va a la atmósfera y esta reacción se conoce como **desnitrificación**.

1.7.2 El fósforo: está presente en las aguas residuales en forma orgánica y especialmente inorgánica bajo la forma de fosfatos. El P orgánico se hidroliza y finalmente aparece como ortofosfato. Los fosfatos inorgánicos pueden ser directamente ortofosfatos (Na_3PO_4) o polifosfatos ($\text{Na}_2(\text{PO}_4)_k$, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), estos últimos provenientes de los detergentes presentes en los líquidos residuales de origen doméstico y que rápidamente se hidrolizan a ortofosfato (Sawyer *et al.*, 2008)

1.8 Microorganismos patógenos

Son un importante factor de calidad de las aguas en general y de las aguas residuales en particular por la relación existente entre ellos y la salud pública. Existen una serie de bacterias, protozoarios y virus que pueden provocar enfermedades conocidas como de origen hídrico y que pueden aparecer en las aguas residuales domésticas provenientes de las excretas de los seres humanos. Estos líquidos residuales al ser vertidos en los cuerpos de agua los contaminan. A continuación se presenta, a manera de ejemplo, Tabla VII.2 con varios microorganismos patógenos, que pueden aparecer en aguas residuales, y la enfermedad que producen.

Tabla 2. Algunos microorganismos patógenos propios de las aguas residuales

Microorganismo	Enfermedad
<i>Vibrio cholerae</i> (bacteria)	Córlera
<i>Shigella disenteriae</i> (bacteria)	Disentería bacilar
<i>Salmonella tifiphys</i> (bacteria)	Fiebre tifoidea
<i>Entamoeba histolítica</i> (protozoario)	Amibiasis
<i>Giardia lamblia</i> (protozoario)	Giardiasis
Virus del polio	Poliomelitis
Virus hepatitis	Hepatitis infecciosa
Echovirus	Vómitos, diarreas epidémicas

Fuente: (OPS/OMS)

La identificación y cuantificación de los organismos patógenos resulta de difícil realización, por la especificidad de los sustratos que se requieren para ello, porque son escasos y difíciles de aislar, su ocurrencia no sigue una distribución normal, sobreviven poco tiempo fuera del tracto intestinal y se requerirían muestras bastante grandes para incluirlos. Por todo ello se recurre a la selección de organismos indicadores cuya presencia refleja la probabilidad de existencia de los organismos patógenos, específicamente aquellos característicos del intestino de los animales de sangre caliente que incluyen a los humanos (Tchobanoglous y Schroeder, 1985).

Se buscó un indicador fácil de aislar y determinar, que sea aplicable a todo tipo de agua, que sea inocuo, que esté presente si existieran patógenos y esté ausente si estos no estuvieran presentes, que sean más resistentes al medio y los desinfectantes y que su densidad esté relacionada con la probabilidad de la presencia de patógenos.

El grupo coliforme que incluye a las especies: *Escherichia coli*, *Escherichia freundii*, *Klebsiella aerogenes*, *Aerobacter cloacal* y *Proteus vulgaris*, fue el escogido. Los seres humanos excretan alrededor de 250.000 millones de coliformes/día. También existen en el intestino de otros animales de sangre caliente. La presencia de coliformes es un indicador de contaminación por excretas y, por ende, potencialmente presencia de microorganismos patógenos.

Algunos miembros del grupo coliforme aparecen en el suelo y por lo tanto su presencia no siempre indica contaminación por excretas. No obstante, no puede aceptarse que en el caso de agua de consumo puedan existir bacterias del suelo. Por eso se acepta como indicador de la presencia potencial de patógenos al grupo coliforme en su totalidad.

Existen dos pruebas estándar aceptadas para cuantificar la presencia del grupo coliforme: a) tubos de fermentación múltiple, cuyo resultado se expresa como NMP/100 ml (número más probable/100 ml) y b) filtración por membranas y el resultado se expresa como Colonias/100 ml. La base de cada una de estas técnicas es muy diferente y por eso no existe equivalencia entre resultados. La primera usa análisis probabilístico de resultados positivos (+) y negativos (-) al ensayar porciones múltiples de volúmenes iguales y en diluciones que siguen una serie geométrica y la segunda filtra un volumen conocido de muestra a través de una membrana de $0,45\mu\text{m}$ y la membrana se incuba sobre una almohadilla con medio nutritivo y crecen colonias de color característico. La técnica de los tubos de fermentación usa lactosa como medio de cultivo y se cuentan los tubos donde haya producción o ausencia de gas a $35\pm0,2^\circ\text{C}$ y se requiere 48 horas para culminar el conteo de los tubos positivos. Con los resultados de tubos positivos se va a tablas estándar basadas en cálculos probabilísticos para las diluciones usadas. La técnica con filtración por membrana desarrolla colonias rojizas con brillo metálico verdoso, a $35\pm0,2^\circ\text{C}$ y a las 24 horas, sobre un medio tipo Endo broth que contiene lactosa, esas colonias se cuentan directamente (APHA, AWWA, WEF, 1998) (Fig.VII.3).

A

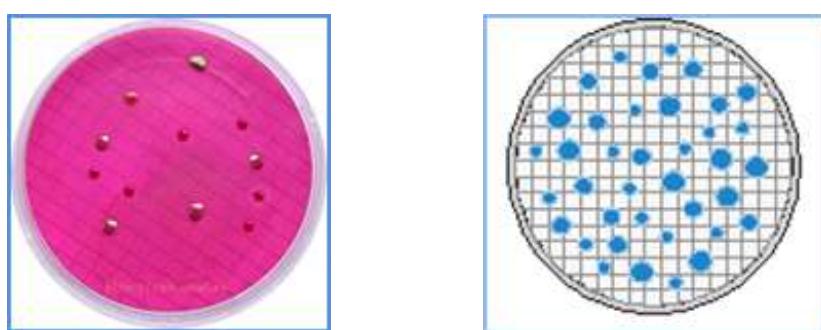


Figura VII.3. Resultados de la incubación usando la técnica con filtración por membranas para coliformes totales (A) y coliformes fecales (B). (**Fuente:** Manual de Millipore).

1.9 Contaminantes orgánicos refractarios o persistentes

Se refieren a un grupo bastante amplio de compuestos orgánicos cuya estructura los hace de difícil ataque por los microorganismos que normalmente hacen esa labor como parte del ciclo biogeoquímico del carbono. Generalmente son sintéticos y de aparición relativamente reciente. Se pueden citar a las sustancias activas al azul de metileno, como los detergentes, los plaguicidas organoclorados, los bifenilos policlorados (BPC), los solventes para limpieza, los fenoles, entre otros. Estas sustancias que encuentran su camino a los cuerpos de agua durante su uso cotidiano o en el proceso productivo, además de su efecto pernicioso a los ecosistemas acuáticos potencialmente pueden dañar a los seres humanos a largo plazo por ser cancerígenos o mutagénicos o teratogénicos.

Estos compuestos refractarios prácticamente no se remueven en los tratamientos biológicos y pueden requerir tratamientos adicionales, bien químicos como adsorción con carbono, oxidación química o físicos como despojamiento con aire (Manahan, 1997).

2 Autopurificación de ríos y corrientes

Los cursos de agua superficiales, tan expuestos a las descargas contaminantes antrópicas por ser los recursos hídricos más accesibles, muy frecuentemente presentan cambios negativos en su calidad. Es decir, los valores de los parámetros típicos de calidad se desmejoran en relación a lo que se puede considerar un cuerpo de agua saludable desde todos los puntos de vista, como ecosistema acuático y como fuente de abastecimiento para los seres humanos. Los ríos y corrientes tienen la capacidad de sobreponerse, dentro de ciertos límites, a la descarga de sustancias biodegradables, tal como materia orgánica, por lo que se conoce como su capacidad de autopurificación. En efecto, de acuerdo a como sea la magnitud del vertido de líquido residual en relación al caudal del río, puede ser que por dilución bajen los valores de los parámetros a niveles aceptables o bien, según como sea su proceso de re-aireación natural puede contrarrestar el efecto de la desoxigenación por la degradación aerobia de la materia orgánica. Ambos efectos nos indican que en ciertos casos, los cursos de agua son capaces de recuperarse de descargas puntuales. Puede observarse en la figura VII.4 que al efectuarse una descarga la corriente sufre una serie de cambios que comienzan con la disminución del oxígeno disuelto que llega al 40% de la saturación en una zona inicial de degradación, a la que sigue una zona de descomposición activa donde el oxígeno puede llegar a niveles críticos y desaparece la biota acuática superior. A continuación comienza a subir el

nivel de oxígeno en una zona de recuperación donde la re-aireación es mayor a la desoxigenación y comienzan a aparecer los peces y los rotí-feros hasta que el OD recupera sus niveles normales.

En un intento por cuantificar los cambios en concentración de oxígeno que ocurren en un río por efecto de la materia orgánica biodegradable descargada se han desarrollado modelos, el más conocido el de Streeter y Phelps. Es aplicable a descargas puntuales y relaciona la tasa de cambio espacial de OD con la tasa de cambio espacial de los procesos antagónicos de desoxigenación y reaireación de la corriente. Combinando ambos efectos se produce la ecuación del combado de oxígeno que permite predecir el déficit de oxígeno disuelto y la carga máxima de materia orgánica que puede ser vertida al río (Nemerov, 1974).

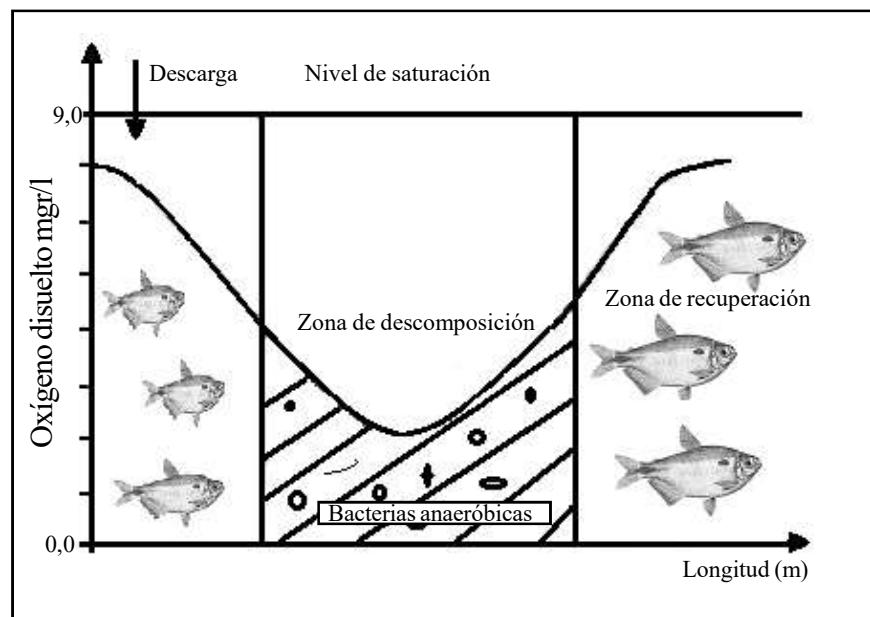


Figura VII.4. Curva de combado de oxígeno en un río sometido a una descarga puntual. (Fuente: www.image.slidesharecdn.com)

3 Tratamientos de las aguas residuales

En la actualidad se aboga por una cultura preventiva como primera estrategia para evitar la contaminación de los cuerpos de agua naturales, después que los seres humanos han usado sus aguas y las devuelven a su entorno con una calidad inferior a la que tenían originalmente. Tanto a nivel

urbano como industrial existe una oferta amplia de posibles formas de evitar o disminuir la contaminación de los efluentes líquidos. No obstante, en la gran mayoría de las sociedades la prevención no ocupa el puesto que le debería corresponder y aún se producen grandes cantidades de residuales líquidos contaminantes. Ante esta realidad nos queda la alternativa de seleccionar algún sistema de tratamiento como mecanismo para disminuir la carga contaminante de los efluentes líquidos, sean domésticos o industriales.

Los contaminantes presentes en los líquidos residuales los podemos remover o transformar en materiales inocuos utilizando operaciones físicas, procesos químicos y procesos bioquímicos. En las operaciones físicas prevalecen las fuerzas físicas. En los procesos químicos la remoción o conversión de contaminantes se logra mediante el uso de alguna sustancia química o bajo una reacción química. En los procesos bioquímicos se lleva a cabo la transformación del material orgánico biodegradable en nuevo tejido celular, compuestos estables y gases, con la intervención de microorganismos.

Estas operaciones y procesos pueden presentarse bajo una gran variedad de combinaciones en los sistemas de tratamiento, según sea el estado de agregación de los contaminantes o según sea el tipo de sustancia contaminante. Cuando nos referimos al estado de agregación estamos hablando del tamaño de la partícula dispersa en la fase acuosa, que va desde el tamaño de un ión o una molécula, lo que constituye una solución, pasando por las partículas de tamaño coloidal que forman las suspensiones coloidales hasta las mayores que son las suspensiones.

Un buen compendio de los diferentes tipos y combinaciones de tratamiento, basada en el estado de agregación de los materiales presentes, lo podemos observar en la Tabla VII.3 (Leslie-Grady y Lim, 1987).

Ante tal número de alternativas de tratamiento disponibles se plantea el interrogante de cual operación o proceso se seleccionará y bajo que secuencia o combinación de los mismos se llevarán a cabo. El orden bajo el cual se presentan está relacionado con el origen del agua residual a tratar. Si estamos hablando de las aguas residuales municipales, que incluyen a las domésticas, el orden en que se presentan los procesos y operaciones son: el tratamiento preliminar y seguidamente los tratamientos primarios, secundarios y terciarios que se describirán más adelante. Cuando hablamos de las aguas residuales industriales que abarcan un amplio espectro de diversos tipos de líquidos residuales, es imposible presentar un vertido industrial «típico». Así encontramos industrias como las alimentarias que tienen altos contenidos de materia orgánica y se asemejan a los residuales domésticos y

Tabla VII.3. Resumen de los sistemas de tratamiento de aguas residuales aplicables según el tipo de contaminante presente

Tipo y estado de agregación	Tratamiento aplicado
Sólidos de tamaño apreciable	Desbaste
Sustancias inorgánicas solubles	Intercambio iónico, precipitación, diálisis, ósmosis inversa, oxidación química
Sustancias inorgánicas suspendidas	Coagulación
Sustancias orgánicas solubles	Adsorción
Sustancias orgánicas biodegradables (solubles o coloidales)	Sistemas de tratamiento biológico
Sustancias orgánicas suspendidas	Sedimentación, flotación
Organismos patógenos	Procesos de desinfección
Nutrientes (N + P)	Métodos biológicos variados
Fósforo	Precipitación, procesos biológicos
Nitrógeno	Desnitrificación biológica

otras como las metalmecánicas donde se conseguirán metales y otras sustancias tóxicas propias del proceso productivo. Existe una amplia gama de vertidos industriales dependiendo del tipo de industria, sea alimentaria, química, textil, de pulpa y papel, de extracción de minerales, entre otras. En concordancia con esa diversidad de vertidos líquidos industriales así serán la secuencia y los diferentes tipos de tratamiento que se requieren aplicar en cada uno de estos casos. Procesos como precipitación, oxidación avanzada, procesos de membrana, intercambio iónico y adsorción se incluyen entre las alternativas usadas para los vertidos industriales. Se abre un mundo muy amplio de posibilidades que no serán cubiertas en este capítulo que está enfocado con mayor profundidad a los líquidos residuales domésticos.

3.1 Tratamiento preliminar

Está destinado a preparar el agua residual para su posterior tratamiento sin dañar los equipos mecánicos como válvulas, bombas y equipos de aireación, ni obstruir las tuberías. Las unidades se localizan a la entrada de la planta previo al tratamiento primario y se aplica a los sólidos gruesos tales como arenas, trapos, estopa, tapones de botella, restos de vegetales, productos de higiene femenina, maderas, basura, papel, entre otros. Se le llama

desbaste o cribado o tamizado cuando se aplica a los sólidos bastos en general y se usa el desarenador en el caso particular de las arenas. Para eliminar estos sólidos de tamaño apreciable se usa la intercepción de los mismos con elementos separadores como son rejillas, rejillas, barras, tamices y desarenadores (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Las rejillas o cribas, son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas colocadas transversalmente al flujo y colocadas antes del desarenador. Pueden ser de limpieza manual o mecanizada (Fig. VII.5). Se instalan con un ángulo, entre 30-60° con la horizontal las primeras y entre 60-90° las segundas, que requieren un mantenimiento muy cuidadoso. Las rejillas gruesas tienen un espaciamiento entre 4-10 cm y las finas entre 1-2 cm. Los tamices se usan para separar sólidos más pequeños entre 1 y 10 mm. El material retenido es llevado a un molino o triturador y recirculado luego a la planta de tratamiento o dispuesto en un relleno sanitario o un incinerador si se trata de plantas grandes.



Figura VII.5. Rejas de limpieza manual. (**Fuente:** www.aquatreat.es/productos_desbaste.php).

En el caso de los desarenadores son unidades destinadas a retener sólidos inorgánicos como arenas, cenizas y grava, que son partículas discretas, cuya presencia es común en líquidos residuales domésticos y pueden dañar equipos mecánicos por abrasión y causar problemas de operación. Entre los más utilizados están los desarenadores de flujo horizontal y vertical. Los primeros se basan en reducir la velocidad del agua y la turbulencia, permitiendo que las arenas en suspensión se depositen en el fondo y de ahí son retirados periódicamente. En el caso de los de flujo vertical, este se lleva a cabo desde la parte inferior hacia arriba y las partículas sedimentan en tanto sube el agua; son más costosos pero ahorran espacio y son ampliamente utilizados en las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Crites y Tchobanoglous, 2001; Tchobanoglous *et al.*, 2003).

3.2 Tratamiento Primario

En un sistema convencional de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico el denominado tratamiento primario está colocado después de los preliminares anteriormente descritos y constituye el primer tratamiento aplicado al líquido residual que está alimentando a la planta. En esta categoría prevalece la acción de fuerzas físicas para remoción de las sustancias contaminantes que se presentan como sólidos suspendidos o sedimentables. Se encuentran entre las llamadas operaciones unitarias e incluyen la sedimentación primaria y la flotación.

La sedimentación remueve las partículas suspendidas con peso específico superior al del agua por acción de la gravedad. Otra forma de separación con ayuda de la gravedad es la flotación en la cual las partículas con peso específico menor al del agua flotarán y serán removidas por barrido de la superficie. Con estas operaciones se reduce el contenido de sólidos suspendidos.

Aunque en esta sección se dará mayor énfasis a la sedimentación que se lleva a cabo en un sedimentador primario, se presentan por su afinidad, los otros tipos de sedimentación que ocurren en una planta de tratamiento de aguas residuales.

3.3 Sedimentación

En general la sedimentación se usa para remoción de arenas en unidades de pretratamiento, de sólidos suspendidos en los sedimentadores primarios, de flóculos biológicos en sedimentadores secundarios como el caso de los lodos activados y los flóculos químicos formados en los procesos de coagulación con agentes químicos. Así mismo se usa para concentrar sólidos en espesadores de lodos. En muchos casos, el principal propósito de la separación por gravedad es producir un efluente clarificado, pero también promover la formación de un lodo con una concentración de sólidos que pueda manejarse y tratarse fácilmente (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Se habla de los siguientes tipos de sedimentación: Tipo 1) sedimentación de partículas discretas, Tipo 2) sedimentación de partículas floculentas, tipo 3) sedimentación interferida o zonal y tipo 4) sedimentación por compresión. No obstante, también se consideran remoción de partículas por gravedad a la sedimentación acelerada y la flotación.

Sedimentación de partículas discretas (Tipo 1): Sedimentación por gravedad de partículas que no tienen interferencia significativa con partículas vecinas y sedimentan como entidades individuales. Su tamaño, forma y gravedad específica no cambia con el tiempo. Es el caso de la remoción de arenas.

Sedimentación de partículas floculentas (Tipo 2): Las partículas aglutinadas en forma de flóculos aumentan su masa y sedimentan más rápido por gravedad. Las propiedades superficiales de estas partículas son tales que se agregan con las otras partículas con las que están en contacto y cambian de tamaño, de forma y quizás de gravedad específica y tienden a flocular. Este tipo de sedimentación se consigue en una fracción de los sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales en las unidades de sedimentación primaria, en la parte superior de los sedimentadores secundarios y en la floculación química.

Sedimentación zonal o interferida (Tipo 3): Cuando se tienen suspensiones en las cuales la fuerza entre las partículas es suficiente para interferir en la sedimentación de las partículas vecinas y se sedimentan todas como una unidad. En la parte superior de la masa que se sedimenta se forma una interfaz sólida-líquida bien definida. Este tipo se presenta en unidades de sedimentación secundaria del tipo usadas en tratamientos biológicos.

Sedimentación por compresión (Tipo 4): La concentración de las partículas es tan alta que se forma una estructura y la sedimentación ocurre solo por compresión de esa estructura, por el peso de las partículas provenientes del líquido sobrenadante que se van incorporando a la misma. Se presenta en la capa inferior de lodos espesos, como es el caso del fondo de sedimentadores y espesadores de lodos.

Sedimentación acelerada: Es la remoción de partículas en suspensión por sedimentación en un campo con aceleración, como el caso de la remoción de arenas presentes en agua residual.

Separación por flotación: Es la remoción de partículas en suspensión con peso específico menor al del agua como es el caso de grasas, aceites y material flotante. En aplicaciones industriales se usa para remover aceite emulsificado.

3.4 Tratamiento biológico

Este tipo de tratamiento a veces es denominado secundario, por llevarse a cabo a continuación de la sedimentación primaria, como es el caso de los líquidos residuales de origen doméstico. Su principal objetivo es la estabilización de la materia orgánica biodegradable, disuelta y en estado coloidal, transformándola en gases y biomasa. Esta última debe removarse posteriormente por medio de la sedimentación por gravedad para obtener un sobrenadante clarificado que será el efluente del tratamiento. También pueden incluir, si se requiere, la remoción de los nutrientes nitrógeno y fósforo.

Según Leslie-Grady *et al.* (1991) dependiendo de la concentración de la materia orgánica podemos hacer una primera aproximación gruesa a las diferentes posibilidades de tratamiento aplicables a un agua residual. Se muestra a continuación en la Tabla VII.4:

Tabla VII.4: Alternativas de tratamiento según fuerza contaminante del agua residual. (Fuente: Adaptado de Leslie-Grady y Lim, 1991).

DQO (mg/L)	Tipo de tratamiento aplicable
<50	Adsorción es más económico
50-4.000	Cultivos aerobios
4.000-50.000	Cultivos anaerobios
>50.000	Evaporación e incineración o combustión húmeda

De la interesante información que se desprende de la tabla 4 se observa que para el intervalo entre 50 y 50.000 mg/L (materia orgánica expresada como DQO) es recomendable el uso de procesos que estén basados en cultivos de microorganismos y precisamente este rango cubre los casos de líquidos residuales domésticos y la gran mayoría de los industriales. Existe una amplia variedad de procesos biológicos que tienen en común aprovechar el metabolismo bacteriano, cuando los microorganismos usan como alimento o sustrato la materia carbonosa presente, para obtener energía y crecer. Dependiendo de la forma como crecen los microorganismos en el líquido hablamos de **procesos de biopelícula o crecimiento adherido**, cuando lo hacen sobre material inerte como rocas o plástico y de **procesos de crecimiento suspendido** cuando crecen en el seno del líquido. Esta primera clasificación nos provee de algunos ejemplos de procesos ampliamente utilizados. Es el caso de los lechos biopecoladores (mal llamados filtros biológicos) y los biodiscos rotatorios, entre los procesos de crecimiento adherido y los casos de los lodos activados y las lagunas de estabilización como ejemplos de procesos de crecimiento suspendido. En este capítulo, por razones de espacio, nos vamos a referir a ellos especialmente, pero no se puede dejar de nombrar otros sistemas de tratamiento biológico que según las circunstancias también son utilizados en muchos países. A manera de ejemplo se nombran los siguientes: El tratamiento conocido como reactores anaerobios de flujo ascendente con manto de lodos (UASB por sus siglas en inglés) aplicable a una amplia variedad de residuos industriales,

especialmente de la industria alimentaria. Así mismo tiene una gran popularidad la variante del sistema de lodos activados conocida como reactores por carga secuenciales (SBR por sus siglas en inglés) en casos donde los efluentes a tratar tengan caudales intermitentes como es el caso de comunidades pequeñas, campamentos vacacionales o industrias que trabajan por cargas.

Podemos usar otra clasificación para ordenar los diferentes procesos, esta vez con base al ambiente donde se lleva a cabo la reacción de estabilización de la materia orgánica y así conseguimos procesos aerobios, anaerobios, anóxicos y facultativos. Los aerobios ocurren en presencia de oxígeno como es el caso de lodos activados, lagunas aireadas y lechos biopecoladores. Los anaerobios suceden en ausencia de oxígeno como la digestión anaerobia. Los anóxicos suceden cuando el oxígeno usado por ciertas bacterias no es libre sino contenido en los NO_3^- y conduce a la desnitrificación. En el caso de procesos facultativos los microorganismos son capaces de actuar en presencia o ausencia de oxígeno molecular, cambiando su metabolismo de acuerdo al ambiente, como sucede en los sistemas de lagunas facultativas.

Dada la importancia que tiene para los procesos biológicos la naturaleza del metabolismo bacteriano, a continuación se considerará brevemente algunos principios fundamentales del mismo.

Microorganismos que intervienen en los procesos biológicos: Los más importantes son las bacterias que se incluyen en la categoría de organismos unicelulares **procarióticos** (sin núcleo definido por carecer de una membrana) y que pueden dividirse en dos categorías principales, autotróficas y heterotróficas. Las bacterias **autotróficas** no dependen de la materia orgánica para su desarrollo y crecen en un medio inorgánico, usando el dióxido de carbono u otras especies de carbonato como fuente de carbono para sintetizar las proteínas complejas, las enzimas y otros materiales necesarios para sus procesos vitales; su fuente de energía puede ser la luz o materia inorgánica (Manahan, 2006). Ejemplos de este tipo de organismos son las bacterias nitrificantes, como el género *Nitrosomonas* encargadas de la transformación del ión amonio en nitrito y el género *Nitrobacter* de transformación nitrito en nitrato. Las bacterias **heterotróficas** dependen de compuestos orgánicos producidos por otros seres vivos tanto para formar su biomasa como para sus necesidades energéticas. Una amplia mayoría de bacterias pertenecen a este grupo y por ello son las principales responsables de los procesos biológicos de tratamiento.

Otros microorganismos que participan en los procesos biológicos son algas, protozoarios, hongos y rotíferos. Todos estos se incluyen en la categoría de **organismos eucarióticos** (núcleo encerrado en membrana definida).

Reacciones metabólicas: Un sistema biológico de estabilización debe garantizar un agente oxidante, un agente activo y un sustrato biodegradable. El agente oxidante es el aceptor final de electrones (oxígeno libre o combinado y materia orgánica), el agente activo son las enzimas producidas por las bacterias e imprescindibles para cualquier reacción metabólica, el sustrato es la materia orgánica biodegradable, es decir el contaminante que se quiere eliminar y que es de naturaleza reductora. La reacción de óxido-reducción que se lleva a cabo entre sustrato y agente oxidante en presencia de enzimas produce material celular (biomasa), gases, H₂O, otros productos metabolizados y energía.

En una reacción de óxido-reducción, en general, hay una transferencia de electrones de una sustancia reducida (el donante) a un material oxidante (el aceptor). En el caso de la degradación de los contaminantes presentes en aguas residuales si se tienen bacterias heterótrofas el donante es el sustrato o sea la materia orgánica, pero en el caso de bacterias autotróficas el donante es materia inorgánica como puede ser NO₂⁻, NH₄⁺ o S²⁻ (sulfuro). El aceptor final de electrones dependerá del tipo de proceso envuelto y en la Tabla VII.5, se detalla quién es de acuerdo al tipo de metabolismo.

Tabla VII.5. Aceptor final de electrones según condiciones ambientales.

Tipo de proceso metabólico	Aceptor final de electrones
Proceso Aerobio	O ₂ (oxígeno libre)
Proceso Anaerobio	Ausencia de oxígeno libre (O ₂), pero existe oxígeno contenido en un compuesto (SO ₄ ²⁻)
Proceso Anóxico	Ausencia de oxígeno libre (O ₂) pero existe oxígeno contenido en NO ₃ ⁻
Proceso de fermentación	Materia orgánica

Los tres tipos de procesos donde interviene el oxígeno como aceptor final son diferentes casos de lo que conocemos como **respiración**. Por otra parte, en el caso de la **fermentación** el aceptor final de electrones es materia orgánica. La ganancia energética que se obtiene en los procesos aerobios es la mayor de todas, seguida muy de cerca por los procesos anóxicos, luego muy alejados siguen los procesos anaerobios y por último la fermentación.

Las transformaciones metabólicas son una vía de degradación muy versátil para transformar compuestos químicos complejos y es llevada a cabo con la participación de seres vivos. En el caso de aguas residuales las sustancias que están produciendo la contaminación y son susceptibles de biotransformarse son degradadas básicamente a CO_2 y H_2O (mineralizadas) por la acción de las bacterias. El metabolismo particular de cada especie bacteriana les permite utilizar algunos de esos compuestos como fuente de energía para sus procesos vitales (movimiento, crecimiento, reproducción) y para la síntesis de nuevo material celular con estructuras químicas específicas y bajo un cierto patrón. Las reacciones que se suceden casi siempre están catalizadas por enzimas, lo cual permite que se efectúen en condiciones ambientales naturales. Las **enzimas** son moléculas orgánicas complejas, del tipo proteínas, producidas por seres vivos y que actúan como catalizadores, siendo capaces de incrementar la velocidad de la reacción enzimática entre 10^8 - 10^{11} veces con respecto a la velocidad sin catalizar. En el metabolismo de los seres vivos intervienen enzimas extracelulares que participan especialmente en reacciones de tipo hidrolíticas, que aportan poca energía y son capaces de romper los enlaces de proteínas, carbohidratos y lípidos hasta llevarlos al tamaño de moléculas que pueden atravesar la pared celular y donde actúan las enzimas intracelulares que catalizan reacciones redox aportantes de energía (Gaudy y Gaudy, 1980).

La complicada secuencia de reacciones que llevan a cabo los seres vivos para obtener energía (reacciones degradativas) y producir nuevo material celular (reacciones biosintéticas) constituyen una trayectoria metabólica y se llama catabolismo a la primera fase y anabolismo a la segunda. Entre las principales trayectorias metabólicas se pueden nombrar a manera de ejemplo: a) la Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) que interviene en el catabolismo de la glucosa, b) Ácido tricarboxílico o del ácido cítrico o ciclo de Krebs donde ocurre la oxidación terminal de la fuente de energía a dióxido de carbono, en las células aerobias; aquí ocurre el metabolismo aerobio y el oxígeno entra a la reacción solo en el paso final como aceptor de electrones (Gaudy y Gaudy, 1980).

3.4 Proceso de tratamiento biológico de crecimiento suspendido más utilizado

Sin duda el proceso más versátil y utilizado a nivel mundial es el conocido como **Lodos Activados**. Este sistema, en su variante convencional, está conformado por un reactor y un sedimentador o clarificador secundario. En el reactor se estabiliza la materia orgánica en un ambiente aerobio el cual se consigue inyectando aire por medio de difusores porosos o sistemas mecánicos superficiales. En el reactor existe una alta concentración de biomasa

activa (lodos activos) que le da el nombre al sistema y que es capaz de degradar la materia orgánica hasta CO_2 y H_2O y producir material celular. Este líquido existente en el reactor con alta concentración de biomasa activa se conoce como licor mezclado. Transcurrido el tiempo de retención celular (θ_c) en el reactor, la biomasa se separa del líquido depurado en el sedimentador, produciendo un líquido sobrenadante que es el efluente del sistema y lodos que sedimentan y parte de ellos se recirculan al biorreactor para mantener una alta concentración de biomasa en el mismo y una parte se elimina o purga para mantener el tiempo de retención celular (θ_c), que es un parámetro crítico de diseño y es igual al tiempo promedio que permanecen los lodos en el sistema. Existen al menos ocho variantes de lodos activados.

En la Figura VII.6 se muestra el arreglo de un sistema de lodos activados convencional cuyo afluente proviene de un sedimentador primario.

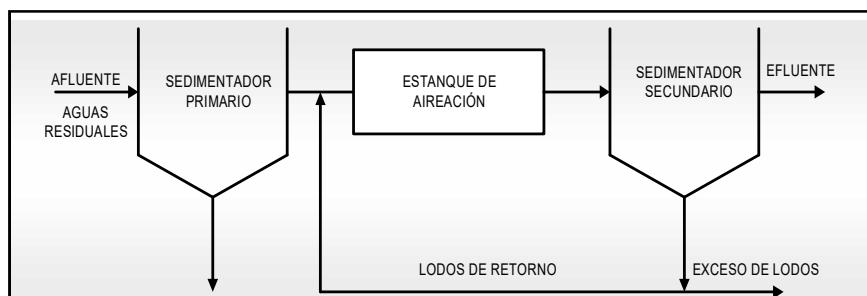


Figura VII.6. Diagrama de un sistema convencional de lodos activados. (Fuente: elaboración propia).

3.5 Procesos de tratamiento biológico de crecimiento adherido más utilizados

Los más utilizados son los lechos biopercoladores y los biodiscos rotatorios. Los **lechos biopercoladores** (también denominados filtros percoladores) están conformados por un lecho lleno con un medio de soporte sobre el cual se adhieren los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica y forman una película biológica. Esta biopelícula es heterogénea y está conformada por microorganismos, partículas y polímeros extracelulares, requiere de varias semanas para desarrollarse en un proceso conocido como maduración. La porosidad y especies microbianas cambian cuando la profundidad del biofilm se incrementa a medida que transcurre el tiempo de operación y llega el momento en que el grosor ha aumentado tanto que la biopelícula se desprende del relleno por acción de la gravedad.

dad y el flujo del líquido la arrastra fuera del sistema. Inicialmente (a finales del siglo XIX) el medio de soporte utilizado consistía de roca picada y la profundidad del lecho típicamente era de 1 a 2 metros. En la década de los 70 el plástico comenzó a sustituir a las rocas y al ser un medio más liviano permitió que los lechos alcanzaran hasta 12 metros y en tal caso se les llama Torres Biológicas. En un proceso de crecimiento adherido de biopelícula, el agua residual ingresa al lecho por la parte superior y es distribuida por medio de rociadores fijos o aspersores móviles y gotea a través de los poros del relleno. La materia orgánica es absorbida por la película biológica formada y es degradada por los microorganismos aerobios presentes. A medida que aumenta el espesor de la película se establecen condiciones anaerobias en la zona más profunda y ahí los organismos dejan de tener acceso a la materia orgánica que está siendo degradada en la superficie y entran en la fase endógena de crecimiento y pierden su capacidad de adherencia y por ello se desprende la película y es arrastrada por la corriente líquida.

Los lechos poseen un sistema de drenaje inferior para recoger el líquido tratado y los sólidos que se desprenden del medio de soporte. La aireación del lecho tiene lugar por convección natural debido a la diferencia de temperatura entre el aire del empaque y la atmósfera circundante. El efluente del reactor requiere un sedimentador secundario para remover los sólidos suspendidos desprendidos del medio (Leslie-Grady *et al.*, 1999; Tchobanoglous *et al.*, 2003) (Fig. VII.7).



Figura VII.7. Lecho biopercolador de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas, UCV.

3.6 Los biodiscos rotatorios

También llamados Contactores Biológicos Rotativos (RBC) consisten en una serie de discos, acoplados a un eje común, que se instalan en un tanque donde alrededor del 40% del disco permanece sumergido. Los discos giran y alternativamente la superficie está expuesta al líquido residual y al aire. La aireación se produce por la acción de la rotación. Sobre los discos se forma una película biológica capaz de asimilar y degradar la materia orgánica presente en el líquido residual. El exceso de biomasa se desprende de los discos y cae al tanque, donde la rotación los mantiene en suspensión. Estos sólidos son arrastrados y separados en un decantador secundario.

Los principales elementos físicos de este sistema (Fig. VII.8) son los ejes rotatorios que se utilizan como soporte del medio y permiten su rotación. Los discos pueden fabricarse de diferentes materiales y se trata de obtener la mayor superficie por unidad de volumen. Con arreglos en serie es posible alcanzar altas remociones de materia orgánica y alta nitrificación.



Figura VII.8. Biodiscos rotatorios de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas, UCV.

3.7 Lagunas de estabilización

Los sistemas lagunares son exca-vaciones realizadas en un terreno y cercadas por taludes de tierra. Son sistemas biológicos de crecimiento suspendido. Su operación sencilla y con pocos equipos mecánicos las hace ventajosas por su bajo costo, no obstante requieren grandes extensiones de terreno y por ello son apropiadas para zonas rurales. Son de profundidad variable entre 0,3 m y 10 m dependiendo de si son lagunas aerobias, facultativas o anaerobias. Las **aerobias**, con un rango de profundidad entre 0,3 y 0,6 m y con tiempo de retención elevado, permiten la penetración de la luz en toda su profundidad y así durante el día tienen una gran actividad fotosintética en toda la columna de agua. El oxígeno producido por las algas presentes permite a las bacterias aerobias degradar la materia orgánica

presente durante las horas diurnas. Generalmente este tipo de lagunas se usa combinadas con otras lagunas y actúan como lagunas de maduración que permiten la disminución de los organismos patógenos. Las **facultativas**, que son las más usadas y versátiles, tienen profundidades que varían entre 1,5 a 2,5 m. Se definen dos zonas en la columna de agua de acuerdo al contenido de oxígeno disuelto; la capa superior donde se desarrolla actividad fotosintética y por ende se produce oxígeno y hay degradación aerobia de los compuestos orgánicos con la participación de bacterias aerobias. En esta zona el aporte de oxígeno, además de la fotosíntesis, proviene de la reaireación natural superficial. En la zona inferior, donde se depositan sedimentos, se desarrollan bacterias anaerobias y hay producción de metano al realizarse la descomposición anaerobia de la materia orgánica. En este tipo de lagunas se produce una simbiosis entre las algas y bacterias, donde el oxígeno suministrado por las algas es utilizado por las bacterias para metabolizar los compuestos orgánicos y en este proceso liberan nutrientes solubles y dióxido de carbono que son utilizados por las algas en su crecimiento. **Las lagunas anaerobias** se diseñan para tratar residuos líquidos con altas cargas de materia orgánica, generalmente vertidos de industrias situadas en zonas apartadas. Tienen profundidades que varían entre 2,5 y 5 m, no cuentan con zonas aerobias y tienen tiempos de retención en torno a los 5 días. Potencialmente generan malos olores y por eso se cubren o están en zonas aisladas. El metabolismo anaerobio conduce a la producción de dióxido de carbono y metano mediante un proceso de dos pasos donde intervienen en principio bacterias formadoras de ácido que transforman la materia orgánica en ácidos grasos volátiles y un segundo paso con metano bacterias que llevan estos ácidos orgánicos a la foma de CO_2 y CH_4 . Generalmente están seguidas de lagunas facultativas o aerobias para generar productos finales aceptables.

Aunque los inconvenientes de requerimientos de grandes extensiones de terreno y producción de efluentes con alto contenido de material en suspensión por la presencia de algas (a excepción de las anaerobias) son desventajas a considerar para este tipo de tratamiento, son usados ampliamente en zonas rurales por sus bajos costos de capital, mínima capacitación del personal que las opera y la evacuación y disposición de lodos solo se hace al cabo de 10 años o más. (Romero, 2000; Crites y Tchobanoglous, 2000; Tchobanoglous *et al.*, 2003; Valdez y Vázquez, 2003) (Fig. VII.9).

3.8 Tratamiento avanzado o terciario

Es posible que los estándares de calidad de efluentes de sistemas de tratamiento hasta nivel secundario no cumplan los niveles de ciertos contaminantes que no se eliminan con los tratamientos convencionales. Entre

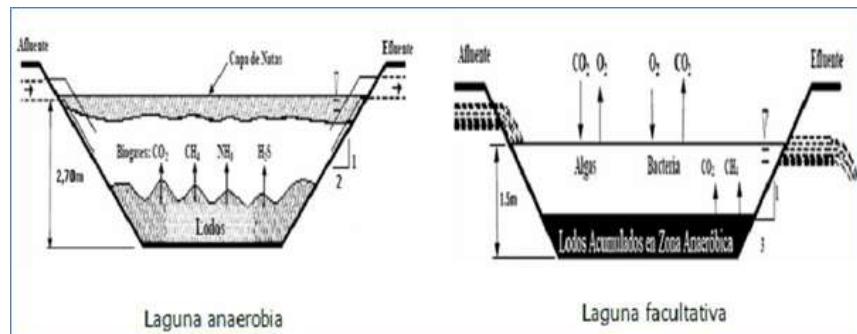


Figura VII.9. Diagrama de una laguna anaerobia y una facultativa. (**Fuente:** www.datateca.unad.edu.co/contenido/358012).

estos destacan los nutrientes nitrógeno y fósforo y algunos contaminantes traza como orgánicos refractarios. En estos casos se requiere incluir etapas adicionales dirigidas específicamente a la remoción de tales contaminantes.

Remoción de nitrógeno: Dado los múltiples problemas generados por las diversas formas bajo las que se presenta el nitrógeno: a) aceleración del proceso de eutrofización de cuerpos de agua léticos (nitratos), b) agotamiento de oxígeno en cuerpos de agua receptores (amoníaco), c) exhibir toxicidad a la vida acuática (amoníaco), d) problema de salud pública (metahemoglobinemia por nitrato) y e) afectación de la reutilización de aguas residuales (nitrato), es imperativo su transformación en un compuesto inocuo como el $\text{N}_{2(g)}$. La eliminación biológica de nitrógeno es el proceso más aceptado por la comunidad científica y conlleva dos etapas en condiciones ambientales antagónicas: a) la nitrificación en condiciones aerobias y b) la desnitrificación en condiciones anóxicas. Este último proceso es un mecanismo respiratorio utilizado por bacterias heterotróficas en ausencia de oxígeno libre (O_2) y en el cual lo reemplazan por el nitrato (NO_3^-) como aceptor final de electrones.

La nitrificación la llevan a cabo las bacterias autotróficas *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*, que en medio aerobio, transforman el amoníaco (NH_4^+) en nitrito (NO_2^-) las primeras y el nitrito en nitrato (NO_3^-) las segundas. Se sabe que por cada kg de nitrógeno amoniaco que se oxida a nitrato se consumen 4,18 kg de O_2 , por ello el vertido de efluentes no nitrificados en cuerpos de agua receptores pueden bajar su preciado oxígeno disuelto a niveles que comprometen la biota acuática. La comunidad bacteriana nitrificante puede existir junto con la heterotrófica que remueve DBO en el caso del crecimiento suspendido y por ello la nitrificación puede alcanzarse en el mismo biorreactor cuando se trata de lodos activados. Pero en los sistemas

de crecimiento adherido la DBO tiene que removese antes de que se establezcan los organismos nitrificantes porque la biopelícula en principio es dominada por las bacterias heterotróficas con tasa de crecimiento mayor (Rittmann y MacCarty, 2001).

La desnitrificación se alcanza tras la culminación de la nitrificación y se logra bajo condiciones anóxicas. Los organismos desnitrificantes son principalmente heterótrofos facultativos (*Achromobacter*, *Alcaligenas*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, entre otros) que reducen el nitrato en ausencia de oxígeno molecular y lo transforman en gas N₂ que forma parte de la atmósfera. Esta reacción recupera oxígeno libre (2,86 kg O₂/kg NO₃⁻). La energía necesaria procede de la materia orgánica presente en el agua residual y por ello la zona anóxica debe situarse en la parte del proceso en donde se asegure la fuente de carbono (Kiely, 1999). Por tanto, cuando se contempla desnitrificar se agrega un reactor anóxico antes del reactor aerobio y la fuente de carbono degradable requerida se suple recirculando el efluente nitrificado al tanque anóxico que se colocó al inicio del proceso biológico.

En otras palabras la nitrificación-desnitrificación se desarrolla en un sistema que incorpora una zona anóxica con bacterias heterotróficas desnitrificantes y una zona aerobia con bacterias autotróficas nitrificantes y donde existe recirculación del nitrato generado en la zona aerobia hacia el tanque anóxico. Existen muchas configuraciones basadas en este arreglo. Una de las más conocidas es esta denominada proceso Ludzak-Ettinger modificado (Leslie-Grady *et al.*, 1999).

Remoción de fósforo: este nutriente es uno de los impulsores de la eutrofización acelerada de lagos y reservorios, sin duda uno de los problemas más graves a los que se enfrentan estos cuerpos de agua. Como no se remueve en los tratamientos convencionales debe buscarse la manera de hacerlo. En la actualidad existe la posibilidad de utilizar un tratamiento biológico de mucha eficiencia para su eliminación. Se basa en la idea de forzar a los microorganismos a retener más fósforo del que necesitan para su crecimiento al exponerlos alternativamente a ambientes anaerobios y aerobios. Los organismos acumuladores de fósforo (PAOs), especialmente las bacterias *Acinobacter* sp. han desarrollado una ventaja competitiva frente a bacterias heterotróficas comunes. Los PAOs son capaces de acumular ácidos grasos volátiles (AGV) en condiciones anaerobias mientras liberan P, y la fuente de energía requerida la obtienen del glucógeno y polifosfatos acumulados en cantidades que exceden sus necesidades estequiométricas en la etapa aerobia y donde consumieron fosfato del entorno para incorporarlos a

su biomasa. Así, en esta etapa se elimina biomasa enriquecida con fósforo y pueden alcanzarse niveles de P de apenas 2-3 mg/L. Existen varias combinaciones de procesos que remueven DBO y P al mismo tiempo. Entre otros, tenemos el proceso PhoStrip y el Phoredox como se les conoce comercialmente (Barnard, 1983; Leslie-Grady *et al.*, 1999).

Procesos combinados: Adicionalmente existen procesos que combinan la remoción de nitrógeno y fósforo alternando zonas anaerobias, aerobias y anóxicas y recirculación de licor mezclado. También son modificaciones del proceso básico de lodos activados. Entre ellos se puede mencionar el proceso conocido como Bardenpho de cinco etapas: anaerobia, anóxica, aerobia, anóxica y aerobia con recirculación del licor mezclado desde la zona aerobia a la primera anóxica para alcanzar la remoción de nitrato (Leslie-Grady *et al.*, 1999).

4 Tratamiento de los Lodos

Si una planta de tratamiento está bien diseñada y operada correctamente, el efluente es un producto terminado, no así los lodos, que por su putrescibilidad y volumen son altamente ofensivos para suelos y receptores. En cada una de las etapas de un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales se producen además del sobrenadante clarificado, que saldrá como efluente de la planta de tratamiento, grandes cantidades de lodos con una alta concentración de sólidos suspendidos que contienen compuestos orgánicos, ya que sedimentaron sin sufrir degradación alguna. Es necesario acondicionarlos y reducir el alto contenido de humedad y por tanto el volumen y transformarlos en un material inofensivo para el ambiente. Las facilidades para disponer los lodos usualmente representan alrededor del 50% de los costos de construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales, cuestión no despreciable.

La sedimentación primaria remueve la fracción sedimentable del agua residual cruda, que está en el orden de 40 a 60% de los sólidos afluente. Este tipo de lodo contiene sólidos inorgánicos así como la fracción más gruesa de coloides orgánicos y una fracción de la DBO afluente. En la etapa secundaria del tratamiento se generan sólidos biológicos compuestos primordialmente por la biomasa producida con una carga alta de materia orgánica. Una de las alternativas más usadas es mezclar los lodos primarios y secundarios y tratarlos juntos antes de disponerlos. El método más común para estabilizar estos lodos es la degradación biológica que los convierte en productos finales no agresivos y al proceso se le llama **digestión de lodos** que sirve para reducir el volumen y convertir en inertes y libre de patógenos a los sólidos remanentes.

4.1 Digestión anaerobia de lodos

Es el proceso más común para tratarlos y conduce a menor producción de biomasa que un proceso aerobio. Aprovecha las condiciones estrictamente anaerobias en que se desarrolla el proceso, con los lodos contenidos en un tanque cerrado, para llevar a cabo las dos etapas metabólicas que la conforman. Los organismos encargados de la estabilización de la materia orgánica que existe en estos lodos son de dos tipos. En principio tenemos las bacterias formadoras de ácido, facultativas o anaerobias, que incluyen organismos que usan la hidrólisis para solubilizar y transformar los sólidos orgánicos, que incluyen proteínas, grasas y carbohidratos, en compuestos más simples como los ácidos grasos volátiles, entre ellos ácido propiónico, valérico y butírico. Estos productos solubles son fermentados a alcoholes y especialmente ácido acético. Entonces comienzan a actuar las bacterias metanogénicas o formadoras de metano, que son estrictamente anaerobias y los llevan a la forma de los gases metano (CH_4) en un 65 a 70% y dióxido de carbono (CO_2) en 25 a 30%. También se producen N_2 y H_2S en cantidades muy reducidas. Debe existir un equilibrio entre las bacterias formadoras de ácido y las metanobacterias. La segunda fase de la digestión es mucho más lenta porque la tasa de crecimiento de las bacterias formadoras de metano es muy baja y además es muy delicada porque estos microorganismos son muy sensibles al pH, cuyo valor óptimo debe estar entre 6,5 y 7,5 y la etapa previa conduce a la formación de ácidos. Afortunadamente el lodo digerido tiene una alta alcalinidad a causa de la solubilización del CO_2 producido por el proceso biológico y su subsecuente conversión a bicarbonatos (HCO_3^-). Peavy *et al.*, 1985; Tchobanoglous *et al.*, 2003)

El metano producido se suele usar como combustible y generación de electricidad que se utiliza en la planta. La digestión produce una disminución del 70% del contenido original de sólidos y del 50% del contenido volátil. Los sólidos remanentes son relativamente estables pero aun contienen humedad que debe eliminarse antes de su disposición final.

4.2 Disposición final de los lodos

Varias posibilidades existen para su disposición última. Incluye filtración al vacío, incineración, incorporación al suelo como ayudante de fertilización después de secarlos mediante lechos de secado o llevarlos a un relleno sanitario. El uso de los lechos de secado es posible en climas con un potencial de evaporación significante y es apropiado para ciudades pequeñas. En este caso el contenido de agua de los lodos se remueve exponiéndolos al sol en lechos filtrantes de arena y grava que permiten el drenaje. La deshumidificación

dificación ocurre por filtración de agua a través de la arena y evaporación a través de la superficie del lodo. Una vez seco, el lodo se remueve periódicamente y puede utilizarse como complemento de los fertilizantes.

5 Reutilización del agua residual

El crecimiento de la población y la urbanización influye cada vez más en la escasez de agua dulce, especialmente en zonas con climas áridos o semiáridos. Esta situación ha forzado a los especialistas en agua a buscar nuevas fuentes de suministro de agua. Las aguas residuales tratadas con métodos avanzados deben verse como un recurso para usos variados y en ese sentido está recibiendo mayor atención como un recurso de confianza. Así como la conservación del agua, el uso eficiente de fuentes existentes y el desarrollo de nuevos recursos son opciones viables que deben ser evaluadas cuando los requerimientos de agua se hacen más urgentes, la reutilización planificada del agua debe ser considerada como una opción más. Esta alternativa ha ganado considerable atención mundialmente en décadas recientes y se incorpora como un nuevo recurso de agua en el contexto del manejo integrado del recurso hídrico. En Estados Unidos se ha observado un incremento de la reutilización de agua del 36% en cinco años a partir de 1998. Aunque mayoritariamente la reutilización se observa en estados áridos o semiáridos se están incrementando los proyectos en zonas húmedas como el estado de Florida.

La recuperación del agua y su posterior reutilización cumple dos funciones importantes: a) el efluente tratado se usa como recurso de agua para propósitos beneficiosos y b) el efluente no llega a ríos y lagos y así reducimos la polución de aguas y acuíferos. Desde comienzos del siglo XX existen muchos ejemplos en Estados Unidos de la reutilización de los líquidos residuales especialmente para regadío de cultivos y zonas verdes como campos de golf y parques y también para recarga de acuíferos, que en este caso se usa para reposición del agua subterránea, control de intrusión salina o control de subsidencia. También en México, Túnez e Israel se consiguen ejemplos de reutilización para estos fines. En Ciudad de México se tienen canales de drenaje de agua residual sin tratar o con un mínimo tratamiento que se usa para regar 90.000 ha. En Túnez se utiliza agua recuperada para riego de cítricos y para recarga de acuíferos afectados por intrusión salina. Así mismo, el advenimiento de las tecnologías más limpias en el sector industrial, en especial de aquellas industrias grandes consumidoras de agua, como las acerías, las termoeléctricas, las químicas, pulpa y papel, refinación de petróleo, entre otras, incluyen el reciclado como parte integral del proce-

so en aguas de enfriamiento y alimentación de calderas y la reutilización en aguas de proceso y para riego de las zonas verdes. Otras categorías de recuperación se refieren a usos urbanos pero no potables como agua para incendios, para equipos de aire acondicionado y retretes.

El proceso de tratamiento que debe seguir un agua residual que se recupera para su posterior reutilización generalmente es más exigente en países desarrollados. Los costos del tratamiento, las cuestiones de salud y la preocupación por la seguridad en este sentido, ha limitado las aplicaciones de la reutilización del agua a usos no potables. En California, con extensas zonas áridas y semiáridas, la reutilización es un hecho pero las regulaciones son estrictas y para el caso de recarga de acuíferos las exigencias son amplias, se requiere tratamiento primario, secundario, terciario con medio filtrante granular y luego desinfección con cloro o radiación UV. Aun está lejana la reutilización como práctica corriente para uso como agua potable, por problemas estéticos, tecnológicos, de salud pública y muy importante de aceptación del público. No obstante, es interesante conocer que en la ciudad de Windhoeck (Namibia) se ha incrementado el suministro de agua potable con aguas residuales recuperadas usando tratamientos avanzados (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

Puede afirmarse que ante la crisis mundial de agua, que sin duda se está acelerando, la recuperación y reutilización de las aguas residuales tiene un papel muy importante que jugar como otra opción a considerar en la planificación y gestión del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

- BARNARD, J.*
1983. Background to biological phosphorus removal. *Wat. Sci. Techn.* Vol. 15:1-13.
- BUTTS, T. H. AND V. KOTHANDARAMAN*
1970. Fitting First and Second Order BOD Reactions Equations to Stream Data.
JWSW, 117(8): 276-278.
- CRITES, R. AND G. TCHOBANOGLOUS*
2000. *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. McGraw Hill
Interamerican SA. Colombia.
- GATES, W. AND S. GHOSH*
1971. Biokinetic Evaluation of BOD Concepts and data. *Journal SED-ASCE, SA3*:
287-309.
- GAUDY, A. F., K. KOLMORIT, R. H. FOLLET, D. F. KINCANNON AND D. E. MODESITT*
1967. *Methods for Evaluating The First Order Constants k₁ y L for BOD Exertion*.
Bioenvironmental Engineering School of Civil Engineering. Oklahoma State
University.

- GAUDY, A. AND E. GAUDY*
1980. *Microbiology for environmental scientist*. McGraw Hill Inc.
- GRADY, C. P. L.*
1977. The BOD Test and its Meaning. Proceedings 2º Symposium on Hazards Chemical Handling and Disposal: 128-142.
- KIELY, G.*
1999. *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Vol. II. McGraw Hill Interamericana de España.
- LESLIE-GRADY, C. P. AND H. LIM*
1980. *Biological Wastewater Treatment: Theory and Applications*. Marcel Dekker, Inc.
- LESLIE-GRADY, C. P., G. DAIGGER AND H. LIM*
1999. *Biological Wastewater Treatment*. 2º Ed. Marcel Dekker Inc.
- MANAHAM, E.*
1977. *Environmental Science and Technology*. Lewis Publishers. New York.
- NEMEROV, N.*
1974. *Scientific Stream Pollution Analysis*. McGraw Hill, 1974.
- PEAVY, H., D. ROWE AND G. TCHOBANOGLOUS*
1986. *Environmental Engineering*. McGraw Hill Book Company, New York. 1986.
- RITTMANN, B. E. AND P. McCARTY*
2001. *Biotecnología del Medio Ambiente*. McGraw Hill Interamericana de España.
- RIVAS MIJARES, G.*
1978. *Tratamiento de Aguas Residuales*. Ed. Vegas. 2º Edición.
- ROMERO, J. A.*
2000. *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Práctica de Diseño*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- SAWYER, C., P. McCARTY AND G. PARKIN*
2008. *Química para Ingenieros ambientales*. 4º Edición. McGraw Hill Interamericana. 2008.
- TCHOBANOGLOUS, G., F. BURTON AND H. STENSEL*
2003. *Wastewater Engineering: treatment disposal and reuse*. Metcalf & Eddy Inc. 4th. ed. McGraw Hill, N.Y.
- UNESCO*
2009. World Water Assessment Programme. *United Nations World Water Development. Report 3: Water in a Changing World*.
- VALDEZ, E. C. Y A. B. VÁZQUEZ*
2003. *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales*. Fundación ICA, AC, México DF.

Griselda Ferrara de Giner

Ingeniero Químico (UCV-1966). Magíster Scientiarum en Ingeniería Sanitaria (UCV-1973). Doctor en Ciencias de la Ingeniería (UCV-2008). Profesor Titular UCV. Docencia en Pregrado y Postgrado en UCV y otras universidades en área de Ingeniería Ambiental. Investigadora en: Calidad del Agua, Química Ambiental, Tratamiento de Líquidos Residuales, Gestión Integral de la Calidad Ambiental y Adaptación al Cambio Climático. Coordinadora de la Cátedra Libre de Cambio Climático-UCV. Autora o co-autora de 3 libros, 5 capítulos de libros, 22 publicaciones en revistas, 59 ponencias y 7 publicaciones de apoyo a la docencia. Individuo de Número de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat y Presidente de su Comisión del Ambiente.

CAPÍTULO VIII

CONTAMINACIÓN POR RUIDO

1 Definiciones y Conceptos básicos

1.1 Concepto de Sonido

El sonido es una alteración física de carácter ondulatorio, capaz de ser detectada por el oído humano, que consiste en la propagación de ondas sonoras a través del aire (u otro medio elástico, menos en el vacío). Según Fader (1981), el sonido es aquello que escuchamos y hemos escuchado continuamente durante nuestra vida, percibido por el oído, cuyo tímpano vibra al estar en contacto con el medio que transmita las ondas sonoras. Por ende se podría concluir que el sonido es una vibración forzada en un medio elástico.

Beranek (1971), indica que para que una onda sonora pueda propagarse en un medio material, éste debe tener como cualidades mínimas la inercia y la elasticidad, inercia para que cada elemento perteneciente a este medio, pueda transmitir momentos hacia los elementos adyacentes y elasticidad, que es la propiedad que permite a los elementos perturbados, retornar a su posición de equilibrio.

Wilson (1989), se refiere al sonido como una fluctuación de la presión sonora audible, o la energía que se transfiere al medio circundante en forma de ondas sonoras. El ultrasonido se refiere a sonido en frecuencias superiores al rango audible y el infrasonido, se refiere al sonido en frecuencias inferiores al rango audible.

1.2 Ruido y sonido

Las señales acústicas intencionalmente generadas como el habla o la música, se conocen usualmente como sonidos, el ruido como tal, es un término utilizado para identificar el sonido no deseado o molesto, lo cual torna este concepto bastante subjetivo, pues cada receptor podrá considerar las señales acústicas que recibe como “ruido” o “sonido”, dependiendo de su percepción en algunos casos. Estos términos por ende, no deben ser usados indistintamente.

Por existir variedad de sonidos no deseados, existe el Control de Ruido, que es una rama de la Ingeniería dedicada a atenuar el ruido por tres caminos básicos: a) Control directo de la fuente que genera el sonido, b) Control de los caminos de transmisión y c) Protección del receptor del ruido. En

aplicaciones usuales de control de ruido, normalmente se tratan problemas de propagación en el aire, el cual, en condiciones normales (25 °C de temperatura y 1 atm de presión) transmite la onda de sonido a una velocidad $C = 344 \text{ m/s}$.

1.3 Acústica

La acústica es la rama interdisciplinaria de la física que estudia todos los fenómenos vinculados a la generación, propagación y detección de ondas sonoras que se escuchan en una banda de frecuencias determinada, tiene aplicaciones muy variadas en el campo de la Arquitectura (acústica arquitectónica) e Ingeniería (Eléctrica, Electrónica y Mecánica a través de la electroacústica, Ingeniería de sonido y el control de vibraciones mecánicas), en la comunicación y las Artes (como la música, y el habla), en las ciencias de la vida (Psicología, Fisiología y Medicina) y en las ciencias de la tierra (estudio de ondas en general, Geofísica y Oceanografía).

1.4 Mecanismo de la Audición

La audición o percepción de las ondas sonoras, se realiza a través de nuestros oídos, los cuales se encuentran fisiológicamente divididos en tres partes: oído externo, oído medio y oído interno. El oído externo tiene como función captar el sonido a través del pabellón auricular y conducirlo hasta el oído medio a través del conducto auditivo externo, una vez ahí, las ondas sonoras chocan con el tímpano.

A partir de este punto, en el oído medio, las ondas sonoras que chocan con el tímpano o cavidad excavada del hueso temporal, se traducen en movimientos oscilantes o vibraciones que son amplificadas dentro de la cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo, ubicados entre la membrana timpánica y la ventana oval), estas vibraciones pasan al oído interno a través de la ventana oval. Una vez en el oído interno, las vibraciones en la ventana Oval, hacen que se estimule el órgano de Corti y sus células cilíadas, ubicadas en la rampa coclear del oído interno, el objetivo de estas últimas es muy importante, ya que transforman la energía mecánica a impulsos nerviosos, a través del nervio auditivo.

Visto que el mecanismo de la audición es tan delicado, es necesario mencionar la pérdida de la audición ocasionada por el Ruido (Noise Induced Hearing Loss en inglés). Según la organización Mundial de la Salud, aproximadamente 1.100 millones de adolescentes o jóvenes adultos, se encuentran en riesgo de perder la audición debido a la exposición a niveles de ruido dañinos (dispositivos de audio personales, conciertos, eventos, exposición

insegura a ruido ocupacional o el peor de todos: exposición a ruido impulsivo como impactos o detonaciones). Según el Departamento de Salud de Estados Unidos, especialmente el Instituto Nacional de la Sordera y Trastornos de la comunicación, aproximadamente el 10% de los estadounidenses entre 20 y 69 años, sufren daños permanentes al oído debido a exposición excesiva a ruidos intensos. La pérdida de audición ocasionada por ruido, se traduce en la afectación de las células cilíadas especialmente, bien sea por exposición a sonidos impulsivos de alta intensidad o sonidos de menor intensidad, pero durante períodos prolongados de tiempo. Una particularidad sobre las células cilíadas que agrava este problema, radica en que éstas, una vez dañadas, no pueden regenerarse.

Según Sharanya et Al 2014, el número estimado mundial de personas con pérdida auditiva incapacitante es de 360 millones. Los principales factores de riesgo de la pérdida auditiva debido a la exposición al ruido son: frecuencia (siendo más dañina dentro del rango entre 2.000 y 3.000 Hz), intensidad (los ruidos impulsivos son los peores) y duración de la exposición, tipo de ruido (siendo más dañino el ruido continuo que el ruido intermitente) y susceptibilidad individual particular.

Entre los efectos auditivos de la exposición al ruido, se encuentra la pérdida parcial o total de la audición, cambio temporal o irreversible de umbral de audición y los acúfenos llamado también Tinnitus (escucha permanente de zumbido en los oídos) entre otros. Otros efectos negativos, no auditivos, de la exposición al ruido, pueden ser el incremento de presión sanguínea, aumento del riesgo de infarto, alteración de los patrones del sueño, irritación y molestia, mayor propensión a sufrir ansiedad y depresión, dolor de cabeza, cambios de humor y nerviosismo entre otros.

1.5 Velocidad del Sonido

La velocidad de propagación del sonido, designada con la letra “C”, es la velocidad a la que se desplazan las ondas sonoras, se encuentra directamente relacionada con la temperatura y el tipo o composición del gas donde se propaga. Para el caso del aire, se cumple la siguiente relación:

$$C = 20\sqrt{T} \quad (1)$$

Donde

C....Velocidad de propagación del sonido en m/s

T.....Temperatura del gas en Kelvin (grados absolutos)

$$K = C + 273.15 \quad (2)$$

Para otros gases, la relación que se cumple se describe a continuación:

$$C = 223 \sqrt{\frac{\gamma \cdot T}{m}} \quad (3)$$

Donde

C....Velocidad del sonido en ft/s

γ Relación de calores específicos a volumen constante (C_p/C_v) la cual es adimensional

T....Temperatura absoluta en grados Rankin R: ($R = F + 460$) (4)

m ... peso molecular (Daltons)

Tal como se comentaba anteriormente, el sonido se propaga a diferente velocidad, dependiendo del medio, es por esto que su velocidad en medios líquidos es mayor que en medios gaseosos y su velocidad en medios sólidos, es todavía mayor, tal como se observa en la Tabla VIII.1:

Tabla VIII.1. Velocidad del sonido en gases, líquidos y sólidos.

Velocidad del sonido en gases	Velocidad del sonido en líquidos	Velocidad del sonido en sólidos
Aire a 0°C (C= 331 m/s)	Agua de mar a 17°C (C= 1510 m/s)	Aluminio (C= 6400 m/s)
CO ₂ a 0°C (C= 259 m/s)	Agua dulce a 17°C C= 1430 m/s)	Acero (C= 6100 m/s)
Nitrógeno a 0°C (C= 334 m/s)	Mercurio a 20°C (C= 1450 m/s)	Cadmio C= 2780 m/s)
	Petróleo a 15°C (C= 1330 m/s)	Hierro (C= 5850 m/s)

1.6. Caracterización de ondas y términos acústicos básicos

El sonido se transmite mediante un movimiento oscilatorio periódico, caracterizado por dos variables principales que se encuentran relacionadas, las cuales son frecuencia y período. La frecuencia "f", es el número de

veces que este fenómeno se repite a sí mismo en un segundo, designada en Hertz (Hz), esta cantidad está relacionada con “ ω ” llamada frecuencia angular. El período “T”, es el tiempo que se demora la onda sonora en pasar por un mismo punto, es en realidad el inverso de la frecuencia, $T = 1/f$, ya que a menor tiempo de repetición, aparecerá mayor cantidad de ondas. Estos términos se relacionan a través de la siguiente expresión:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f \quad (5)$$

Donde

ωFrecuencia angular de oscilación o frecuencia circular Rad/s

T....Período en s

f.....Frecuencia en s^{-1} (Hz) o ciclos/s

Otra característica importante en la propagación del sonido es la longitud de onda λ , la cual representa la distancia perpendicular que existe entre dos máximos o mínimos consecutivos en la función sinusoidal y se relaciona directamente con la frecuencia y la velocidad de propagación mediante la siguiente expresión:

$$\text{Donde } \lambda = \frac{C}{f} \quad (6)$$

C....Velocidad del sonido en m/s

f....Frecuencia en s^{-1} (Hz) o ciclos/s

Los sonidos de bajas frecuencias o sonidos graves, presentan grandes longitudes de onda y por el contrario los sonidos de alta frecuencia o sonidos agudos, presentan pequeñas longitudes de onda, esto quiere decir que la frecuencia de la onda determinará el “tono” del sonido. La frecuencia resonante más baja de un objeto vibrante, se denomina frecuencia fundamental, los armónicos se definen como múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. La voz masculina, por ejemplo, tiene un tono fundamental que puede variar entre 100 y 200 Hz, mientras que la voz femenina es más aguda y se encuentra típicamente entre 150 y 300 Hz. Según esta importante característica del sonido, su posterior control tendrá diferentes técnicas de abordaje.

Otra característica del sonido es su “Timbre” o matiz característico, el cual puede ser agudo o grave, dependiendo de la altura de la nota correspondiente a su resonador predominante y de sus correspondientes armónicos. El timbre de determinado instrumento, dependerá de la cantidad e in-

tensidad de los distintos armónicos que tenga el sonido, por ejemplo la nota «la» de 440 Hz de una flauta es diferente de la “la” de una trompeta, porque en la flauta, los armónicos son pequeños en comparación con la frecuencia fundamental, mientras que en la trompeta los armónicos tienen una amplitud relativa mayor.

Las ondas sonoras producen variaciones de presión en el medio donde se transmiten, por ende el sonido se puede expresar en unidades de presión. Como los cambios de la presión acústica son tan pequeños en relación a la presión ambiental, la norma ISO, por ejemplo, ha adoptado como unidad de medida de presión sonora, el Pascal que es un Newton/m², equivalente a 10 µB.

El margen de presión detectada por el oído humano en Pascales, se extiende desde 2×10^{-5} N/m² (que es el umbral de audición a 1.000 Hz) hasta 102 N/m² (pudiendo llegar a un máximo de 200 Pascales que representa el umbral de dolor a 1.000 Hz). Estos rango son bastante amplios y por ende incómodos de manejar, por ello, se recurre a los «niveles de presión sonora» en lugar de a la presión acústica, pues entre ambas medidas existe una relación a escala logarítmica.

Esta relación se mide en Belios (B) que es adimensional, la décima parte de un Belio es el Decibelio o Decibel (dB) (ambos términos correctos, que pueden ser usados indistintamente). Su expresión es: $L = 20 \log_{10} (P/P_0)$, (con la presión de referencia $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ por convención internacional, la cual es la menor presión acústica audible por un oído joven y sano en condiciones ideales y equivale en la escala logarítmica a 0 dB).

Harvey Fletcher, fue quien dio origen y nombre a la escala de los decibeles cuando consideró que la valoración del sonido se puede representar a través de una unidad logarítmica decimal que expresa el número de decibeles (dB) de una cierta cantidad A en relación a una cantidad A_0 tomada como referencia, tal como se aprecia a continuación:

$$N^\circ dB = 10 * \log_{10} \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (7)$$

Tal como se viene mencionando, la presión sonora en un punto es la diferencia entre la presión instantánea absoluta que existe en presencia del sonido, y la presión ambiental estática P_0 que existiría en el mismo punto, pero en ausencia del sonido. La Intensidad sonora o “I”, se define como el flujo de energía por unidad de área y por unidad de tiempo, la cual es una

magnitud vectorial que se expresa en watt/m² y lleva dirección perpendicular a la superficie de propagación. Por otro lado la potencia sonora o “W”, representa el flujo de energía por unidad de tiempo y a diferencia de la intensidad, es una magnitud escalar que se relaciona con el módulo de la intensidad y el área de transmisión “A”.

Hay que tener en cuenta que la presión sonora varía con la distancia, obstáculos u otras condiciones geométricas entre la fuente y el receptor, sin embargo la potencia, no varía con la distancia, ya que es una característica intrínseca de una fuente de ruido. Para efectos prácticos, la magnitud fácilmente cuantificable es la presión sonora. El valor de presión sonora de una fuente normalmente está asociado a la distancia desde la fuente hasta el punto de medición.

1.7. Tipos de ondas de sonido (Fig. VIII.1)

Dependiendo de la geometría de la fuente de sonido y de las características del medio en el que se propague, las ondas del sonido se pueden comportar de diferentes formas. Serán fuentes de sonido puntuales de propagación esférica (en campo abierto), cuando la fuente generadora sea lo suficientemente pequeña con respecto a la distancia desde la cual se efectúa la medición, es decir, cuando la distancia de medición es mayor que la mayor de las dimensiones de la fuente.

La propagación de ondas esféricas de sonido, alejadas de cualquier superficie reflejante, será isotrópica, o de igual intensidad en cualquier dirección. La intensidad del sonido en una onda esférica se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{W}{(4\pi R^2)} \quad (8)$$

Las ondas esféricas pueden ser explosiones por ejemplo, para ellas, una variación del doble del radio ($R_2 = 2R_1$), representa tener la cuarta parte de la intensidad original del sonido, es decir, la intensidad decrece con el cuadrado de la distancia R.

Las ondas cilíndricas son por ejemplo aquellas que viajan en una tubería recta de vapor, suponiendo que la longitud “L” del cilindro es mucho mayor que su radio “R”. En este caso, fuera de la tubería, aumentar el radio de la distancia al doble ($R_2 = 2R_1$), representa tener la mitad de la intensidad del sonido original, en otras palabras, el módulo de la intensidad en un punto, decrece con la distancia R. La intensidad del sonido en una onda cilíndrica se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{W}{(2\pi RL)} \quad (9)$$

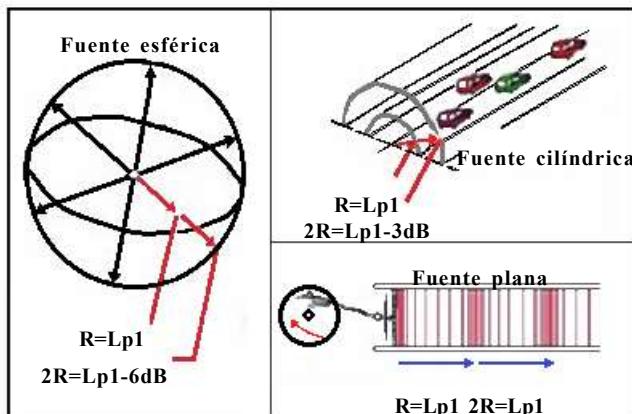


Figura VIII.1. Diferentes tipos de ondas: Esféricas, cilíndricas y planas.

Otra forma que pueden tomar las ondas sonoras son las ondas Planas, por ejemplo, aquellas que se propagan dentro de un ducto como por ejemplo en el interior de un túnel, donde la intensidad de la onda no decrece con la distancia recorrida (si no se consideran los efectos de absorción del aire y las paredes).

La suma y resta de decibeles y el manejo de magnitudes acústica, se discutirá más adelante.

1.8 Fenómenos asociados con la propagación del sonido

Dependiendo del tipo de fuente de sonido y del ambiente presente en la propagación de las ondas sonoras, se pueden producir principalmente, los siguientes fenómenos:

> **Reflexión:** una onda se refleja al encontrar un obstáculo que no puede rodear o traspasar, el oído es capaz de percibir la presión sonora de las ondas incidente y reflejada. Este fenómeno puede alterar la distribución acústica de recintos cerrados. Una superficie plana, lisa e infinitamente larga por ejemplo, puede considerarse como un reflector perfecto. Cuando se escucha el Eco por ejemplo, se está escuchando el retorno de la señal acústica original en forma de onda reflejada.

> **Difracción:** ocurre cuando el sonido se desvía de su dirección normal, la onda puede rodear un pequeño obstáculo o atravesar un orificio. El grado de difracción depende de la longitud de la onda (λ), del espacio por el cual tiene que pasar o del tamaño del obstáculo que encuentre.

> **Refracción:** es la curvatura de las ondas sonoras al entrar en un medio donde su velocidad de propagación es diferente (al cambiar de medio o de temperatura).

> **Absorción:** ocurre cuando una onda sonora golpea una superficie no rígida, una parte de su energía es reflejada por la superficie y otra parte hace vibrar las fibras del material, que a su vez disipa esta energía en forma de calor debido a la fricción interna. Dependiendo del tipo de material, este tendrá un mayor o menor coeficiente de absorción.

> **Difusión:** cuando una onda sonora incide sobre una superficie irregular, por ejemplo una pared con alteraciones de forma, su reflexión no será eficiente, produciéndose alteraciones de interferencia destructivas en algunas partes de la onda.

1.9 Espectro del sonido

El espectro acústico del sonido es la descomposición de la señal sonora en sus componentes armónicas, es decir, representa gráficamente la amplitud de cada componente contra su frecuencia, mostrando así, las frecuencias del tren de ondas que compone el sonido. La forma más usual de presentar la señal es en amplitud vs frecuencia y las frecuencias se suelen reportar en Bandas Octavas.

Las Bandas Octavas, son intervalos particulares de frecuencias en los que la frecuencia superior es el doble de la inferior y la frecuencia central de cada banda, es la media geométrica de las frecuencias inferior y superior. Las diez bandas Octavas estándares en el rango audible tienen como frecuencias centrales: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 y 16000 Hz.

1.10 Niveles acústicos

Tal como se comentó anteriormente, los decibeles, son utilizados para medir niveles de potencia (L_w), intensidad (L_i) o presión sonoras (L_p). La letra “L”, que denota nivel (“Level” en inglés) representa cantidades adimensionales en dB (decibeles), los cuales pueden ser de potencia acústica, intensidad sonora o presión sonora. En el caso de la presión sonora, ésta se define como:

$$L_p = 20 \log\left(\frac{P_{rms}}{P_0}\right) = L_p = 10 \log\left(\frac{P_{rms}}{P_0}\right)^2 \quad (10)$$

Lo que el oído escucha, igual que los instrumentos de medición de sonido, es la presión sonora RMS al cuadrado. Para operar con los decibeles, se puede obtener la expresión de la suma y resta en decibeles, a partir de un ejercicio: Por ejemplo, sumando dos potencias sonoras conocidas: por un lado tenemos dos potencias sonoras “ w_1 ” y “ w_2 ” y los niveles asociados a esas potencias sonoras “ L_{w1} ” y “ L_{w2} ”:

Potencia y niveles de potencia individual	$w_1 = w_0 \cdot \left(10^{\frac{L_{w1}}{10}}\right)$ $w_2 = w_0 \cdot \left(10^{\frac{L_{w2}}{10}}\right)$	$L_{w1} = 10 \log\left(\frac{w_1}{w_0}\right)$ $L_{w2} = 10 \log\left(\frac{w_2}{w_0}\right)$
Potencia y niveles de potencia combinada Ec. 15.11	$w_{(1+2)} = w_0 \cdot \left(10^{\frac{L_{w1}}{10}}\right) + w_0 \cdot \left(10^{\frac{L_{w2}}{10}}\right)$	$L_{w_{(1+2)}} = 10 \log\left(\frac{W_o \cdot (10^{\frac{L_{w1}}{10}} + 10^{\frac{L_{w2}}{10}})}{w_o}\right)$

(11)

Al manipular los términos potencia y presión sonora y sumar o restar niveles de presión sonora, se evidencia que, como estas operaciones se realizan a través de relaciones logarítmicas, el doble de un sonido por ejemplo se expresa como un nivel L_{final} 3 dB mayor que el nivel $L_{inicial}$ y el triple de un sonido se expresa como un nivel L_{final} 5 dB mayor que el nivel $L_{inicial}$. Para manejar estas magnitudes con mayor naturalidad, además de la Ec. 11, se presenta en la Tabla VIII.2, a ser usada nemotécnicamente, representando en la columna derecha las magnitudes en decibeles (Niveles de presión sonora) y en la columna izquierda unidades de potencia sonora o unidades “naturales”.

1.11 Escalas de ponderación del sonido (Fig. VIII.2)

Las escalas de ponderación del sonido, son diferentes factores de corrección de los niveles de presión sonora, en función de su frecuencia de ocurrencia, que adaptan la respuesta del oído humano ante sonidos de baja, mediana o alta intensidad. Estas escalas tratan de reflejar la forma de percepción del oído humano ante sonidos de diferente frecuencia o intensidad.

La escala más utilizada es la Escala “A”, que adapta los sonidos a la respuesta del oído humano ante sonidos de baja intensidad, corrigiendo en gran medida las frecuencias bajas y en menor medida a las frecuencias agudas (que son las que más afectan a las personas). La mayoría de los parámetros ambientales y ocupacionales de ruido, trabajan con niveles de presión sonora corregidos bajo el filtro (también llamado ponderación) de la Escala “A”.

Tabla VIII.2. Comparación entre decibeles de presión sonora y unidades de potencia sonora

dB	Unidades Naturales
X	Y
X+3	2Y
X+5	3Y
X+6	4Y
X+9	8Y
X+10	10Y
X-3	Y/2
X-5	Y/3
X-6	Y/4
X-9	Y/8
X-10	Y/10

En las normas Venezolanas referentes al ruido ambiental y ocupacional (Decreto 2.217, Normas COVENIN y Ordenanzas Municipales), de las cuales se comentará más adelante, la escala que se utiliza es la Escala “A”.

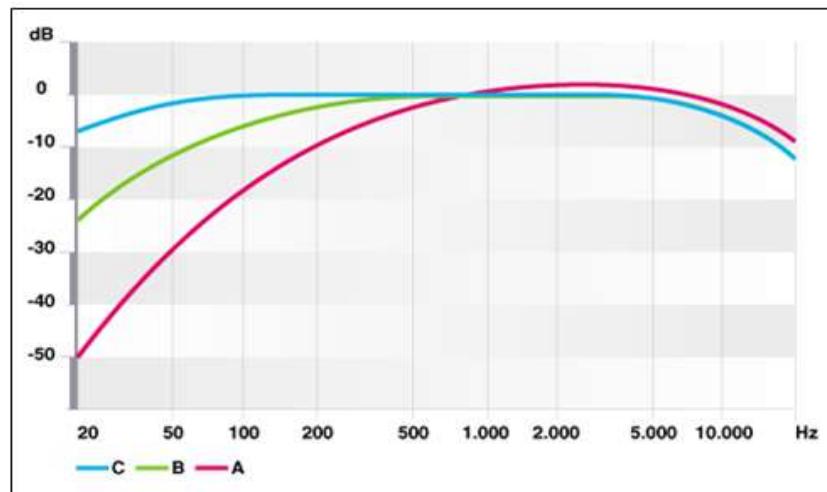


Figura VIII.2. Escalas de Ponderación acústica A, B Y C.

1.12 Parámetros acústicos más utilizados

El parámetro acústico más representativo y más utilizado en Ingeniería (a nivel ambiental y ocupacional) es el Nivel Continuo Equivalente o “ L_{eq} ”, el cual es el valor promedio del nivel sonoro o el nivel de presión de sonido constante (en dBA), que produciría la misma cantidad de energía sonora que un sonido fluctuante, en un determinado periodo de tiempo representativo.

Normalmente en la industria y la comunidad, el ruido varía con el tiempo en forma aleatoria, por lo cual no es práctico describirlo mediante una secuencia temporal de valores instantáneos en dBA. En estos casos, se justifica el uso del nivel continuo equivalente, L_{eq} , en dBA, que expresa el nivel medio energético de ruido de un determinado periodo de tiempo, analíticamente se representa:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right] \quad (12)$$

Donde

$L(t)$. es el nivel de ruido instantáneo en dBA, en función del tiempo

T es el periodo de tiempo de caracterización, pueden ser segundos, minutos, horas o días.

L ...es el nivel de presión, intensidad o potencia sonora en dB.

Por otro lado, cuando el ruido varía en el tiempo y representa fenómenos complejos, como el caso del tráfico por ejemplo, el valor medio del nivel sonoro (L_{eq}) no es suficiente para describir completamente el fenómeno acústico en análisis.

En estos casos se utilizan los niveles estadísticos como L_{10} , L_{50} , L_{90} , los cuales indican el nivel de ruido que fue excedido durante el $x\%$ del tiempo de medición (x puede ser 10, 50, 90, en realidad cualquier porcentaje que se desee medir). De esta manera, si los niveles estadísticos se representan gráficamente, durante un cierto intervalo de medición, se puede saber si el ruido es constante o fuertemente fluctuante durante ese intervalo de tiempo. El nivel L_n es el percentil de una distribución estadística. Dependiendo de la variabilidad de ruido que generen las fuentes, habrá mayor variación entre la magnitud del nivel L_{eq} y los niveles de ruido estadísticos medidos.

Existen otros indicadores de ruido como los niveles $L_{máx}$, $L_{mín}$ (valores de ruido máximos y mínimos durante el intervalo de medición), el *Sound Exposure Level* (SEL, o energía total del ruido convertido en una energía

equivalente a un ruido de 1s de duración), nivel equivalente día – noche, etc. El Nivel continuo equivalente L_{eq} y el nivel L_{10} son los parámetros más utilizados en la normativa ambiental venezolana.

2 El Ruido ambiental como contaminante

Habiendo descrito los fenómenos físicos básicos asociados al sonido, las ondas y estudiado sus magnitudes, el ruido, visto ahora como un contaminante, representa un tipo de contaminación especial, es temporal y más difícil de percibir que las demás. El ruido no es “visual” como la contaminación del aire o del agua y por otra parte, sus efectos negativos en el ser humano, comienzan a advertirse a largo plazo. El daño por ruido además de ser acumulativo, no es reversible y en la mayoría de los casos ocurre una pérdida parcial o total de la audición.

La audición nos permite involucrarnos con el mundo que nos rodea, por lo que la discapacidad auditiva debe ser tomada muy en serio, a pesar de esto, históricamente la investigación se ha centrado mayoritariamente en la contaminación del aire y del agua, prestando menor atención a la contaminación sónica y sus efectos (Khan *et. al*, 2014, Hammer *et. al*, 2014). El desarrollo tecnológico, industrial y el crecimiento acelerado y muchas veces poco planificado de las ciudades, ha traído como consecuencia la variable “Ruido” dentro de nuestras actividades diarias, tanto en el trabajo como en nuestros ambientes de aprendizaje, esparcimiento y descanso.

En las ciudades, el ruido del tráfico es una fuente de molestia para las personas e interfiere con el descanso y los patrones de sueño, degradando la calidad de vida de los habitantes. La contaminación por ruido en zonas urbanas, se genera desde numerosas fuentes, tales como el tráfico automotor, aéreo, portuario y férreo entre otros, bocinas, sirenas, música, alarmas, actividades sociales o religiosas (Trombetta y Bunn, 2014), que a su vez conviven con otras fuentes de origen comercial o industrial como equipos de aire acondicionado, torres de enfriamiento, extractores, torres de enfriamiento, generadores eléctricos y maquinaria entre otros.

Los vehículos automotores en general, representan una importante fuente de contaminación por ruido ambiental, el ruido del tráfico, puede variar entre 40-70 dBA en zonas de bajo tráfico y entre 70-102 dBA en zonas de alto tráfico (Khan *et. al*, 2014). Una parte de la Ciudad de Curitiba, en Brazil, por ejemplo, se encuentra atravesada por una ruta férrea que no contiene barreras acústicas, el paso del tren genera 79 dBA y el sonido de su bocina (accionada preventivamente en intersecciones) genera 108 dBA,

niveles que sobrepasan los niveles máximos de ruido establecidos (Trombetta y Bunn, 2014). En Venezuela, dentro del Municipio Chacao en Caracas por ejemplo, el ruido y los desechos sólidos, representan los dos problemas ambientales que más preocupan a la población residente (Instituto de Protección Civil y Ambiente IPCA, Chacao).

Según Hammer *et al.* (2014), el ruido es una de las denuncias ambientales más comunes en los Estados Unidos. Desde el año 1981, el 50% de la población de Estados Unidos, presentaba exposición a ruido del tráfico en niveles dañinos a la salud, más tarde en el año 2012, el ruido ambiental fue reportado como el principal problema ambiental de calidad de vida en la Ciudad de Nueva York. A pesar de que ha representado una preocupación pública en este país, el ruido ambiental no ha sido discutido en el Congreso en más de 30 años e inclusive cuando países y ciudades dedican esfuerzos para tomar en cuenta esta variable, los resultados no han sido los mejores.

Sharanya *et al.* (2014) afirman que la exposición al ruido tiene consecuencias negativas en las habilidades cognitivas de los niños, adicionalmente durante el embarazo, puede causar pérdida de la percepción de las altas frecuencias, crecimiento retardado o daño coclear intrauterino. Por otro lado, algunos compuestos químicos como pesticidas, Monóxido de Carbono, solventes orgánicos como Tolueno, Benceno, metales pesados como Plomo o Mercurio, presentan un efecto sinérgico con el ruido y pueden incrementar el riesgo de pérdida auditiva debido a la exposición al ruido.

En Caracas por ejemplo, el ruido del tráfico representa la primera fuente de ruido ambiental que afecta negativamente la calidad de vida de los ciudadanos (Instituto de Protección Civil y Ambiente IPCA, Chacao), sin embargo su naturaleza de fuente móvil, hace muy difícil su control efectivo. Después del tráfico, la mayoría de los problemas de control de ruido ambiental surgidos por quejas ciudadanas, se centran en fiestas (particulares y provenientes de locales nocturnos eventos, conciertos o restaurantes), equipos de aire acondicionado (equipos pequeños o chillers comerciales o industriales de mayor capacidad), extractores de locales comerciales, torres de enfriamiento de edificios comerciales, frentes de obra de construcciones grandes como sistemas de transporte (tales como el Metro, tranvía, cable tren y similares), generadores eléctricos y finalmente máquinas como motores, compresores, bombas o similares en aquellas urbanizaciones que se encuentran adyacentes a zonas industriales.

Usualmente la variable “Ruido ambiental” comienza a ser tomada en cuenta, cuando las fuentes generadoras ya están instaladas, en funciona-

miento y ya se han recibido quejas y denuncias. En casos críticos, el ruido comienza a ser un problema cuando todo lo anterior se cumple y adicionalmente el propietario o administrador de la fuente generadora, ya ha sido fiscalizado o sancionado. Esto hace que su control efectivo, sea más complejo y costoso, ya que el ruido ambiental *per se*, no fue tomado en cuenta al planificar el diseño y la construcción de las instalaciones que albergan las fuentes de ruido. Por esto es requerido un cambio de paradigma para considerar la contaminación sonora como una variable importante de calidad de vida, desde la etapa de planificación de las ciudades.

3 El Ruido Ocupacional como contaminante

Una vez discutidas las generalidades del ruido ambiental, otro problema importante para atender radica dentro de las empresas y es el ruido ocupacional. Según Ghorbanali (2014), la importancia y el uso de la tecnología se encuentran en constante ascenso, al igual que la importancia de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. El control del ruido ocupacional y los efectos del ruido en la audición de los trabajadores, ha cobrado mayor importancia recientemente, debido a la industrialización de los países y de muchos procesos productivos.

Desde el año 1970, el gobierno de los Estados Unidos, atendiendo a la seguridad de los trabajadores en la Industria, desarrolla la Administración de la seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). En Venezuela específicamente para regular el Ruido Ocupacional, se tiene la Norma COVENIN 1.565, reformulada en el año 1995. El espíritu de las normas que regulan el ruido ocupacional, es básicamente limitar la exposición al ruido sobre los trabajadores durante la jornada laboral, por debajo de un nivel determinado, el cual varía en cada país.

Según el Centro de Control y Prevención de enfermedades (CDC por sus siglas en inglés) en su sección de ruido y prevención de pérdida auditiva, en Estados Unidos cuatro millones de trabajadores sufren condiciones de ruido excesivas en el trabajo, en el año 2008, dos millones de trabajadores en ese país, se encontraban expuestos a niveles de ruido ocupacional que los ponía en riesgo de sufrir pérdida auditiva. En el año 2010, la pérdida auditiva ocupacional fue la enfermedad laboral más reportada en alrededor de 16 millones de trabajadores estadounidenses del área de manufactura.

Monazzam *et al* (2011), sostienen que más de 35 millones de trabajadores en Europa, están expuestos a excesivos niveles de ruido, sólo en Polonia se contabilizan 5 millones y se estima que 650 mil trabajadores están expuestos a riesgos de pérdida auditiva. Estadísticamente, desde el año 1999,

en industrias con más de 10 trabajadores, el 15% de los puestos de trabajo tienen problemas de ruido y 20% de los trabajadores están expuestos a niveles dañinos de ruido.

Sharanya *et al* (2014), afirman que la prevalencia mundial de pérdida auditiva en adultos debido al ruido ocupacional, se encuentra entre el 7 y el 21%. En nuestro país por ejemplo Fernández *et al* (2010), en un estudio realizado a trabajadores de la industria petrolera Venezolana, estudiaron la relación entre el ruido ocupacional y la hipertensión arterial, demostrando que puede ser un factor determinante en el desarrollo de hipertensión arterial, sin embargo aún no han comprobado una relación definitiva.

El ruido ocupacional, al igual que el ruido ambiental, puede ser controlado de tres formas diferentes, la primera y más eficiente es en la fuente generadora, atenuando sus niveles de ruido, la segunda es atacando el camino de transmisión del sonido desde la fuente hasta el afectado a través de la colocación de obstáculos como barreras, confinamiento y absorción y la tercera es protegiendo directamente al afectado. En el caso ocupacional, Según Ghorbanali (2014) los equipos personales de protección auditiva, que actúan como barrera que reduce la cantidad de energía sonora transmitida al oído de los receptores, son usualmente utilizados como única medida para mitigar la exposición al ruido en el trabajo. Muchas veces los trabajadores no los utilizan por razones de confort o problemas en la comunicación y no consideran su importancia, esto agrava el problema ya que la pérdida auditiva no es visible ni inmediata, sino gradual y es percibida finalmente cuando es apreciable e irreversible.

Los efectos nocivos de la exposición al ruido en la industria, se han incrementado en el tiempo, el funcionamiento de salas de máquinas, generadores, compresores, turbinas, bombas envasadoras, líneas de gas, etc., representa una de las principales fuentes de ruido. Por ello Golmohammadi *et al.* (2010), sostienen que es necesario la toma de acciones de ingeniería de control de ruido, las cuales deben determinar la o las frecuencias dominantes de cada fuente de ruido y determinar en función de éstas, las características de absorción interna, materiales bloqueantes, silenciadores acústicos y otras estrategias de control de ruido.

En los procesos industriales, existen diversas y múltiples fuentes de ruido, como el generado por el flujo en tuberías (incrementado por la presencia de accesorios como cambios de diámetro, válvulas, codos, etc) y el generado por equipos específicos. La planificación de las salas de máquinas y la

demarcación de las áreas de mayor ruido en las industrias, es vital para poder aplicar medidas preventivas y correctivas adecuadas. A veces esta planificación inicial se afecta por ampliaciones o modificaciones y por eso, el mejor punto de partida para determinar acciones de control de ruido Ocupacionales, es realizar un diagnóstico del ruido ocupacional a través del trazado de planos de curvas isosónicas, también llamados mapas de ruido ocupacional.

Los planos de curvas isosónicas son, al igual que los mapas de curvas de nivel topográfico, la representación cartográfica de los niveles de presión sonora en una determinada zona, con una determinada condición de operación y durante un período de tiempo establecido. Estos mapas permiten determinar las áreas críticas de ruido dentro de los diferentes sectores de una industria y son un excelente punto de partida para la determinación de planes de acción de control. Estos planos pueden ser realizados por muestreo, tomando la data actual de niveles de sonido en campo o por simulación, con información técnica adecuada sobre niveles de ruido de cada equipo, su ubicación relativa y tomando en cuenta los efectos de barrera y reverberación de las paredes existentes. El segundo tipo de curvas isosónicas, puede ser utilizado bien para recrear la condición de ruido ocupacional actual, como la futura, bajo condiciones de operación distintas o en diferentes configuraciones de equipos (cambios de ubicación, potencia o número de fuentes).

A nivel ocupacional puede experimentarse frecuentemente el fenómeno del “enmascaramiento acústico”, que ocurre cuando existen varias fuentes de ruido propagándose muy cerca las unas de las otras. En estos casos, los equipos de medición (y nuestros oídos), sólo percibirán aquellas fuentes de ruido que superen en 10 decibeles o más, al nivel de ruido de las otras fuentes. Se recomienda entonces siempre tener en cuenta que las acciones de control de ruido ocupacionales, podrían ser realizadas de forma escalonada, atacando las fuentes de ruido prioritarias y luego las que se encontraban previamente enmascaradas por las primeras.

4. El impacto del ruido sobre la biodiversidad

La contaminación acústica no afecta solamente los seres humanos, sino que impacta también a la biodiversidad, perjudicando a las aves por ejemplo. Los estudios de Francis *et. al* (2011), sostienen que ha habido variedad de respuestas de las aves ante la contaminación por ruido, desde cambios en la distribución de especies, trastornos de comportamiento en comunidades, tales como relaciones presa – depredador, interferencia en rituales de apareamiento, dificultad en la búsqueda del alimento, disruptión en sus comunicaciones y cambios en la actividad diaria.

ciones y en ciertos casos, hasta el declive de poblaciones. Son afectadas especialmente aquellas especies de mayor tamaño que poseen vocalización de baja frecuencia, la cual puede ser enmascarada más fácilmente por sonidos similares de tráfico o industrias. Esto puede llevar a algunas especies a cambiar su tipo de canto para ser escuchadas más fácilmente, lo cual les genera estrés, afectando su reproducción y forzándolas muchas veces a abandonar hábitats favorables ya que no pueden comunicarse.

Por otro lado, el estudio de Mendez Rocasolano (2013), muestra las consecuencias del ruido en el ecosistema marino, ambiente que durante los últimos sesenta años, ha duplicado su nivel de ruido en cada década. El entorno submarino es especialmente sensible al ruido producido por actividades humanas, que incluye el tráfico marítimo, la explotación y producción de gas y petróleo, el sonar industrial y militar (el cual puede emitir sonidos de hasta 235 dB), las fuentes sonoras de experimentación industrial, la exploración geológica y el uso de explosivos submarinos, etc. En ese estudio, se afirma que esta contaminación constituye una de las mayores amenazas a corto plazo para el hábitat marino y el equilibrio de los océanos, afectando especialmente a los cetáceos, ya que ellos dependen del sonido en casi todos los aspectos de su vida, utilizándolo para localizar presas, navegar y comunicarse, alcanzando distancias importantes en el caso de las grandes ballenas.

El ruido también les puede ocasionar estrés o pánico a los cetáceos, se presume que las ballenas por ejemplo, podrían subir rápidamente a la superficie por esta causa, provocándoles el síndrome de descompresión, pudiendo ocasionar su muerte. El conocimiento científico actual sobre el efecto del ruido en mamíferos marinos y su hábitat es aún insuficiente, esto conlleva la urgente investigación de los efectos del ruido artificial sobre estas especies.

5. Legislación sobre ruido en Venezuela

La legislación venezolana, está conformada por distintos instrumentos que contienen disposiciones expresas para regular la contaminación generada por ruido, partiendo de nuestra Constitución, Ley Orgánica del Ambiente, Ley Penal del Ambiente, el Decreto 2.217 y diferentes Ordenanzas Municipales que regulan la materia a nivel local.

Así mismo existe igualmente el cuerpo de Normas COVENIN relativas al Ruido, tales como *Medidores de Nivel de Sonido* (COVENIN 1.432) y *Protectores Auditivos* (COVENIN 871) a nivel general, *Determinación del ruido en Fuentes Estacionarias* (COVENIN 1671) y *Determinación del Ruido emitido por vehículos de Motor* (COVENIN 1.433) a nivel ambiental y *Ruido Ocupacional, programa de conservación auditiva*,

niveles permisibles y criterios de evaluación (COVENIN 1.565) a nivel ocupacional.

En relación al ruido ambiental, se aplican el Decreto 2.217 o Normas sobre el Control de la contaminación generada por Ruido (1992), vigente actualmente pero bajo revisión para ser actualizado y las Ordenanzas locales específicas para el control del ruido ambiental en zonas urbanas. El espíritu de las normas de ruido ambiental es principalmente definir límites máximos de ruido permisibles en horarios diurnos y nocturnos, para diversos tipos de zonas urbanas, clasificadas en sectores residenciales, sectores mixtos residencial – comercial, sectores industriales y corredores viales o bordes de autopistas y aeropuertos.

El Decreto también regula los límites de ruido de los vehículos automotores y aeronaves. Los límites de ruido establecidos, se deben aplicar a los niveles de ruido de la o las fuentes, realizando la resta o corrección del ruido de fondo (nivel de ruido en ausencia de la fuente ofensiva), en el lugar del afectado. Igualmente cuando el ruido afecte dos tipos de zona, se aplicarán los criterios de la zona más restrictiva y en función del nivel de ruido de fondo de cada zona, pueden existir correcciones adicionales a los límites permisibles.

Las Ordenanzas locales pueden ser más estrictas que el Decreto 2.217 y regular variables adicionales, dependiendo de la realidad particular de cada municipio (ruidos en la vía pública, fiestas y ensayos musicales, establecimientos deportivos, recreacionales o culturales, uso de altavoces, ruido de animales domésticos, advertencia de contaminación por ruido en ambientes interiores, etc). En Caracas la Ordenanza del Municipio Baruta, establece el comienzo del período nocturno (con límites más estrictos) dos horas antes que el Decreto por ejemplo y regula de forma especial los fines de semana y días feriados.

La norma COVENIN básica para la medición de fuentes estacionarias de ruido (COVENIN 1671), determina en su sección 4, el equipo o instrumento necesario, lo cual se complementa con la norma COVENIN 1.432 (Medidores de Nivel de Sonido), en su sección 5 las condiciones mínimas para poder realizar ensayos o mediciones de ruido (condiciones de viento y humedad, no tener obstáculos cerca del micrófono, recomendación sobre cercanía con paredes o superficies reflejantes, etc.) y en su sección 6, establece el procedimiento de medición para la obtención de resultados confiables (verificación de baterías, calibración, colocación del equipo, tiempo de medición, determinación del ruido de fondo, etc.).

A nivel ocupacional, se tiene la norma COVENIN 1.565, su objeto es evitar que los trabajadores expuestos al ruido, sufran deterioro auditivo, pérdida de concentración o interferencias en la comunicación oral. La norma establece los límites de exposición para el Ruido (límite de 85 dBA, nivel de criterio de la norma, para ruido continuo durante 8 horas de exposición diaria), no permite exposición a ruido mayor a 85 dBA sin protección auditiva. La norma muestra el cálculo de la Dosis de ruido ocupacional (en función de la duración de la exposición y el nivel de ruido) e introduce recomendaciones sobre capacitación de trabajadores, evaluaciones de nivel de exposición, realización de audiogramas, pruebas audiométricas, protectores auditivos (sección que cita a la norma COVENIN 871), señalización, acciones de control de ruido y niveles de ruido recomendados para locales de trabajo típicos. El umbral de la norma es de 80 dBA (nivel a partir del cual se considera que el ruido aporta para el cálculo de la Dosis). También se especifica la tasa de intercambio “q”, siendo “q” igual a 3 dB. La tasa de intercambio es un parámetro técnico que determina cual es la relación entre la magnitud (en decibeles) de un nivel de ruido y el tiempo de exposición.

6 Aspectos básicos de la Medición de ruido (Fig. VIII.3)

Para el diseño de medidas efectivas de control de ruido, el punto de partida lógico radica en la realización de mediciones de ruido (ambientales u ocupacionales) cuyos resultados sean confiables, para esto hay que partir por un equipo adecuado, es decir un sonómetro integrador de tipo 2 como mínimo (requerimiento de COVENIN 1.432), que puede poseer únicamente los parámetros de ruido ambiental para realizar estudios diagnósticos de ruido ambiental u ocupacional (nivel L_{eq} y niveles estadísticos en las diferentes escalas, utilizando la escala “A”) o también puede incluir la medición de ruido lineal en Banda Octava, para realizar estudios de ingeniería o diseño de medidas de control de ruido (diseño de barreras, silenciadores, paneles absorbentes y confinamientos acústicos).

La verificación de las condiciones del ensayo es muy importante antes de realizar una medición de ruido, como por ejemplo las condiciones de humedad o lluvia (que pueden dañar los micrófonos y pueden generar ruido adicional que alterará los resultados), el viento (el cual puede alterar los resultados causando interferencia) y los obstáculos que se puedan encontrar entre el sonómetro y la fuente de ruido a caracterizar (que pueden alterar los resultados).

Previo y posterior a la medición, se debe calibrar el equipo, además hay que verificar sus baterías, seleccionar la escala de ponderación, el selector

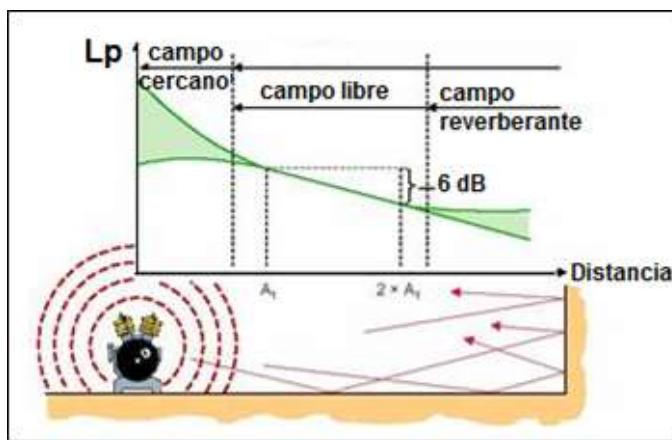


Figura VIII.3. Campo cercano, libre y reverberante.

de respuesta y posicionar el equipo. El equipo debe orientarse hacia la fuente (sin obstáculos), ser colocado a una altura entre 1,2 m y 1,5 m del suelo y a una distancia prudencial de 50 cm del operador (el uso de trípode no es obligatorio, pero puede ser cómodo en oportunidades). También es importante medir el ruido de cada fuente en “Campo Libre”, no en campo cercano (donde los efectos de cercanía de la fuente hacen que el sonido varíe de manera heterogénea), ni debe medirse en campo reverberante (donde aparecen las contribuciones directas, reflejadas o difractadas de otras fuentes y contaminan el resultado).

7 Aspectos básicos del Control de ruido

Hay diversas técnicas de control de ruido, las cuales se pueden utilizar individualmente o combinadas. Entre ellas están: Absorción acústica, bloqueo por paredes, confinamientos, barreras acústicas, silenciadores, cámara de expansión y cubrimientos acústicos.

La absorción acústica radica en el uso de materiales porosos o estructuras resonantes que evitan o reducen la reflexión de las ondas sonoras (sin embargo no atenúa el ruido intrínseco de la fuente sonora). Esto significa que la absorción, atenúa el ruido en campos reverberantes y no en campos directos. Hay que tomar en cuenta que la absorción tiene un efecto de control de ruido limitado, pues no es tan eficiente para atenuar frecuencias bajas, no trabaja efectivamente cuando la fuente sonora se encuentra muy cerca del afectado y funciona mejor cuando el espacio inicial tiene una condición muy reverberante. La absorción depende del tipo de material absorbente (coeficiente de absorción) y de la superficie a utilizar.

Otro principio para atenuar el ruido es a través del bloqueo del mismo, esto se puede realizar mediante paredes o barreras acústicas, las cuales, en función de su geometría (tamaño: alto y ancho y posición relativa a la fuente) y de su material (TL “transmission loss” del material o su curva característica de pérdidas por transmisión), proporcionarán una atenuación determinada a la fuente a controlar. La diferencia entre las paredes y las barreras, radica en que estas últimas, se encuentran en exteriores, tienen dimensiones finitas y no separan completamente la fuente del receptor.

Un efecto importante a considerar en el diseño de paredes, es la curva característica del material, la cual posee un área que aumenta sus pérdidas de sonido a medida que aumenta su masa, pero posee una zona llamada «coincidencia» en la cual su eficiencia decrece dramáticamente. En el diseño de paredes, se debe tomar en cuenta que se seleccione un material que no haga coincidir las frecuencias críticas del ruido a atenuar, con la zona de baja eficiencia en el bloqueo de esta pared. Una vez cuantificada la capacidad de bloqueo de los materiales, el efecto geométrico de atenuación del ruido en barreras, también es importante, ya que estas no pueden ser infinitamente altas o largas y se debe calcular qué porcentaje de ruido pasará por encima y por sus lados. Existen ecuaciones capaces de calcular para cada frecuencia, este efecto, tomando en cuenta el tamaño de la barrera y la ubicación de la fuente y del afectado. Al igual que sucede con la absorción, las barreras deben calcularse, ya que su eficiencia tiende a ser menor en bajas frecuencias y sólo pueden ser utilizadas en casos particulares.

La forma más eficiente de controlar el ruido, es a través de silenciadores y confinamientos acústicos, en los que básicamente se “encierra” a la fuente de ruido con una combinación de paredes (bloqueo) y absorción (reducción de reverberación), dejando pasar el aire dentro y fuera del confinamiento, a través de ductos especiales llamados silenciadores. Estos últimos dejan pasar el aire a través de ellos, pero proporcionan una atenuación controlada de ruido, bien sea con un diseño interno de laberintos, tales como las cámaras de expansión, o a través de la colocación de material absorbente especialmente compactado y orientado en su interior.

El diseño de silenciadores es una de las tareas más complicadas, detalladas y meticulosas en el control de ruido, ya que acústicamente su diseño geométrico debe partir de las frecuencias críticas del ruido a atenuar, especialmente tomando en cuenta sus longitudes de onda, para atenuarlas eficientemente. Lo segundo que se debe tomar en cuenta en el diseño de silenciadores (reactivos o disipativos), son el caudal de aire que podrán de-

jar pasar y las pérdidas de carga (caídas de presión) que generará el paso del aire a través de ellos. Sólo el diseño de silenciadores, puede tomar cursos enteros de acústica y aerodinámica, debido a la cantidad de detalles que deben tomarse en cuenta, ya que bien diseñados, son los dispositivos más eficientes para atenuar el ruido de las fuentes a controlar.

BIBLIOGRAFÍA

BERANEK, L.

1971. *Noise and Vibration control*. New York, Mc Graw – Hill.

CENTRO DE CONTROL Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES (CDC), SECCIÓN DE RUIDO Y PREVENCIÓN DE PÉRDIDA AUDITIVA

2015. Página web: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/stats.html>, consultada el 15/04/15.

COVENIN

1978. Norma Venezolana COVENIN N° 871 Protectores Auditivos (1978).

1981. Norma Venezolana COVENIN N° 1.433 Determinación del Ruido emitido por vehículos de motor.

1988. Norma Venezolana COVENIN N° 1.671 Fuentes Estacionarias. Determinación del Ruido.

1992. Norma Venezolana COVENIN N° 1.432 Medidores de Nivel de Sonido (1era Edición, 1982)

1995. Norma Venezolana COVENIN N° 1.565 Ruido Ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación (3era Revisión, 1995).

FADER, B.

1981. *Industrial Noise Control*. John Wiley & Sons Inc., ISBN 0471060070.

FRANCIS, C. D., C. P. ORTEGA AND A. CRUZ

2011. Noise Pollution Filters Bird Communities Based on Vocal Frequency. PLoS ONE 6(11): e27052. doi:10.1371/journal.pone.0027052.

GHORBANALI, M.

2014. Occupational Noise Pollution and hearing protection in selected industries. *Iranian Journal of health, safety and environment*, 1(1): 30-35.

GOLMOHAMMADI, R., R. M. MONAZZAM, M. NOUROLLAHI, A. NEZAFAT AND S. FARD MOMEN

2010. Evaluation of noise propagation characteristics of compressors in Tehran Oil refinery center and presenting control Methods. *Journal of Research in Health Sciences*. 10(1):22-30.

HAMMER M., T SWINBURN AND R L NEITZEL

2014. Environmental Noise Pollution in the United States: Developing an Effective Public Health Response. *Environmental Health Perspectives*, 122 (2): 115-119.

KHAN, S. T., S. KARADKHEDKAR AND S. KHADKEKAR

2014. Noise induced hearing loss in city traffic policeman. Research and reviews: *Journal of medical and health sciences*. 3(2): 26-28.

MENDEZ ROCASOLANO, M.

2013. La contaminación acústica y sus efectos sobre la vida, la salud y la biodiversidad desde el ordenamiento jurídico español. Universidad de San Antonio de Murcia (UCAM). *Direito Ambiental No século XXI*(2): 409-438.

MONAZZAM, M. R., R. GOLMOHAMMADI, M. NOUROLLAHI AND S. FARD MOMEN

2011. Assessment and control design for steam ventnoise in an oil refinery. *JRHS*. 11(1):14-19.

REPÚBLICA DE VENEZUELA

1992. Decreto N° 2.217 acerca de las Normas sobre el control de la contaminación generada por ruido, Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.418 del 23 de Abril de 1.992.

SHARANYA, N., J. CHANDRU, R. RAMAKRISHNAN AND S. SRIKUMARI

2014. Global Public health Conference, *Proceedings. School of Public Health*. SRM University, India.

TROMBETTA, P. AND F. BUNN

2014. Noise annoyance through railway traffic – a case study. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 12(14): Published online 2014 Jan 8. doi: 10.1186/2052-336X-12-14.

WILSON, C. E.

1989. *Noise control: Measurement, analysis, and control of sound and vibration*. New York, NY: Harper & Row.

Victoria Rastelli

PhD en Desarrollo Sostenible e Ingeniero Mecánico de la Universidad Simon Bolívar. Actualmente Senior Acoustic Engineer en la empresa Australiana Norman Disney & Young en Auckland, Nueva Zelanda, forma parte de la Sociedad Acústica de Nueva Zelanda desde Diciembre de 2017. Fue gerente de proyectos de Control de Ruido en la Empresa RPRM & Asociados C.A. Participó como investigadora asociada al Grupo Vida Urbana y Ambiente de la Universidad Simon Bolívar. Co-autora de dos libros Compilatorios de experiencias exitosas de Sustentabilidad y autora de numerosos artículos técnicos de investigación en el área de Control de Ruido y Vibraciones. Asesora técnica de las Ordenanzas municipales para la gestión del ruido Ambiental (Municipios Chacao y El Hatillo) en Caracas y en la actualización del Decreto Nacional 2.217.

Victor Rastelli

Ingeniero Mecánico USB, MSc Mecánica Teórica y Aplicada UCV. Actualmente Director Técnico en la empresa RPRM & Asociados C.A. Profesor en las áreas de Dinámica, Vibraciones, Acústica y Control de Ruido en la USB. 32 ponencias en congresos nacionales e internacionales de Acústica Ambiental, Control de Ruido Industrial y Vibraciones. Autor de 336 trabajos profesionales en las áreas de Dinámica, Acústica, Control de Ruido y Vibraciones. Entre los proyectos más destacados se encuentra la insonorización de diversos equipos industriales, el aislamiento acústico de auditorios, oficinas, cámaras de audiometría y salas de conferencia, el cálculo, diseño, construcción y pruebas de silenciadores reactivos, disipativos y mixtos, el diseño y puesta a punto de amortiguadores dinámicos y el aislamiento de vibraciones producidas por motores de grupos generadores eléctricos, bombas hidráulicas, motores eléctricos y otras maquinarias industriales.

CAPITULO IX

CONTAMINACIÓN VISUAL Y CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

1 El Paisaje Natural

En su estado original nuestro hermoso planeta Tierra mantiene un proceso de balance justo en el cual toda alteración a sus componentes; suelo, agua, aire y biodiversidad, se mitiga, se disipa o se integra de manera armónica, automática y natural. El paisaje silvestre al principio del desarrollo de la especie humana acusaba pocos impactos antropogénicos de importancia, ya que el comportamiento del hombre primitivo era parte inseparable del resto de los procesos naturales: cazar para alimentarse, consumir agua, hallar cobijo de los elementos, aparearse y proteger la prole, dar batalla para conquistar territorio y defenderlo, agruparse en manadas o tribus, y erguirse como líder o seguir al más fuerte, lo cual era su quehacer diario como cualquier otro predador animal. En su progreso, el hombre adiestró sus manos para crear sencillas moradas con recursos naturales recolectados o trabajados de forma artesanal; el barro modelado y secado al sol, la piedra apilada, los troncos, ramas, hojas, pieles y huesos de animales eran los únicos recursos –todos ellos naturales y renovables– con los cuales el hombre reconfiguraba el entorno natural a sus necesidades de vida y cobijo. Senderos hollados en el suelo, hitos de rocas y restos animales mostraban el impacto habitual del hombre sobre el ambiente. En los tiempos primitivos las pocas chozas de barro con techos de paja o los asentamientos excavados en las montañas se fundían en el paisaje con muy poca afectación. Ciertas tribus de América aún viven en ellos (Fig IX.1).

Con el tiempo, utilizando unas pocas herramientas y mucho ingenio, aquellos primitivos “ingenieros” fueron desarrollando tecnología simple, pero crecientemente compleja para dominar el fuego, fundir y alear metales, calentar arcillas, aserrar madera, y cortar y pulir piedra. Con los siglos el ser humano se enfrentó a condiciones severas ya que a lo largo de su evolución se estableció en regiones cambiantes que iban desde gélidas estepas glaciares, hasta ardientes desiertos; y desde remotas y solitarias montañas y sabanas, hasta hacinados grupos tribales. Su increíble capacidad de adaptación le dio flexibilidad de ajustarse a cualquier condición extrema. En ese proceso de adaptación holló la tierra de múltiples manera, y hasta fines de los tiempos

preindustriales los materiales utilizados en la modificación de su entorno y sus desechos, se incorporaban a la misma tierra por acción de los elementos naturales, el viento, el agua y el sol, sin impacto apreciable sobre el ambiente.

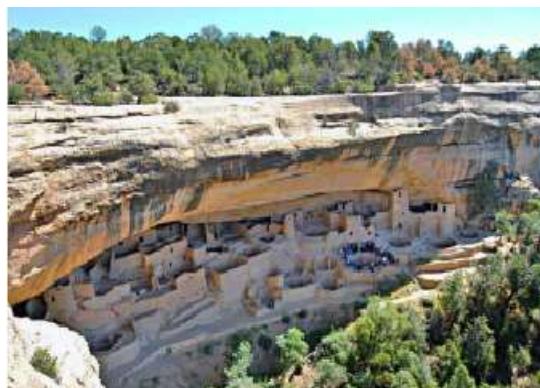


Figura. IX.1. Conjunto urbano de la tribu de indios Pueblo, excavado en la arenisca y fundido con el entorno. Parque Nacional Mesa Verde, Colorado, E. U. A.

Ese leve impacto se va intensificando a medida que el homínido realiza mayores esfuerzos constructivos para transformar el entorno, con el fin de homenajear a fuerzas espirituales desconocidas cuyos signos se le manifiestan en el cielo, en el agua y en la tierra. Ese móvil primigenio de aquellos hombres por erigir construcciones más allá de sus necesidades de supervivencia, ante espíritus o entidades superiores mitificadas, deificadas e interpretadas, se evidencia de manera particular en el más antiguo centro de arquitectura monumental conocido, Göbekli Teppe, configurado para rituales de ofrendas de frutos de la tierra –probablemente con algún sacrificio animal– para un panteón de extraños dioses zoomorfos tallados en grandes bloques de piedra hace unos 12.000 años. Sus móviles fueron más espirituales de lo que cualquiera podría imaginar: se asentaron en precarias chozas de paja sobre un punto focal y sin embargo levantaron muros alrededor de un altar que poblaron con enormes “tótems”, con el fin de representar rituales de magia para aplacar la ira de dioses, combatir demonios que los acosaban y adorar e invocar los buenos oficios de los astros del cielo. La peculiar relevancia de estos actos destacará más adelante al evaluar la contaminación lumínica.

Tal centro de culto indica que en lugar de que la domesticación de plantas y animales deviniera en agricultura, luego en asentamientos permanentes y de allí surgiera la religión, como los antropólogos habían deducido des-

de el principio, el asombro ante los fenómenos naturales los condujo a una religión organizada y sobre ella surgió la domesticación de plantas y animales para ofrendas, luego la agricultura y finalmente con el trueque surgieron los asentamientos permanentes. Todo esto sucedía unos seis mil años antes de la revolución del Neolítico cuando las tribus de Mesopotamia eran hostigadas por lémures, súcubos e íncubos brotando de los pantanos, de los profundos mares, o de las frías montañas para plagar a sus moradores de todo tipo de males (Seligman, 1971)¹. Este asentamiento agrícola, el más antiguo hasta ahora descubierto, evidencia uno de los primeros actos importantes de construcción del hombre, 7 mil años antes de Stonehenge y las Pirámides de Egipto. Es posible imaginarse el impacto visual que pudieron causar en el hombre primitivo veinte templos en nueve H^{as} rodeados de tótems megalíticos de hasta 5,5m de altura y 16 toneladas de peso cuyos restos revelan la excavación, extracción, transporte y talla de enormes bloques de piedra arrastrados sin ruedas ni bestias de carga, desde una cantera ubicada a casi 500m de distancia, mucho antes de conocer la metalurgia, la cerámica o la escritura.²

Por los ritos asociados a dichos cultos se sabe que la conciencia individual, que hace al hombre sentirse separado de aquellas fuerzas invisibles, fue una de las primeras funciones que despertó en la mente de aquellos seres primitivos, y el desarrollo del lenguaje articulado es la evidencia, ya que para que este surja, debe haber conciencia de individualidad y consecuente necesidad de comunicación con otras individualidades (Bucke, 1969).³ Esa conciencia individual, como factor de “separatidad” tendrá un rol determinante más tarde en la afectación del entorno natural, en especial por parte de las culturas occidentales, pioneras del desarrollo tecnológico, pues tiende a endosar el mandato de

“...llenad la tierra, y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos y en todas las bestias que se mueven sobre la tierra”

que aparece en los textos bíblicos⁴, lo cual conduciría a la aplicación literal de aquellas interpretaciones precipitadas de las leyes espirituales (Francisco, 2015).⁵

2 El Entorno Construido

Esa “conquista” de la Naturaleza generó un paisaje muy diferente al paisaje natural. El hombre en su proceso de supervivencia desarrolló patrones constructivos de creciente impacto, luego de levantar altares y templos, al rodearse de barreras de protección contra enemigos y elementos. Así

remodeló hasta sus propios hábitos; ya no necesitó mirar sobre sus hombros a cada minuto en sobresalto, ni vivir cargado de cautelas, sino que desde el momento en el cual se hizo sedentario, asumió una actitud más relajada, pudo dormir más, comer mejor y pudo destinar tiempo a forjar reinos, aglutinar imperios y a reunirse en conglomerados tribales y urbanos llevando a cabo actividades necesarias, optionales y sociales, con efecto encadenado, ya que las actividades sociales dependen de otras actividades, la cuales derivan del encuentro entre personas, y este es resultado de la comunicación, consecuencia a su vez, del despertar de la conciencia individual. De allí surge la necesidad de cultivar el arte (Bronowski, 1983).⁶

A ese paso, las crecientes aglomeraciones humanas en ciudades proliferaron, la población creció, y a la par lo hicieron los cultos religiosos, la tecnología, las ciencias y el arte de manera sostenida y reposada durante siglos. Aunque hubo períodos cortos y largos de violentas conflagraciones y oscurantismo, el desarrollo social se expandió. La mayoría de las manifestaciones culturales y sagradas que alimentan la gigantesca industria del turismo hoy en día provienen de lo que aún se conserva de las muestras de ese amplio abanico histórico de desarrollo.

En el último siglo, sin embargo, la explotación del carbón mineral al principio, y del petróleo, el gas y sus derivados luego, arrojó un torrente de energía ridículamente barata que sirvió para desencadenar una creación altamente mecanizada de centenares de miles de insumos, productos, servicios, materias primas y bienes de consumo. A partir de ese punto el desarrollo del hombre se caracterizó específicamente por su capacidad para crear poderosas y eficientes herramientas y maquinarias de todo tipo. Así, promovido por el populismo de las revoluciones, y por la multiplicación de grandes capitales industriales y comerciales se expandió el acto constructivo para multiplicarse en docenas de herramientas en procesos complementarios que generaron infraestructura de urbanismo e industria a un ritmo y una velocidad sin precedentes.

Pero aunque esas poderosas y eficientes herramientas tuvieron efectos benéficos que permitieron proveer de alimentos y de hábitat a muchos seres humanos, tuvo otro efecto que resultó pernicioso: Con esas herramientas y maquinarias se aplazaron montañas enteras, se abrieron túneles y caminos a través de cordilleras, se tendieron millones de Km de rieles y alambres, se desviaron, represaron y recanalizaron miles de ríos y se secaron múltiples lagos, y con ello se arrasaron millones de hectáreas de bosques y se sacrificaron millones de animales. El impacto sobre el ambiente resultó, hoy lo sabemos, considerable; pero sus consecuencias a largo plazo eran entonces

casi inapreciables por su baja proporción relativa. Recordemos que la meta del hombre era conquistar y subyugar a la naturaleza; y aquellos que triunfaron en esa gesta quedaron en la historia como héroes.

Al iniciarse el tercer milenio los cálculos indican que:

“La población urbana... se espera que alcance 5006 millones para el 2030 (60 por ciento de la población mundial”⁷,

tomando en cuenta que:

... “En 2013 el 77% de la humanidad (vivía) en ciudades y para el 2050 se espera que ese porcentaje exceda el 90%”.⁸

Tales escenarios le otorgan una relevancia y profundidad particular al estudio de las afectaciones ambientales y la calidad de vida, no solamente en el entorno urbano, sino en todo el entorno construido. Ese entorno construido algunos lo definen como:

“La parte del entorno físico realizado por actividades humanas, que consiste en patrones de uso de la tierra, distribución de espacios, de actividades y edificaciones que las alojan, los sistemas de trasportación, la infraestructura física de vías, caminos, senderos, aceras y calzadas, al igual que los servicios que estos espacios proporcionan, el diseño de área urbana, y el arreglo y apariencia de los elementos físicos de una comunidad o región.” (AJPM, 2012).⁹

El entorno construido incluye los espacios urbanos ocupados para vivir, trabajar, recrearse y adorar, y también los espacios periurbanos, englobando toda alteración deliberada o accidental del entorno natural, incluyendo todo tipo de intervención y construcción de elementos. Esta intervención va desde simples movimientos de tierra o la cobertura de pavimentos sobre el suelo en carreteras, y puentes, hasta los grandes centros urbanos con sus rascacielos; y desde un poste de teléfonos o una parada de bus, hasta los grandes puertos, grandes centros industriales y enormes represas. En ese amplio contexto el entorno construido abarca el entorno dentro y fuera del perímetro de la ciudad incluyendo todas sus áreas de influencia.

Dentro de dicho entorno el hombre estableció espacios enmarcados en vegetación, edificios, monumentos, galerías y muros, los cuales le susurran o le gritan, le invitan a entrar, o le inducen a salir; le serenan o le alteran; lo acogen o lo rechazan, dependiendo de la manera como han sido conformados y organizados sus elementos componentes. La mayoría de las personas alguna vez ha sentido ganas de alejarse de un recinto, apurar el paso en un segmento de una calle, o salir de un espacio cualquiera. Igualmente la mayoría de los habitantes de una ciudad reconoce lugares dentro y fuera de

ella, donde se pueden pasar horas enteras y sentirse a gusto. Algunos espacios son atractivos para estar solos; otros para estar en compañía. La combinación adecuada de fachadas, volúmenes y detalles ornamentales que los envuelven es lo que hace a algunos espacios entrañablemente acogedores e inspiradores, y a otros repelentes y hostiles. La calidad visual de la ciudad y de sus áreas de influencia condiciona su ánimo y atractivo; y esa calidad visual es la clave del éxito de un espacio como punto de encuentro, como canal de circulación, como polo de atracción o como pivote urbano. Platón desde la cuna de la cultura occidental ya señalaba que el espacio arquitectónico de las ciudades (“*polis*”) determina la conducta y la actitud social del ser humano. Eso se evidencia al pasear al lado del Panteón Nacional de Caracas, entrar a la Catedral de Pamplona, contemplar la Abadía de Westminster; o caminar por Viena, Buenos Aires o Cartagena de Indias, ya que la actitud del individuo cambia de inmediato. No se tiene la misma sensación al caminar por Quebrada Honda o La Hoyada, que hacerlo por el Paseo Los Próceres en Caracas, la Avenida Las Delicias en Maracay o las callejuelas de La Vela de Coro. Los impactos visuales, por lo tanto, requieren amplio estudio porque afectan toda la amplitud del entorno construido.

Para ese propósito necesitamos no solamente enfocarnos en la dicotomía del método cuantitativo-cualitativo, sino también en la dicotomía entre el enfoque analítico y el enfoque sistémico (Tabla IX.1); porque el enfoque analítico, aunque ha logrado importantes diagnósticos, métodos y soluciones a los numerosos problemas asociados a las crisis convergentes que ponen al planeta en riesgo, no siempre logra el viraje necesario para abordar los problemas en conjunto. Tal conclusión se asume porque han surgido eventos posteriores a todas las conferencias y acuerdos ambientales desde los 70s, para estudiar, por ejemplo, por qué en la atmósfera la densidad de CO₂ alcanzó las 400ppm; es decir, que el mundo se excedió en más del 14% del límite de 350ppm de gases de efecto invernadero en la atmósfera, uno de las principales causas del cambio climático, a pesar de la numerosas señales de alarma. Sucede que el solo anuncio de los riesgos resultó insuficiente y ahora hay que convivir con las consecuencias de la inacción de reducir oportunamente las emisiones de GEI, ya que el planeta entero es un vasto sistema compuesto por millares de subsistemas, y estos a su vez por sub-subsistemas, los cuales “...encajan unos en otros como un juego de muñecas rusas” (de Rosnay, Joël, 2002)¹⁰. Con base a este criterio es posible vincular el desarrollo de la conciencia individual con la ruptura de esa original intuición (Lat. *in*, dentro, *tuire*, enseñar), de que el hombre está inextricablemente interconectado con todo el Universo.

Tabla IX.1. Visión Comparativa entre enfoque analítico y enfoque sistémico¹.

Enfoque analítico	Enfoque sistémico
Aisla: se concentra en los elementos	Relaciona: se concentra en las interacciones entre elementos
Considera la naturaleza de interacciones	Considera los efectos de interacciones
Se basa en precisión de detalles	Se basa en la visión de conjunto
Modifica una variable a la vez	Modifica grupos de variables simultáneamente
No depende de la duración: fenómenos irreversibles	Integra duración e irreversibilidad
Valida los hechos por prueba experimental en un marco teórico	Valida los hechos por comparación entre modelo y realidad
Modelos precisos y detallados	Modelos de rigor insuficiente, pero utilizable s en decisión y acción
Enfoque eficaz bajo interacciones lineales y débiles	Enfoque eficaz bajo interacciones no lineales y fuertes
Conduce a enseñanza por disciplinas yuxtapuestas	Conduce a una enseñanza pluridisciplinaria
Conduce a la acción programada en detalle	Conduce a una acción por objetivos
Conocimiento minucioso de los detalles, objetivos borrosos	Conocimiento minucioso de los objetivos, detalles borrosos

*“El pensamiento sistemático es una disciplina para la visión de conjunto.
Es un marco destinado a ver interrelaciones más que cosas,
para poder apreciar los patrones de cambio.”*

(Senge, 1992)¹²

3 Calidad de Vida

Al contemplar los esfuerzos del hombre a lo largo de los siglos para transformar su entorno se descubre en él la perenne e incansable búsqueda de una mayor calidad de vida. Evidencia convincente es el contraste entre

la vida primitiva con toda su dureza, y vida contemporánea con todas sus comodidades -tanto necesarias como redundantes¹³. Y en la historia del desarrollo de las naciones y los pueblos se nota claramente que el hombre logra la mayor calidad de vida cuando vive y labora en un entorno altamente organizado y **estéticamente atractivo**, capaz de ofrecerle el **bienestar** y el **confort** que componen la **calidad de vida**. Las conclusiones en estudios sobre el bienestar alcanzan un clímax al advertir que los trabajos de los gobiernos sobre población deben orientarse a medir el bienestar de la gente (incluyendo la dimensión subjetiva), como forma de estimar el progreso social. Las observaciones enfatizan que las medidas tradicionales basadas en métricas de mercado o de producción no proporcionan una imagen de vida, y recomiendan desviar el foco de las mediciones económicas, de indicadores de producción, al bienestar de la gente. El argumento subyacente consiste en que las políticas nacionales deben balancear el crecimiento de la producción con consideraciones de igualdad, sustentabilidad y dimensiones no mercantiles de bienestar, las cuales no pueden ser capturadas por las mediciones «objetivas» convencionales (Stiglitz *et al.*, 2009)¹⁴. Eso conduce a indagar un poco más en el significado de estos factores estrechamente relacionados, pues adquieren un valor importante como variables de sustentabilidad, en el estudio de las afectaciones que se abordan en este capítulo. Para ese fin conviene revisar las definiciones de los conceptos de bienestar, confort y calidad de vida.

3.1 Bienestar y Confort

El significado etimológico de “bienestar” es simplemente “*estar bien*”. Para algunos investigadores el concepto “bien” o “estar bien” puede considerarse subjetivo y convertirse en un parámetro personal, ya que cada quien puede adoptar una idea particular de lo que significa bienestar, por lo cual es difícil hablar de un concepto objetivo y universal del término. Para algunos yoguis, por ejemplo –y para algunas modelos de alta costura, tal vez– bienestar incluirá el ascetismo; para algunos faquires de la India o ciertos monjes del Medioevo, el bienestar se relacionaba con el sufrimiento y la automortificación como vía de purificación, mientras que para los hedonistas de hoy será el puro gozo del placer sibarita. Además hay científicos que hablan de “bienestar percibido”, “bienestar subjetivo”, “bienestar colectivo”, “bienestar social”, “bienestar familiar” y una lista de otros “bienestares” (NAS 2013)¹⁵, lo cual profundiza el tema mucho más allá de una introducción. De manera que en aras de la simplificación, y para los fines de este trabajo, bastará adoptar una definición simple y compacta de bienestar:

“Estado de la persona en el que se le hace sensible el buen funcionamiento de su actividad somática y psíquica”¹⁶

El término “confort”, por otro lado, es un anglicismo adoptado por la RAE, y significa “*aquel que brinda bienestar*”¹⁷. En general confort se utiliza como sinónimo de bienestar y ese confort/bienestar está dado básicamente por las condiciones agradables de los alrededores, incluyendo condiciones higiénicas y térmicas del aire, abundante luz natural, facilidad para el adecuado descanso y acceso a recursos como agua y energía. Igualmente sencilla se encuentra una definición comúnmente aceptada de “*calidad de vida*” como: “*El estado de complemento y bienestar físico, mental y social de una persona*”¹⁸. Cabe tomar en cuenta que tanto “bienestar” como “confort” son términos focales a un momento y un lugar, mientras que calidad de vida sugiere un bienestar más amplio en el espacio y más duradero en el tiempo, en todas las actividades de las personas. Calidad de Vida resulta así un término de mucho más alcance y más envolvente que “bienestar”, como un indicador que está en relación proporcional, directa y recíproca con la *sustentabilidad*. Aunque definir *calidad de vida* resulta evasivo por la variedad y cantidad de significados que existen, para fines de este estudio se puede asumir la definición que abarca sus principales elementos componentes, a saber:

“...al menos el acceso a:

- *El disfrute de la libertad*
- *Ingresos suficientes*
- *Condiciones de salud y nutrición aceptables*
- *Educación de buena calidad*
- *Calidad ambiental*
- *Disfrute de bienes y servicios culturales y recreacionales*
- *Igualdad de oportunidades*
- *Seguridad personal*
- *Oportunidades de participación*
- *Seguridad social*” (Gabaldón 2008).¹⁹

Esa definición conduce a estudiar los factores de contaminación, en función de su capacidad de degradar o degenerar esa calidad de vida, tomando en cuenta que ésta se refiere etimológicamente a condiciones cualitativas, las cuales a su vez se expresan como función de la armonía del hombre con su entorno. Esta armonía se asocia a la percepción subjetiva del vínculo equilibrado entre el hombre como ente individual y colectivo –parte de la biodiversidad– y su productiva relación orgánica con el ambiente. Es nece-

sario, por lo tanto, identificar los factores que perturban ese confort, o alteran ese bienestar, disminuyendo la calidad de vida, puesto que pueden romper esa orgánica relación con el ambiente, lo cual es un impedimento para alcanzar la sustentabilidad, meta implícita como *leit motiv* en toda la extensión de esta obra y objetivo terminal de toda ciencia ambiental. Hay muchos factores que afectan la salud física y mental de los seres humanos, como lo señalan algunos autores:

“Las consecuencias de esta contaminación van desde la alteración del estado emocional de los individuos, afecciones a la salud física y mental, hasta la pérdida de valores escénicos y paisajísticos que pueden repercutir en el potencial turístico y económico de un lugar.”²⁰

*“...cada día cobra más sentido abordar la enfermedad desde el punto de vista del estudio del entorno de la persona. El estudio de todos los factores de riesgo que nos rodean, nos puede dar una historial de exposición a factores de contaminación geoambiental de la persona y por tanto un mayor conocimiento de su estado de salud. Esto cobra especial importancia cuando nos encontramos con trastornos del sistema nervioso, del sistema endocrino, del sistema inmune o trastornos degenerativos. También en determinadas **enfermedades emergentes** como el **SQM**, síndrome de fatiga crónica, fibromialgia, electrosensibilidad, todos ellos síndromes de sensibilización central. Existen también artículos científicos que relacionan otras enfermedades como el **TDAH** Trastorno de déficit de atención e hiperactividad y el **Alzheimer** con exposiciones ambientales.”²¹*

Entre los indicadores de afectación del entorno construido conocidos, tanto cualitativos como cuantitativos, producto de estos impactos, se pueden citar: pérdida de propiedad cultural, impacto intrageneracional, degradación urbana, impacto sobre los más pobres, impactos espaciales, invasión de espacios públicos, cambios en la atmósfera urbana, migración forzada, desarraigo y muchos otros aún por definir. Son factores que generan impactos de diversa naturaleza (biofísica, socio-cultural, económica, político-administrativa, funcional-espacial, tecnológica, sociocultural), y también generan impactos sobre importantes variables de sustentabilidad (gobernabilidad, participación, salud, educación, RRHH, resiliencia, comunicación, entretenimiento, familia, reproducción, salud mental, capacidad creativa, rendimiento y ausentismo laboral y escolar, integración familiar).²²

Considerando que:

“...la batalla por un futuro sustentable será ganada o perdida en las ciudades,”²³

se necesita la identificación y la definición detallada de los principales factores de afectación, y su grado de impacto cuantitativo y cualitativo sobre el entorno construido. Conviene, pues, redirigir ahora la atención hacia dos factores de bienestar, y confort, que resultan componentes destacados de la Calidad de Vida: la contaminación lumínica y la contaminación visual.

4 Contaminación Lumínica

El crecimiento de la iluminación artificial disipó muchas incógnitas en la ciencia, y llevó vida a lugares hasta entonces oscuros del planeta. Sin duda la iluminación artificial facilita y amplia la visión nocturna, e incrementa las horas útiles de labores en la industria y el comercio. También favorece la seguridad en las calles de las ciudades, y la movilidad nocturna. Además ha tenido un rol determinante en la recuperación de la salud de las personas en todos los centros de atención hospitalaria, al permitir trabajar de forma corrida sin depender de la luz natural. Sin embargo la opulencia económica de algunas naciones ha promovido el abuso de la iluminación para fines recreativos y hoy en día se utiliza masivamente sobre todo como elemento ornamental. La contaminación originada por la iluminación excesiva de la atmósfera de las ciudades desde el anochecer hasta el amanecer es hoy tan intensa que se aprecia a simple vista desde el espacio (Figs. IX.2 y IX.4), en forma directamente proporcional a la densidad demográfica, y afecta la calidad de vida, porque disminuye la contemplación de los cielos estrellados y despejados que inspiraron a los antiguos. Además, perturba gravemente la orientación de muchas especies migratorias, y en el ser humano produce una afectación de alto riesgo: la cronodisrupción.²⁴

En Venezuela hay pocas experiencias en estudios de impacto, o en medidas de mitigación de la contaminación lumínica. Una de las pocas se origina en el *Observatorio Astronómico Nacional (OAN) de Llano del Hato*. En el año 1990 se creó un área de protección lumínica de más de 450 km² en la jurisdicción de los Municipios Miranda, Cardenal Quintero y Rangel, del Estado Mérida. El alcance legal de esta medida protege la oscuridad de los cielos en todo el sector, e incluye consideraciones sobre el derroche energético. A través del Programa de Protección del Observatorio Astronómico Nacional del Llano del Hato, se desarrollan variadas actividades destinadas a la divulgación del impacto de la contaminación lumínica en todas

las comunidades afectadas, además de realizar un censo lumínico de las fuentes de contaminación y diseñar un conjunto de medidas de control para reducirla. Una de las medidas adoptadas es una propuesta de sustitución de las unidades de alumbrado público incandescentes por sistemas tipo LED de bajo consumo y mayor rendimiento lumínico, en especial en Llano del Hato y Mititivó.²⁵

Programa de Protección al Observatorio Astronómico Nacional (OAN) de Llano del Hato. Proyecto para la Reducción de la Contaminación Lumínica.



Figura. IX.2. Contaminación lumínica vista desde el espacio: NASA Earth Observatory y National Geophysical Data Center. (**Fuente:** <http://www.i-ambiente.es/?q=noticias/nuevo-mapa-detallado-sobre-la-contaminacion-luminica-nivel-planetario#sthash.UB5vdhCM.dpuf>; <http://www.lightpollutionmap.info/#zoom=6&lat=829395.01573&lon=-7330668.22334&layers=B0TFFFFTT>).

Para la mayoría de los que viven en las grandes urbes los cielos estrellados son un paisaje desconocido. Contemplar las estrellas es una tarea casi imposible en las grandes ciudades por causa de la contaminación lumínica. Tan intensa es la luz que se genera en algunos centros poblados que hace falta alejarse muchos kilómetros o viajar a la playa o al campo donde escasea la luz artificial para poder apreciar el verdadero resplandor del cielo nocturno. Es obvio que la luz artificial ha traído tantos beneficios que la extensión de su uso se ha vuelto inevitable. Sin embargo con la contaminación lumínica se está perdiendo una de las vistas naturales más universales y puras que se conservan. Hay numerosos activistas que se oponen al uso exagerado de la luz artificial, pero no hacen campaña para que se apaguen

todas las luces por la noche, sino aquellas que no son estrictamente necesarias. Las luces distorsionan los patrones migratorios de las aves, los hábitos de alimentación de los animales nocturnos y de las poblaciones de insectos. Algunas investigaciones señalan también que interfiere con el ciclo del sueño de las personas, con la actividad motora, con los ritmos endocrinos, con la regulación de la temperatura corporal, con los ritmos cognitivos y afectivos e incluso con la actividad alimentaria, en especial en niños y ancianos.

Una afectación crítica, aunque pocos pueden notar su origen, es la perturbación del sincronizador cronológico del hipotálamo, denominado NSQ (núcleo supraquiasmático), lo cual reduce la secreción de melatonina, “*la hormona nocturna*”. Tan seria es la afectación que la secreción de esta hormona se reduce en 50% con solo estar 39 min bajo una bombilla incandescente de 60W, o 13 min bajo luz generada por diodos LED (Schulmeister et al. 2004, Pauley 2004)²⁶; incluso hay estudios que asocian la contaminación lumínica al cáncer de mama. Las afectaciones al entorno no son menores: el aumento del gasto energético y económico, la intrusión lumínica, la inseguridad vial, el dificultar el tráfico aéreo y marítimo, el daño a los ecosistemas nocturnos y la degradación del cielo nocturno, patrimonio natural y cultural, con la consiguiente pérdida de percepción del Universo y los problemas causados a los observatorios astronómicos.

Los adelantos tecnológicos promueven el uso de sistemas de iluminación inteligentes que permiten apagar el alumbrado cuando no es necesario. Desde la crisis energética producida por el embargo petrolero de los 70, en la Comunidad Europea todos los edificios, incluso los más antiguos, tienen un sistema temporizado que sostiene el alumbrado de los pasillos y puntos de acceso y salida por un tiempo calculado justo para que las personas entren a sus casas y cierren las puertas. Empresas especializadas están instalando sistemas inteligentes en los estadios de fútbol, de manera que solo se enciendan las luces cuando comienza a ingresar el público y se apagan cuando salen todos, mientras que las luces de los sanitarios solo se encienden cuando los usuarios cruzan la puerta de acceso. La República Checa fue pionera en legislación a favor de los cielos oscuros desde 2002, la Asociación Astronómica de Gran Bretaña igualmente emprendió recientemente una Campaña por Cielos Oscuros. Y otros países se han sumado a la iniciativa pues ya existen varias organizaciones contra la contaminación lumínica, entre ellas la International Dark-Sky Association, el Dark.Sky Movement y la Dark-Sky-Society. Pero la iniciativa de más amplio alcance ha sido la Iniciativa Starlight que condujo a la Declaración de La Palma.²⁷

Varias leyes para proteger los cielos oscuros se han aprobado en ciertas regiones de Italia y en algunos estados de Estados Unidos. Variados programas han sido adoptados en distintas partes del mundo, para suspender el uso de luces durante un tiempo determinado. También existe una iniciativa “*The Great Blackout*” (El Grán Apagón) que solicita a todas las personas reducir la iluminación o apagar totalmente las luces durante la temporada de migración de las aves. Las luces artificiales confunden su trayectoria y millones mueren al año al estrellarse contra ventanas de vidrio. La ciudad de Flagstaff, en el Estado de Arizona, EUA, decidió hace 50 años controlar la contaminación lumínica, y en 2001 se convirtió en la primera ciudad internacional de cielos oscuros (International Dark Sky City). Más de 17 ciudades en Estados Unidos participan en este proyecto, incluidas Nueva York y Chicago, y también varias ciudades de Canadá. Otros países realizan apagones anuales. Bélgica celebra la “Noche de la oscuridad” en ciertas partes de la ciudad cada año para generar conciencia sobre el problema de la contaminación lumínica. Mientras que el Fondo Mundial para la Vida Silvestre realiza todos los años desde el Reino Unido y en todos los países que lo deseen, la “Hora de la tierra” (*The Earth Hour*), para la cual se invita a apagar las luces durante 60 minutos. Sin embargo, el evento tiene más que ver con reducir el calentamiento global que con la contaminación lumínica²⁸. En España se publicaron recomendaciones técnicas sencillas destinadas a reducir la contaminación lumínica sin necesidad de eliminar el alumbrado que tanto gusta en fachadas y veredas (Fig. IX.3). Si se observa con cierto detenimiento la imagen se puede notar que las lámparas no recomendadas son aquellas que proyectan sus haces por encima de la línea del horizonte, ya que al hacerlo así iluminan particulado de polvo y moléculas de gases en suspensión en la atmósfera, generando el destello típico de la bóveda celeste en las ciudades. Las lámparas recomendadas, por el contrario, arrojan todas su haz hacia abajo, y en casos muy raros, hacia los costados, pero nunca hacia arriba.

El problema de la contaminación lumínica alcanza en ciertas regiones un carácter muy serio. En Barcelona, España, se han llegado a enfocar en el factor de afectación psicosocial de la contaminación lumínica tal como lo señalan investigaciones avanzadas:

En los últimos años la creciente tendencia del diseño ha destacado la importancia de las emociones, como un factor que debe incluirse en todo diseño humanizado. De igual forma los estudios más recientes sobre las emociones; la neurociencia, la psicología cognitiva, entre otros, señalan su importancia como un componente esencial

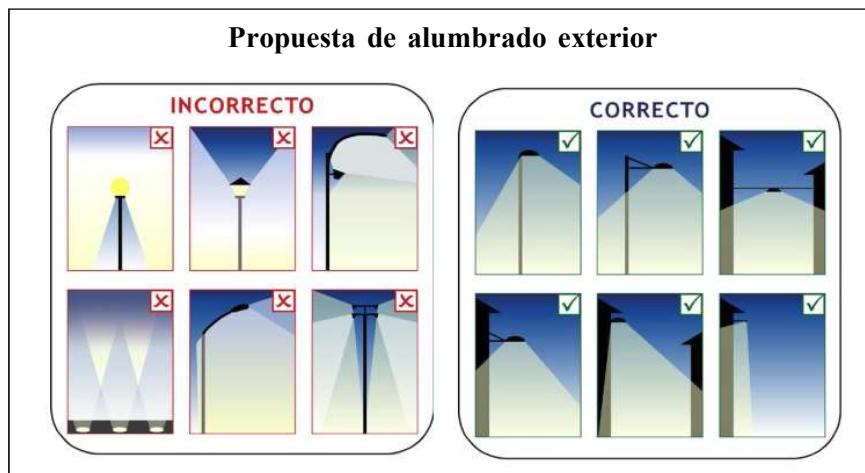


Figura IX.3. Recomendaciones para equipamiento de alumbrado en exteriores, España. ([Fuente: www.cielobuio.org](http://www.cielobuio.org)).

del conocimiento, la memoria y del bienestar humano. Por tanto el Diseño sustentable no solo debe tomar en cuenta factores de eficiencia energética y funcional sino ... también emocional. Por otro lado la práctica generalizada en el diseño de la iluminación urbana es realizar alumbrados con criterios homogéneos que prescinden, muchas veces, de las características singulares de los espacios urbanos y los requerimientos emocionales de los usuarios. Por lo que el objetivo principal de nuestra investigación es abordar el estudio sobre la iluminación urbana y las emociones de las personas, para posteriormente integrar las consideraciones de diseño lumínico en sentido emocional. La Tesis se sustenta en tres tópicos principales: Iluminación Artificial, Psicología de las Emociones y Diseño Emocional, en base a los cuales hemos planteado un Estudio Experimental para obtener los aportes de la investigación.

Con base a estos tópicos (de iluminación), se ha planteado nuestro Estudio Experimental. Uno de los logros, es haber realizado el Estudio Experimental con participantes de tres países diferentes; provenientes de la Universidades de Guadalajara México, la Universitat Politècnica de Catalunya en Barcelona España y la Université de Perpignan Via Domitia en Perpignan Francia, lo que nos permitió tener una perspectiva cultural y llegar a conclusiones sobre las emociones que pueden tener un origen relativo a la cultural o las que

tienen una influencia general a nivel ser humano. Finalmente se logró identificar algunas relaciones entre los parámetros lumínicos y las emociones con lo que se hace una propuesta de integración de las consideraciones emocionales en el Diseño Lumínico Urbano.”²⁹

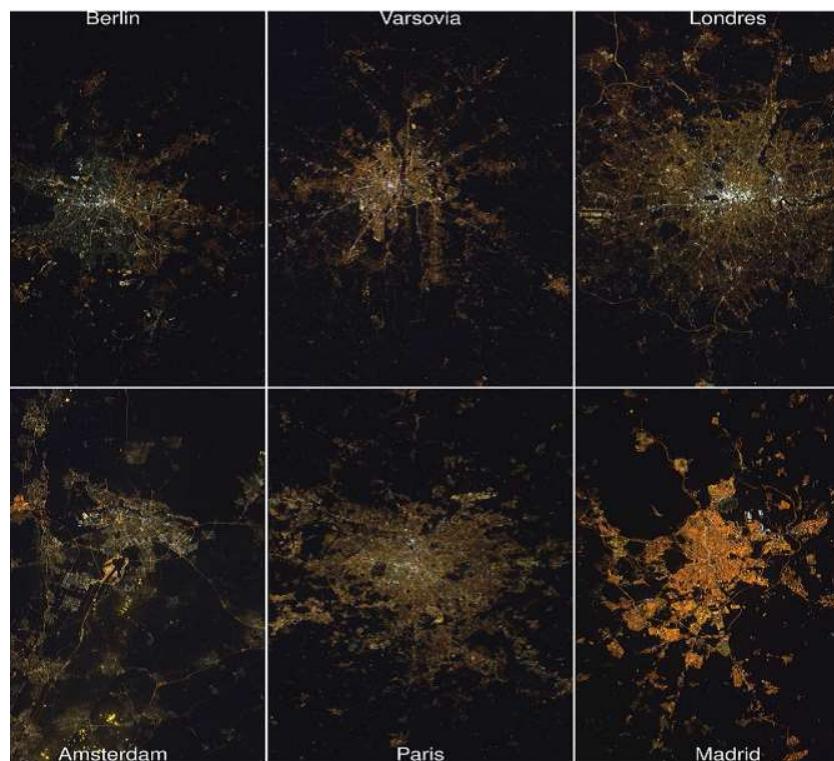


Figura IX.4. Imágenes de capitales europeas tomadas en una misma noche. (**Fuente:** Estación Espacial Internacional. www.citiesandnight.org)

5 Contaminación Visual

Definida a veces como congestión visual (Alemania), o polución estética (Francia), el término contaminación visual encapsula su naturaleza subjetiva, al considerarla como elementos visuales hechos por el hombre que generan incomodidad al mirarlos. Estos pueden incluir vallas, avisos viejos, señales, teléfonos, postes, cableados, desechos derramados, plástico en árboles, colillas de cigarrillos, excremento de mascotas, vertederos a cielo abierto, chatarra, tuberías oxidadas, pavimento roto, paradas deterioradas o

fachadas derruidas son ejemplos comunes. La contaminación visual incomoda, porque el ser humano posee una innata inclinación por lo estéticamente bello, como se podrá valorar con más detenimiento en el segmento final de este capítulo. Al enfrentar escenarios que se alejan de los patrones armónicos de belleza, el individuo termina por inclinarse naturalmente hacia una de tres opciones: A) intentando mejorar, corregir, o modificar el escenario; B) adaptándose a su incómoda manifestación, o C) alejándose de la fuente de perturbación. Las razones que determinan su inclinación a una u otra, no son importantes en este caso. Pero la inclinación es fácilmente observable. El confort o bienestar visual es afectado por la baja calidad estética y la inarmónica percepción de los espacios públicos, del paisaje natural y del paisaje urbano y de todo el entorno construido, y se percibe como contaminación visual combinada de muchos elementos: publicidad abusiva, orientación vial confusa y/o caduca, señalización inútil o deteriorada, tendidos de instalaciones obstruyendo el paisaje natural, chatarra abandonada, en algunos casos acumulada, escombros, desechos, escorrentías de aguas residuales a cielo abierto, y otros factores de afectación que afean el paisaje urbano y el paisaje natural. Para tener idea del rol que ejerce la belleza en el valor del suelo en el entorno construido, bastaría comparar el costo por m² de terreno en los diferentes sectores de una ciudad.

La contaminación visual es uno de los factores más comunes que afectan la salud física y mental del ser humano. Sus efectos son menos obvios que los generados por la contaminación físico-química u orgánica, porque la respuesta del organismo a ellos no es tan inmediata, como en el caso del ruido, del calor o de las substancias tóxicas. Sin embargo puede generar resultados acumulativos perturbadores, el más común de los cuales es el estrés, y aunque no es fácil detectar la conexión, puede llegar a desenlaces extremos en forma de estallidos repentinos de violencia, como indican algunos casos de este tipo en los titulares de tabloides en los últimos tiempos. Igualmente contribuyen a producir colapsos nerviosos, crisis de depresión, irritabilidad e incluso disfunción mental y cuadros esquizofrénicos u obsesivos, todos ellos factores de perturbación del bienestar y el confort, componentes de la calidad de vida. Los efectos de la contaminación visual pueden acumularse de forma individual o colectiva, y las causas de los estallidos sociales que vemos en todas partes están compartidas con esa acumulación y sus violentas descargas. Algunas fuentes definen la contaminación visual como:

“...un tipo de contaminación que... afecte o perturbe la visualización de algún sitio o rompa la estética de una zona o paisaje, y que

puede incluso llegar a afectar a la salud de los individuos o zona donde se produzca ese impacto ambiental,”³⁰

“La contaminación visual se refiere al abuso de ciertos elementos “no arquitectónicos” que alteran la estética, la imagen del paisaje tanto rural como urbano, y que generan, a menudo, una sobre estimulación visual agresiva, invasiva y simultánea. Dichos elementos son carteles, cables, chimeneas, antenas, postes y otros elementos, que no provocan contaminación de por sí; pero mediante la manipulación indiscriminada del hombre (tamaño, orden, distribución) se convierten en agentes contaminantes.”³¹

“La contaminación visual es el cambio o desequilibrio del paisaje, ya sea natural o artificial, que afecta las condiciones de vida y las funciones vitales de los seres vivientes.”³²

Para los fines de este estudio se puede definir la contaminación visual como:

“...el impacto en la imagen y fisonomía del entorno urbano causado por la acumulación de materia prima, productos, desechos, abandono de edificaciones y bienes materiales, así como violación en las densidades y características físicas de la publicidad.”³³

Esta definición puede hacerse extensiva al resto del entorno construido, con base en la manera en la cual se presentan los elementos contaminantes fuera del perímetro urbano. Estos contaminantes visuales son todos aquellos elementos que reducen o impiden la contemplación del entorno natural con su paisaje, o el entorno construido con su carga estética. Muchos de estos elementos pueden ser muy agresivos, y llegar a convertirse en una literal plaga (Fig. IX.5).

6 La Publicidad Abusiva

Una de las fuentes más obvias de contaminación visual es la publicidad abusiva. Comenzando por las expresiones más populares, las redes sociales han despertado al efecto que la comunicación sin reglas ejerce sobre el observador, y ya se han publicado protocolos de formalidad y etiqueta en la manera de presentar los mensajes en correos electrónicos, en “chats” y en “blogs”³⁴: P. Ej., las mayúsculas solo se deben usar como iniciales; y un texto todo en mayúscula es equivalente a hablar a gritos. En publicidad impresa, desde la prensa hasta las vallas, importa el tamaño. Un aviso con letras grandes, de colores brillantes con signos de admiración y grafismo



Figura IX.5. Una avenida en el centro de Ciudad de México

sugestivo se percibe como un alarido, con efectos similares a una persona vociferando. Las enormes vallas, pendones y murales del III Reich o la extinta Unión Soviética fueron representativas de ese tipo de comunicación apabullante, con efectos bien calculados, los cuales se pudieron comprobar a lo largo de las décadas de guerra fría.

Pero no fueron los nazis ni los bolcheviques quienes inauguraron este tipo de comunicación, que hoy se comercializa como “gigantografía”; los grandes imperios de la antigüedad, Egipto, Persia, Roma, y China, utilizaron monumentos descomunales para reafirmar tanto su poderío como el sometimiento de sus vasallos a la guía, tiránica o benevolente, del emperador de turno. Son célebres, por ejemplo, las gigantescas estatuas de Ramsés II, los grandes monumentos a los emperadores en Roma, el gran Coloso, hoy desaparecido, entre cuyas piernas debían pasar todos los navíos al puerto de Rodas en Grecia, y los enormes Buddhas que reciben a millones de visitantes cada año en docenas de santuarios en el continente asiático. Son todos ejemplos del intimidante impacto visual que la dimensión física ejerce sobre el espectador. Este efecto es resultado de lo que algunos analistas denominan “tensión percibida” o “tensión oculta”, que habla de invisibles líneas direccionales en la estructura visual de las imágenes, y que afectan de manera sutil al espectador.³⁵

Esta abusiva gigantografía no solo se aprecia en las enormes vallas publicitarias en avenidas, edificios y carreteras, sino que ha comenzado a invadir los espacios interiores de inmuebles públicos y privados. Es común ver los vagones del Metro de Caracas cubiertos por completo de publicidad, y las paredes de las estaciones tapizadas de piso a techo con enormes pegatinas de vinyl cubriendo fachadas interiores las cuales fueron cuidadosamente diseñadas por arquitectos, escogiendo con gran esmero el cromatismo de los revestimientos cerámicos de dichas paredes para inducir reposo y calma. De hecho, y con gran sentido estético, esos profesionales dejaron espacios de dimensiones moderadas adecuadamente seleccionados en marcos especiales sobre dichas paredes para colocar publicidad. Pero esos envolventes emplastes publicitarios, no solo son abusivos por el descomunal tamaño, sino que la gran mayoría tiene una calidad de diseño francamente deplorable. Las frenéticas estampidas de los usuarios en los últimos años son el mejor testimonio de este efecto. Hasta las puertas de los ascensores en edificios privados se utilizan como soporte improvisado de publicidad y las grandes fachadas de edificios de bajo costo financian sus gastos de mantenimiento con empapelados de publicidad, convirtiendo a la ciudad en una competencia a ver quién logra colocar la valla más grande, más fea o más vociferante, muchas de las cuales utilizan tácticas de publicidad subliminal con imágenes de connotación sexual disimuladas dentro del diseño, para reblanecer la resistencia del espectador.³⁶

Otro factor contaminante visual en el entorno construido son los grafitis, expresión de intención originalmente comunicacional, pero que se convirtió en una competencia de dimes y diretes visuales entre los jóvenes urbanos en un torneo de audacia a ver quién pinta su estilo de graffiti en el lugar más difícil de alcanzar o en el más desafiante a las autoridades policiales. Por otra parte, al ser tan personalizada, lo que originalmente era una poética e ingeniosa manera de expresión urbana informal, se convirtió en un culto a la audacia juvenil y un abuso de la propiedad privada que cuesta centenares de millones corregir. Los grafiteros insisten en un derecho a expresarse, pero utilizan fachadas y soportes ajenos para hacerlo, generando enormes gastos en recuperación y mantenimiento. La explosión de dicha práctica fue de tal amplitud que se multiplicó por todo el mundo promoviendo una industria multimillonaria con docenas de tipos diferentes de atomizadores de pintura, especialmente creada para grafitis.

Hoy hay unas 1.500 ciudades en el mundo que prohíben el uso de vallas. Sao Paulo hizo eliminar las 15.000 vallas que había en la ciudad, y el público

aplaudió. En muchas ciudades latinoamericanas, entre ellas Cartagena de Indias, Medellín, Curitiba, Rio de Janeiro, Brasilia, Porto Alegre, y Buenos Aires han reducido drásticamente o eliminado totalmente la publicidad en las calles³⁷. Sorprendentemente la industria publicitaria refloreció económicamente en los medios. En la mayoría de las ciudades que han regulado adecuadamente la publicidad para evitar la saturación y la intromisión en el espacio urbano, se permite la colocación de marquesinas comerciales a un tamaño único, y un estilo tradicional el cual permite apreciar la arquitectura, disfrutar los espacios, y recrear la vista (Fig. IX.6).



Figura IX.6. Una calle del Casco Histórico de Asunción, Paraguay.

La publicidad abusiva y apabullante no solamente afecta el bienestar y la calidad de vida del ser humano en el entorno urbano, sino que su presencia se extiende a todo lo largo y ancho del entorno construido. En carreteras y autopistas las torres de alumbrado afean el paisaje; en ellas se aprecian las invasivas vallas que rompen la línea del paisaje natural estableciendo casi un callejón de elementos contaminantes que embaúlan el campo visual hasta el punto de impedir ver el paisaje natural. El efecto pernicioso de la publicidad y otros elementos contaminantes, no solo se logra mitigar con regulación, sino que hay estudios conclusivos que establecen que las personas mejoran su rendimiento y eficiencia, su salud y su estado anímico con solo incrementar el área verde natural en sus campos visuales. Esto es válido, no solo en

las áreas exteriores a la ciudad, sino dentro del ámbito urbano y más aún dentro de las edificaciones específicas. Con las vallas se viola el derecho del ciudadano a contemplar el paisaje natural y resulta en una abusiva apropiación de espacios públicos destinados al disfrute de todos.³⁸

Preservar la armonía visual en el entorno construido exige estudiar la calidad estética del paisaje natural: Áreas verdes, parques, bosques, jardines. Una idea de la voluntad tan diversa que existe en algunos lugares respecto al uso y distribución de áreas verdes, la ofrece el contraste entre dos ciudades:

Áreas verdes por habitante:	Edmonton, Canadá:	5.629 m ² /hab.
Áreas verdes por habitante:	Ciudad Juárez, México:	0,00 m ² /hab ³⁹

Considerando el elemento natural tanto en términos de la configuración artificial del jardín, como de las especies silvestres que existen, y del paisaje urbano: la línea visual de las construcciones encadenadas en el horizonte urbano incluye el perfil de edificaciones, la coherencia entre ellas, la visión serial y de continuidad que capta el peatón, y la cubierta envolvente de cada edificación con sus acabados. También incluye la visión del flujo: el piso o calzada de las caminerías, pasos peatonales, veredas y senderos, incluyendo las escaleras, antepechos y barandales, la textura y patrón cromático de dicho suelo, el cambio de texturas y acabados, los espacios de salida y el efecto de bordes. Es aquí donde cobra importancia el modo como actúan los colores sobre los sentimientos y la razón.⁴⁰

En conclusión La contaminación visual urbana es un fenómeno de afectación de características peculiares, debido a que no se transmite a través de un vector sobre el que se pueda actuar. Por lo tanto, el trabajo de las autoridades debe orientarse principalmente hacia su origen, es decir, la descontrolada proliferación de publicidad. Es por ello que la solución a esta problemática debe basarse, principalmente, sobre un adecuado marco normativo, con un eficiente ejercicio de control municipal, que tienda a proteger a los habitantes, incluyendo la protección al patrimonio arquitectónico de los indiscriminados ataques de la cultura del consumismo y la competencia por el mercado local, que se manifiesta en una superposición permanente de anuncios de dudosa legalidad, y en muchos casos, de un cuestionable valor estético.⁴¹

7 Estética y Calidad de Vida

Hablar de estética en ingeniería ambiental resulta incómodo para muchos investigadores, y es posible que ese recelo tenga algo que ver con las

funciones de los hemisferios del cerebro que citan los psicólogos, los cuales asocian la razón y el razonamiento deductivo, el habla, las definiciones y conceptos, el cálculo y los valores cuantitativos a las funciones del hemisferio izquierdo, mientras que le asignan la intuición, la metáfora y el simbolismo, las analogías, la poesía, la imaginación, la fantasía y los sueños a las funciones del hemisferio derecho. Para algunos ingenieros la palabra “estética” tiene solo connotaciones asociadas la industria de los cosméticos. Sin embargo las ciudades más atractivas en todo el mundo son precisamente los que han incluido ese concepto en la armoniosa configuración técnica, científica y cuantitativa de sus espacios, combinados con expresiones de especial belleza. Hay mucha cautela en ciertos sectores del estamento científico cuando se intentan analizar factores de difícil cuantificación como belleza, armonía, cromatismo, contraste, claroscuro, textura, ritmo visual⁴², visión serial, hito y lugar, viscosidad y fluidez focal, cambios de nivel, visión expandida o focalizada⁴³, y otros conceptos que pertenecen a la estética. De todas maneras se sabe que cada proyecto urbano en el Nuevo Urbanismo comienza con un sueño vago en la imaginación participativa de varios creadores; este va tomando paulatinamente forma mental; pronto comienza a necesitar dimensiones; aproximadas al principio, pero más y más precisas a medida que se añaden detalles, se seleccionan materiales y componentes y se plasma en formas modelos y figuras, para terminar en planos, textos y dibujos. El método ha sido profusamente detallado desde hace más de treinta años (Alexander, 1979).⁴⁴

El hombre ha buscado rodearse de imágenes bellas desde el principio. Las expresiones artísticas más antiguas conocidas de aquellos seres primitivos –como homínidos diferenciados de los primates– son las muestras de arte rupestre para ayudarse en la caza, plasmadas en las cuevas de Sulawesi, Indonesia, hace unos 41.000 años (M. Aubert 2014)⁴⁵. Para quienes duden que la estética juegue algún papel en la sustentabilidad y la calidad de vida, cabe rememorar su indiscutible rol en el entorno natural, pues aparece de manera transversal sobre todos los demás factores. Solo basta observar la musculatura de un caballo al galope, o el estilizado cuerpo de un guepardo en su carrera de predador, el ondulante vuelo de las golondrinas, el acecho de un jaguar, o las volutas que da un cardumen en el agua. Casi todas las personas han suspirado ante un crepúsculo, han escogido cuidadosamente las flores de un ramo, o han sentido estremecimientos bajo una pieza de música inspiradora. Lo mismo sucede al escoger el color de un esmalte para la pared, o el de un traje de vestir; o al apreciar el plumaje de un ave exótica, contemplar las monumentales descargas eléctricas en una tormenta, o ad-

mirar un gran automóvil, o un bien formado cuerpo; la mente se sumerge en una contemplación estética, y aunque rara vez se comprenda claramente cómo se siente ni de donde proviene, sigue siendo inherente al ser vivo.

Una estética pobre en el diseño y configuración del entorno construido conduce al rechazo, a la inefficiencia laboral, al abandono social y al progresivo deterioro, tal como lo atestiguan las ciudades fantasmas de Corea del Norte y China: enormes especies de colmenas humanas frías y secas, destinadas a alojar a millones de habitantes de desarrollos informales, pero que quedaron solas por la tristeza que embarga a quienes luego de vivir en sus vecindades marginales, se vieron forzados a ocuparlas y terminaron abandonándolas. La razón es que aunque se sabe que los sistemas ambiente-humanos operan como sistemas cerrados y altamente adaptables, no solo desde el punto de vista climático, sino desde el punto de vista socio-político y cultural, pueden causar sorpresa las reacciones y respuestas aparentemente inexplicables del ser humano, resultado de un entretejido de factores solamente discernibles por vía de la satisfacción del que la experimenta. Porque se trata no de la *cantidad*, sino de la *calidad* de vida, y para poder estimular positivamente al ser humano, la ciudad debe tratarse como un enorme lienzo en el cual el planificador o el urbanista, organiza como lo hace el artista, los componentes que tiene a mano para guiar al usuario a disfrutar del recorrido o una estadía corta o larga (Torres P. 2001)⁴⁶. Resulta grato, por ejemplo, caminar por las grandes Plazas de Barquisimeto, o por las calles de la Vela de Coro, porque hay una visión serial producto de la secuencia de visiones que se presentan al transeúnte. En Caracas, por ejemplo, se puede caminar desde la Plaza Brío hasta la Plaza Venezuela sin sentir el atropello. No se puede decir lo mismo de la Avenida Universidad, porque se es arrastrado a un frenesí parecido al de las hormigas en ruta al hormiguero: no es fácil hacer un trayecto pausado y en sostenida línea recta, sino que el peatón debe esquivar cada dos o tres metros al que viene presuroso en dirección contraria. En la visión serial se utiliza el diseño de fachadas, de calzadas, de mobiliario urbano, y de texturas para sugerir senderos y rutas. Los espacios y los muros que los bordean se configuran para que los disfrute el ser humano, no para que huya de ellos y se refugie en su dormitorio, que es lo que sucede cuando los urbanistas diseñan como si estuviesen manipulando tacos en una guardería, para que la ciudad se vea linda en la presentación o desde el aire, y no para contemplarla a la altura de los ojos del ciudadano en sus diversas actividades diarias. Es aquí donde entra en juego la “sintaxis espacial” (Stonor 2010)⁴⁷, ese elemento clave del lenguaje visual refinado, optimizado y sabiamente aplicado sobre el entorno

construido los cuales utilizan los nuevos urbanistas para generar en el ser humano sentimientos y emociones con el modelado del movimiento urbano. Es la maestría de ese lenguaje visual lo que permitirá conformar el entorno construido para conducir al usuario al más amplio y sostenido confort visual.⁴⁸

Finalmente, en el entorno construido fuera y dentro del ámbito urbano, hay maneras inteligentes de canalizar y dirigir la respuesta del usuario con la visión serial (Cullen G. 1971)⁴⁹. Se puede comprender mejor este punto si enfocamos el vertiginoso ritmo de algunas ciudades, en especial en horas pico. La mayoría se desplaza como en una competencia de maratón, con un paso vivaz, adelantando a todo el que este enfrente, escabulléndose por los costados, y penetrando cada rincón, cada brecha, cada espacio. Nadie tiene ocasión ni tiempo de reconocer caras; pocos se enfrascan en conversación, y esta es una tendencia que se extiende hasta las calles y los vehículos. No hay un flujo sereno, tranquilo y pausado, sino todos marchan de manera frenética hacia sus casas, sus encomiendas, sus trabajos, sus escuelas. Pero para que el entorno construido resulte grato para el transeúnte, debe haber estímulos agradables, debe haber factores que disminuyan el frenesí de movilidad, en el cual todo el mundo tropieza a todo el mundo y no hay espacio para pedir permiso, para sortear obstáculos o para la cortesía. Esta es la marca de la *ciudad frenética*. Se necesita reconfigurar estéticamente sus espacios para lograr la *ciudad pausada*.

“En cualquier entorno que construimos, sea una habitación, un jardín, una vecindad. Lo que más importa siempre es que cada parte de ese entorno intensifique la vida. (con eso) ...queremos decir que intensifique la vida humana, la vida animal, la vida emocional, la vida de las tormentas, de vida de las plantas, de la hierba, de los lirios, la vida de los peces en el agua, de las aves, la vida de la bondad humana, en un espacio que no sea fácil descubrirla.” (Alexander 2012).⁵⁰



Figura IX.7. Ejemplos de contaminación visual; Izq, calle de Pereira, Colombia. Derecha, poste en la Urb. El Valle, Caracas.



Figura IX.8. Dos muestras publicitarias de contenido subliminal: Izquierda, un aviso de jeans en países árabes. Der: Aviso de cerveza.

NOTAS

¹ Seligmann, K. (1971). *Magic, Supernaturalism and Religion*, Pantheon Books, London.

² www.smitsonian.com 2013; National Geographic, Junio 2011.

³ Bucke, R. (1969) *Cosmic Consciousness. A classical investigation of the development of man's mystic relation to the infinite*. Dutton Paperback, N. Y.

⁴ Santa Biblia, Génesis, 1:28.5 Bergoglio F. (2015) “*Laudato SI*”. Capítulo Segundo, Sección II, Vers. 66: “...desnaturalizó también el mandato de dominar” la tierra (cf. Gn 1,28) y de “*labrarla y cuidarla*” (cf. Gn 2,15).

- ⁶ Bronoski, J. (1983).*The Ascent of Man*, BBC1 Documentaries Series.
- ⁷ UN Habitat, (2015). *International Guidelines on Urban and Territorial Planning*.
- ⁸ UN Habitat (2014).
- ⁹ *American Journal of Preventive Medicine*, August 2012.
- ¹⁰ de Rosnay, J., *Le Macroscopic*, 2002.<http://pespmc1.vub.ac.be/macrbook.html>.
- ¹¹ Ibid.
- ¹² Senge, P. (1992). *The Fifth Discipline*, Century Business.
- ¹³ Si se considera la cama como un símbolo de comodidad necesaria, un símbolo de comodidad redundante sería el cuchillo eléctrico.
- ¹⁴ Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress Report, 2009.(Citado en: *Subjective Well-Being: Measuring Happiness, Suffering, and Other Dimensions of Experience*. National Academies Press. Panel on Measuring Well-Being, NAP 2013, Washington D. C. www.nap.edu
- ¹⁵ *Subjective Well-Being: Measuring Happiness, Suffering, and Other Dimensions of Experience*. National Academy Press 2013.http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18548
- ¹⁶ DRAE 2013.
- ¹⁷ Ibid.
- ¹⁸ *Quality of life*, World Health Organization 2000.
- ¹⁹ Gabaldón, A. 2008. La Urbanización Sustentable. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, Boletín Nº 17.
- ²⁰ Méndez, V. C. 2013. La Contaminación visual de espacios públicos en Venezuela. *Revista Gestión y Ambiente*, Vol 16, Nº 1. Medellín
- ²¹ <http://www.saludgeoambiental.org/que-es-salud-geoambiental>
- ²² GPC (Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories),www.ghgprotocol.org/city-account.
- ²² Manifiesto Para las Ciudades, Campaña Urbana Mundial. 2012.
- ²³ Alteración relevante del orden temporal interno de los ritmos circadianos fisiológicos y conductuales. Catálogo de Exposición “El Lado Oscuro de la Luz: Contaminación Lumínica”. Museo de la Ciencia y el Agua, Ayuntamiento de Murcia, España 2015.

- ²⁶ Catálogo de Exposición “El Lado Oscuro de la Luz: Contaminación lumínica”. Museo de la Ciencia y el Agua, Ayuntamiento de Murcia, España 2015.
- ²⁷ Conferencia Internacional en Defensa de la Calidad del Cielo Nocturno y el Derecho a Observar las Estrellas, reunidos en La Palma, Islas Canarias, España, Abril de 2007, con representantes de la UNESCO, OMT, IAU, PNUMA-CMS, CE, SCDB, COE, Programa MaB y Convención Ramsar.
- ²⁸ Ing. Manuel R. Sosa-BBC Mundo - Noticias – Cómo resolver el problema de la contaminación lumínica. http://www.bbc.co.uk/mundo/movil/noticias/2012/01/120118_contaminacion_luz_lp.shtml
- ²⁹ Calvillo Cortés, A. 2013. Luz y emociones: estudio sobre la influencia de la iluminación urbana en las emociones; tomando como base el diseño emocional. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Construccions Arquitectòniques
- ³⁰ https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_visual
- ³¹ <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamVis.htm>
- ³² Universidad Nacional de Colombia (web).<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/Reflexiones/Contaminacion2.html>
- ³³ Ordenanza sobre Rayados, Pintas y Grafitis. Instituto de Protección Civil y Ambiente del Municipio Chacao del Estado Miranda, Caracas, Distrito Capital (2010, p.3).
- ³⁴ <https://es.wikipedia.org/wiki/Netiqueta>
- ³⁵ Arnheim, R. 1979. *Arte y Percepción Visual*. Alianza, Madrid
- ³⁶ Packard, V. 1977. *The Hidden Persuaders*, London.
- ³⁷ <http://www.economist.com/printedition/2007-10-13>
- ³⁸ <http://www.worldenvironment.tv/green-news/88-sustainable-development/1696-visual-pollution>
- ³⁹ OECD Factbook 2014.
- ⁴⁰ Heller, E.,2004. *Psicología del color*. Gustavo Gili, Barcelona 2004.
- ⁴¹ <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/Reflexiones/Contaminacion2.html>
- ⁴² Berger, J. 1972. *Ways of seeing*. Penguin, London.
- ⁴³ Cullen, G. 1971. *Townscape*. Blume Architectural Press.
- ⁴⁴ Alexander, C. 1979. *The Timeless Way of Building. A Pattern Language, The Oregon Experiment*, Oxford Univ. Press.

- ⁴⁵ <http://www.livescience.com/48200-oldest-cave-art-indonesia.html>
- ⁴⁶ Torres Parra, M. 2001. La calidad de cualquier servicio es función de la satisfacción del cliente o usuario. *Boletín N° 2, Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat.*
- ⁴⁷ Stonor, T. 2008 *Space Syntax®* 2008. www.spacesyntax.com
- ⁴⁸ *Les 14 Cibles Démarche Haut Qualité Environmental, Qualité Environnemental des Bâtiments*, 2013.
- ⁴⁹ Cullen, G. 1971. *Townscape*. Blume Architectural Press, London.
- ⁵⁰ Alexander, C. 2012. *Battle for the Life and Beauty of the Earth*. Oxford University Press.

Reinaldo Martínez

CAPÍTULO X

CAMBIO CLIMÁTICO

Introducción: alcances del capítulo

La ingeniería ambiental, como un área de la ingeniería, está fundamentalmente ligada al desarrollo de estudios de carácter multidisciplinario e intersectorial. Hoy día, esa multidisciplinariedad es mucho más necesaria para discernir, interpretar y aportar soluciones a las consecuencias de fenómenos naturales o inducidos¹ cuya naturaleza compleja transciende las fronteras del ámbito estrictamente ambiental. Los estudios multi disciplina y multi sectoriales permiten ampliar y profundizar en la identificación y determinación de la vulnerabilidad, la resiliencia y la respuesta de los recursos naturales y de los sectores productivos ante un clima que desafía a la humanidad de formas imprecedentes (Nagy *et al.* 2017). De igual forma, la identificación y evaluación de los impactos presentes y futuros del cambio climático, cuyas consecuencias se han traducido en grandes desastres e impactado la economía, requiere el trabajo conjunto de múltiples disciplinas. En particular, el papel que se espera de la ingeniería ambiental en Venezuela, dentro del amplio y creciente ámbito de disciplinas necesarias para comprender el fenómeno del cambio climático, es que se vincule estrechamente con el desarrollo de tecnologías más limpias y autóctonas que aprovechen las bondades y fortalezas del país en relación con fuentes alternativas de energía renovables, así como con el desarrollo de herramientas y procesos expeditos para la atención temprana a los desastres que se suceden tras los eventos extremos que han afectado al país en la últimas décadas. Sus aportes para el desarrollo de una ingeniería que facilite la transición de un país con el petróleo como base fundamental de su desarrollo hacia uno cuya matriz energética se asiente sobre éste, pero más en las energías hídrica, eólica y solar, resultan estratégicos de cara a las evidencias recientes de que los efectos del cambio climático en Venezuela comprometen el desarrollo sustentable del país (ACFIMAN, 2018).

Existen preceptos que el estudiante de ingeniería ambiental debe tener muy en cuenta cuando estudia el cambio climático. Debe tomar conciencia de que no es un problema ambiental causado por la contaminación atmosférica, sino un problema de y del desarrollo, generado por actividades humanas que directa o indirectamente alteran el comportamiento del clima. El

estudiante también debe tener presente que el nivel y profundidad del conocimiento sobre este fenómeno climático, está permanentemente ampliándose y profundizándose, razón para que tome la información, tanto presentada en este capítulo y en otras fuentes acreditadas, como actualizaciones del tema y no como conclusiones, si bien existen conceptos y procesos fundamentales que mantienen su vigencia y pertinencia. Estudiar y buscar soluciones al problema del cambio climático no es exclusivamente un asunto tecnológico, por lo que la ingeniería es una más de las muchas y diversas disciplinas claves y necesarias. De allí que los currícula de las universidades más reputadas a escala global, han incorporado el estudio del cambio climático como un área estratégica en la formación integral de estudiantes de todas las carreras, existiendo al presente, cátedras de obligatorio u opcional estudio, postgrados específicos y centros de investigación dedicados al análisis y soluciones del problema, desde una plataforma multidisciplinar (Ferrara de Giner *et al.*, 2012; Nagy *et al.*, 2017). Finalmente, el estudiante debe analizar el problema del cambio climático desde una perspectiva espacio-temporal en atención a las diferencias de escala, de velocidad e intensidad, de los cambios que el clima ha experimentado y de los proyectados a futuro, bajo una visión prospectiva de corto, mediano y largo plazo.

Se espera que la información aportada en este capítulo, sirva de apoyo a los estudiantes de ingeniería ambiental para mayor y mejor conocimiento y comprensión de la naturaleza, alcance y complejidad del fenómeno del cambio climático y, en particular, despierte el interés por involucrarse profesionalmente con el desarrollo de nuevos referentes en la concepción, diseño y aplicación de una ingeniería capaz de apoyar al país en su necesario tránsito hacia una ruta clima-resiliente² de cara a lo proyectado por los nuevos escenarios climáticos para lo que resta del siglo XXI.

Partiendo del hecho de que el cambio climático es un problema de y del desarrollo, su estudio, desde cualquier disciplina, requiere de una sólida comprensión no sólo de la ciencia del clima, sino de su importancia para la toma de decisiones vinculadas a la investigación, al desarrollo tecnológico y a la política pública. En consecuencia, este capítulo proporciona información básica sobre aspectos conceptuales y físicos, normativos y de política pública sobre el cambio climático a escala global, regional y nacional.

El capítulo está estructurado en 4 secciones: En la sección 1 se abordan conceptos de partida y procesos naturales e inducidos que intervienen en el funcionamiento del sistema climático, necesarios para comprender las diferencias claves entre el cambio climático como fenómeno climático derivado

de las actividades humanas y, los cambios derivados de la variabilidad climática natural y eventos extremos. En la sección 2 se revisa la ciencia del cambio climático sobre la base de recientes hallazgos presentados por la comunidad científica global, principalmente agrupada en el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) como organización científica de apoyo a la Convención Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático (CMNUCC), así como en centros de investigación y universidades nacionales y del extranjero. Se discute acerca de las repercusiones e interrelaciones del cambio climático con la dinámica de la población humana, como uno de sus principales forzantes antrópicos, así como la respuesta de algunos ecosistemas naturales y construidos y sectores productivos, con relación a los impactos, el nivel de vulnerabilidad y el potencial de adaptación, tanto a nivel global, regional y para Venezuela. En la sección 3 se distingue entre la adaptación y la mitigación (A&M) como las acciones de política climática acordadas para abordar los efectos del cambio climático y se discute acerca de las ventajas y limitaciones de estas medidas. Finalmente, en la sección 4 se describen los nuevos escenarios climáticos y su utilidad en la formulación de políticas climáticas de carácter prospectivo hacia el horizonte 2100 en respuesta a los acuerdos internacionales del clima y su utilidad en la escogencia de la ruta de desarrollo clima-resiliente, a escala global y para Venezuela.

1 Conceptos de partida y aspectos físicos del cambio climático

En esta sección se abordan conceptos de partida y algunos procesos naturales e inducidos que intervienen en el funcionamiento del sistema climático con la intención de dar al estudiante de ingeniería ambiental un marco de referencia básico que le apoye en el proceso de comprender la amplitud y multi factorialidad del tema, así como de reconocer la importante vinculación de su disciplina con el resto de las áreas del conocimiento.

Si bien en tres de los capítulos precedentes: I. Generalidades del ambiente; III. Recurso aire; y VI. Contaminación ambiental, se abordan algunos términos que están relacionados con cambio climático, es necesario enfatizarlos y principalmente, abordarlos de forma interrelacionada. El estudiante por tanto, debe hacer uso integrado de los conceptos propios del cambio climático, numerosos y necesarios, con el marco conceptual de áreas que le puedan resultar ajena a su disciplina, como la economía y la política, por ejemplo, pero que necesita incorporar a sus conocimientos formales como ingeniero, y en particular, como ingeniero ambiental.

1.1 Conceptos de partida

En promedio, estudiantes y profesionales vinculados al área ambiental, no están lo suficientemente familiarizados con las diferencias entre conceptos de uso común, dando por sentado que les son conocidos. Es el caso de conceptos como tiempo atmosférico, clima, variabilidad climática, efecto invernadero, efecto de invernadero, sistema climático, cambios globales, calentamiento global, cambio climático. No es objeto de este capítulo explicar detalladamente cada uno de estos conceptos, por lo que se recomienda su repaso en textos especializados. Pero sí es un objetivo preciso, señalar y presentar algunos ejemplos de conceptos que son determinantes para comprender qué es cambio climático, además de destacar las implicaciones espacio-tiempo-función que estos conceptos establecen.

1.1.1 El clima.

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM por sus siglas en inglés), en sentido estricto, el clima:

“es el estado promedio del tiempo atmosférico incluyendo su variabilidad, en una región geográfica.”

El IPCC (2014a) utiliza un concepto más riguroso al considerarlo:

“la descripción estadística en términos de la media y la variabilidad de las cantidades relevantes de elementos meteorológicos³ durante un período de tiempo desde meses hasta miles o millones de años.”

El clásico período para promediar estas variables es de 30 años, según lo definido por la OMM. Las variables más relevantes son variables superficiales como temperatura, precipitación y viento. Clima en un sentido más amplio es el estado, incluida una descripción estadística, del sistema climático.

En la figura X.1 se muestra un climadiagrama a través del cual se representa el clima en dos ciudades que presentan características muy diferentes en los principales factores que determinan el clima: latitud, altitud y distancia al mar. Del lado izquierdo está representado el clima en la ciudad de Roma y del lado derecho, el clima en la ciudad de Caracas, a lo largo de los meses de un año. En el eje de las coordenadas (eje Y) se indica la temperatura en grados centígrados (°C) en color rojo y la precipitación en milímetros (mm), en color azul. En el eje de las abscisas (eje X), están representados varios elementos meteorológicos: la barra de color verde con números representa el porcentaje de humedad relativa; la barra amarilla representa el nivel de

insolación solar, donde el número se refiere a los días donde ese valor está por encima del valor promedio; y la barra azul, representa las fluctuaciones de la precipitación con números, que indican los días en los que se ha mantenido ese nivel de lluvia. Es evidente que ambas ciudades tienen climas diferentes y que éste fluctúa a lo largo del año, más acentuadamente en Roma que en Caracas. La latitud y la altura respecto al nivel del mar, son también muy distintas entre ambas ciudades. El climadiagrama es una representación confiable del comportamiento del clima a lo largo de un período de tiempo corto, en este caso de un año, donde se registran fluctuaciones y diferencias importantes. Incluso se puede llevar un registro más detallado de cada mes y de cada día. Ese registro más detallado revela la variabilidad natural del clima (sus patrones y anomalías), en el caso del ejemplo analizado, de un año. Un período de registro del clima de un año, es conveniente, por ejemplo, para toma de decisiones de corto plazo en la industria agrícola, en la industria de los alimentos, o en las empresas hidrológicas, al servir de insumo para asignación presupuestaria para un año fiscal determinado.

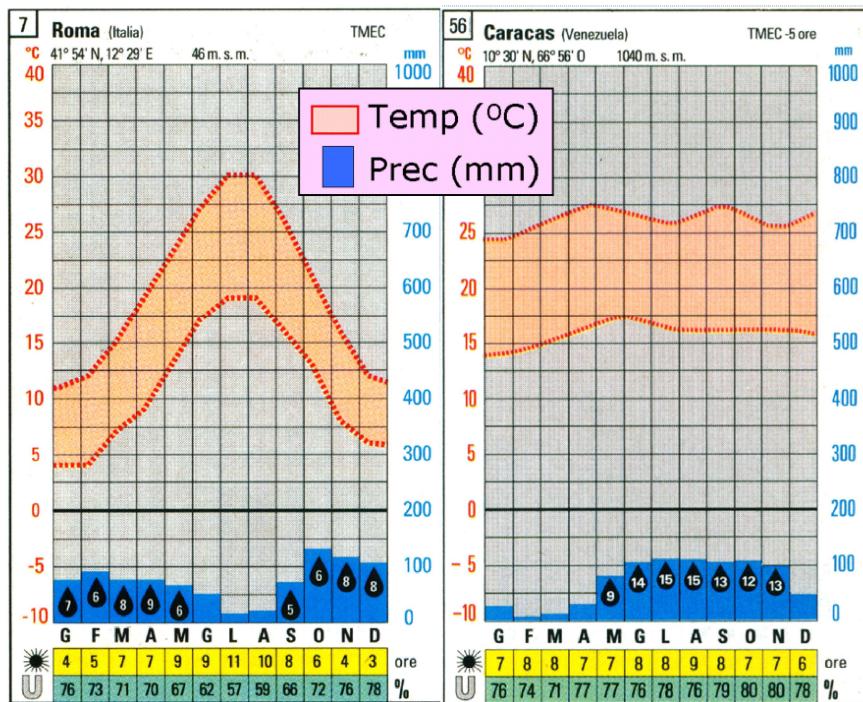


Figura X.1. Climadiagrama que representa el clima de las ciudades de Roma y Caracas. (Tomado de: Martelo, 2015).

Al tratarse de cambio climático, debe necesariamente contarse, al menos, con 30 años de registros, que incluyan, además de los elementos meteorológicos antes referidos en el ejemplo del clima en Roma y Caracas, los Gases de Efecto invernadero (GEI), y datos sobre cambios de uso del suelo, cambios de cobertura vegetal y en la criósfera, así como fluctuaciones en el nivel del mar. Para los nuevos escenarios integrados del clima que maneja el IPCC (2014), se trabaja con estas tres escalas temporales: presente; corto plazo del 2030 al 2040 y largo plazo, del 2080 al 2100. Las proyecciones de corto y mediano plazo, requieren de datos observados y registrados, que cubran la mayor escala temporal retrospectiva posible. De esta manera, se cuenta con suficiente información que permite, por una parte, diferenciar los cambios de clima derivados de la variabilidad natural; distinguir patrones climáticos y, en particular, detectar y atribuir⁴ cambios (observados y proyectados) que sean causados por el cambio climático, o por otros forzantes naturales o por forzantes inducidos. Por ello, la escala temporal ideal para analizar el comportamiento del clima cuando se trabaja en cambio climático, es aquella que abarque la mayor serie de tiempo y la toma sistematizada de datos. Espacialmente, la escala también es determinante, pero ésta podrá ser detallada o menos detallada en función de la superficie de territorio que se desee analizar. Normalmente se trabaja a escalas global, regional y local, siendo la más conocida y utilizada, la escala global.

1.1.2 Sistema climático

Definido por el IPCC (2014a) como un sistema altamente complejo, consta de cinco componentes principales: la atmósfera, la hidrósfera, la criósfera, la litósfera y la biósfera y las interacciones entre ellos⁵. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y debido a forzamientos externos, tales como erupciones volcánicas, variaciones solares y, forzamientos antropogénicos como la composición cambiante de la atmósfera y el cambio de uso del suelo. En otras palabras, el sistema climático es el resultado de todas las interacciones entre la atmósfera, la hidrósfera, la criósfera, la biósfera y la geósfera.

El estudio del cambio climático implica el estudio de cada componente del sistema climático, tanto por separado como interrelacionado con el resto del sistema. Es quizás el concepto donde el rol de cada disciplina y la necesidad de la multidisciplinariedad se hacen más evidentes, necesarios y complementarios, si se aspira a comprender mejor el conjunto de relaciones que tienen lugar en el sistema climático, donde ocurre el fenómeno de cambio

climático. En la figura X.2 se representa de manera esquemática algunas de las interrelaciones que tienen lugar en el sistema climático.

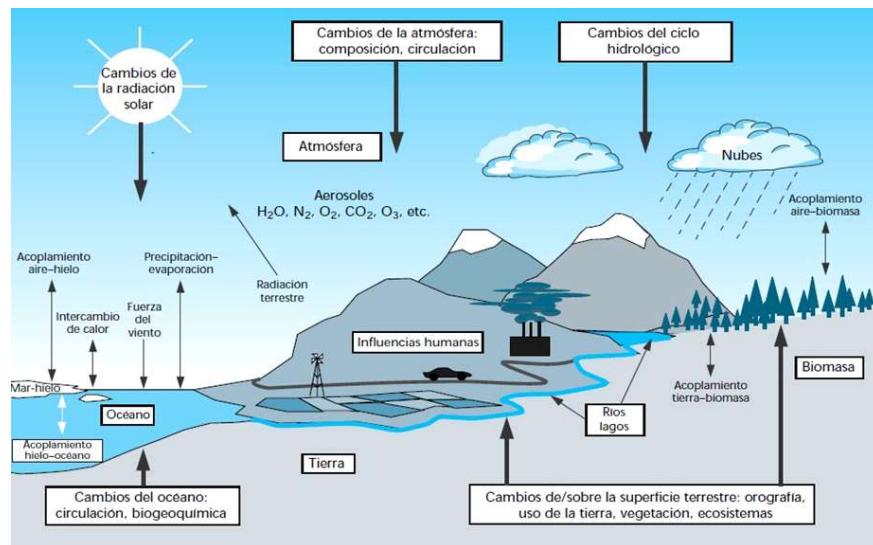


Figura X.2. Representación esquemática del sistema climático y las interrelaciones entre sus componentes: la atmósfera, la hidrosfera, la criósfera, la litosfera y la biosfera. (Tomado de IPCC, 1997).

Las flechas indican la dirección de los flujos de estas interacciones, diferenciando entre los cambios (flechas más gruesas) y las interacciones *per se* (flechas más delgadas) entre las interfases que se dan entre componentes.

El cambio climático tiene efectos que transversan el sistema climático al interferir con su equilibrio energético y en consecuencia, modificar su funcionamiento. Esta transversalidad se puede medir e identificar a través de sinergias y retroalimentaciones entre los componentes o en cada componente, e identificando afectaciones inducidas por éste, a procesos (por ejemplo, alteraciones en la interfase atmósfera-océano), a sistemas naturales (por ejemplo, alteración de la composición florística de bosques de alta montaña), a sistemas transformados o construidos como también se les conoce (por ejemplo, afectación a cuerpos de agua confinados en embalses) y a sistemas productivos (como la agricultura, la economía, la gobernanza, los sustentos locales, las ciudades). En la figura X.3 se muestra un esquema que representa algunas de las interrelaciones del cambio climático dentro del supra sistema Tierra, con el sistema climático, los sistemas transformados o construidos, los aspectos socioeconómicos y los forzantes de proce-

sos climáticos, que deben ser tomadas en cuenta a la hora de analizar problemas ambientales y de proponer soluciones de ingeniería para este tipo de problemas, los cuales como se ha señalado, tienen múltiples repercusiones, no siempre evidentes, ni rastreables.

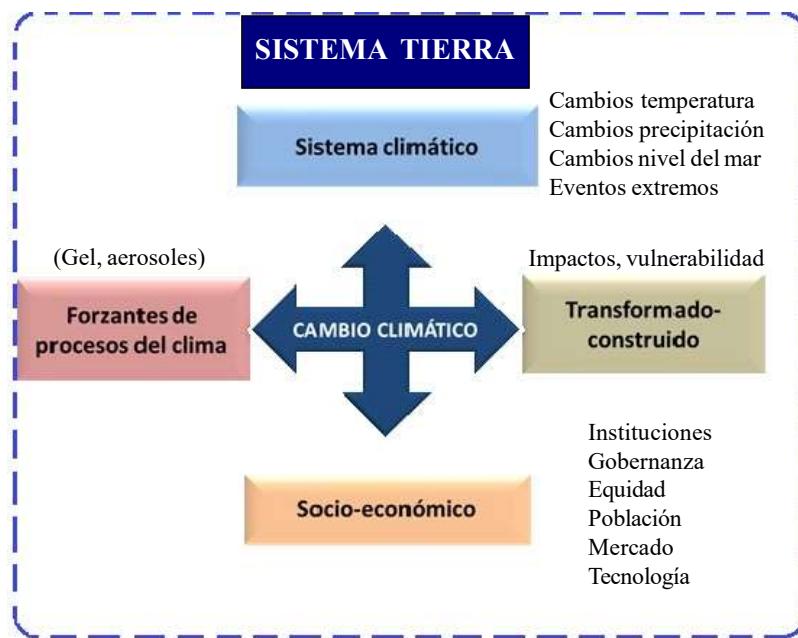


Figura X.3. Representación esquemática de las interrelaciones que ocurren en el sistema climático. (Adaptado de: IPCC, 2007).

1.1.3 Forzamiento radiativo

Es el cambio neto de flujo radiativo expresado en W/m^2 , en la tropopausa o en el tope de la atmósfera, debido a un cambio en un tensor climático, como por ejemplo un cambio en la concentración del dióxido de carbono (CO_2), o en la radiación solar. El forzamiento radiativo tradicional se calcula fijando las propiedades troposféricas en sus valores no perturbados y luego permitiendo temperaturas estratosféricas, si se perturba, a reajustar al equilibrio radiativo dinámico. El forzamiento radiativo se llama instantáneo si no se tiene en cuenta ningún cambio en la temperatura estratosférica. Una vez que se tienen en cuenta los ajustes rápidos, se denomina forzamiento radiativo efectivo. El forzamiento radiativo no debe confundirse con nube de forzamiento radiativo, que describe una medida no relacionada del impacto de las nubes en el flujo radiativo en la parte superior de la atmósfera.

1.1.4 Variabilidad climática

La variabilidad climática se refiere a variaciones en el estado medio y otras estadísticas (como las desviaciones estándar, la ocurrencia de extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más allá de los eventos meteorológicos individuales. La variabilidad puede deberse a procesos naturales internos dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en el forzamiento externo natural o antropogénico (variabilidad externa). En términos generales, la variabilidad climática es el conjunto de cambios en las condiciones de tiempo y clima a todas las escalas de tiempo y espacio.

1.1.5 Efecto invernadero

Es el efecto radiativo infrarrojo de todos los componentes absorbentes de infrarrojos en la atmósfera. Los gases de efecto invernadero, nubes, y (en pequeña medida) los aerosoles absorben la radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra y en otras partes de la atmósfera. Estas sustancias emiten radiación infrarroja en todas direcciones, pero, en igualdad de condiciones, la cantidad emitida al espacio es normalmente menor que la que se habría emitido en ausencia de estos absorbentes debido a la disminución de la temperatura con la altitud en la tropósfera y el consiguiente debilitamiento de la emisión. Un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero aumenta la magnitud de este efecto; la diferencia se llama a veces “efecto invernadero mejorado”. El cambio en una concentración de gases de efecto invernadero debido a las emisiones antropogénicas, contribuye a un forzamiento radiativo instantáneo. La temperatura de la superficie y la tropósfera son cálidas en respuesta a esto, restaurando gradualmente el equilibrio radiativo en la parte superior de la atmósfera.

1.1.6 Gases de efecto invernadero (GEI)

Constituyentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de la radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad provoca el efecto invernadero. Los principales GEI son: Vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y el ozono (O_3). Existe también en la atmósfera, una serie de GEI hechos por el hombre como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromo, normadas por el Protocolo de Montreal⁶. Adicionalmente, el Protocolo de

Kyoto⁷ norma otros gases de efecto invernadero como el hexafluoruro de azufre (SF_6), hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC). Es de primordial importancia que el estudiante distinga entre efecto invernadero y efecto de invernadero. La sutileza gramatical que genera la preposición “de” hace la diferencia entre el fenómeno natural del efecto invernadero y el efecto de aquellos gases que tienen la propiedad de contribuir con el calentamiento adicional de la baja atmósfera, por lo que tienen efecto de invernadero.

1.1.7 Cambio global

Término genérico que describe los cambios a escala global en los sistemas, incluidos el sistema climático, los ecosistemas y los aspectos socio ecológicos. Entre los cambios globales, que como su nombre lo indica han escalado a todo el planeta, están: el cambio de uso del suelo, la pérdida de biodiversidad, la contaminación atmosférica, la deforestación y el cambio climático. Es muy común la confusión entre cambio global y cambio climático. Este último es uno de los cambios globales, por ello lo correcto es decir cambio climático a secas, sin usar los adjetivos global y antropogénico (que también se usan erróneamente). El cambio climático es un problema generado por las actividades humanas, por tanto, es de origen antropogénico.

1.1.8 Cambio climático

Para efectos de este capítulo se usa la definición que gobierna la ciencia del tema, formulada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2018):

“Se refiere a un cambio en el estado del clima que se puede identificar (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas) por cambios en la media y / o la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, típicamente décadas o más. El cambio puede deberse a procesos internos naturales o forzamientos externos, tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas y persistentes; y a cambios antropogénicos en la composición de la atmósfera o en uso del suelo.”

Se advierte al estudiante que la CMNUCC en su Artículo 1, define el cambio climático como:

“Un cambio de clima que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global

y que además se suma a la variabilidad natural del clima observada en períodos de tiempo comparables.”

Es importante destacar que la CMNUCC hace una distinción entre el cambio de clima atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales. Esta diferenciación en cuanto al alcance de ambos conceptos, es clave para comprender las políticas de cambio climático que serán analizadas en la sección 4 de este capítulo, debido a que la toma de decisiones en relación a medidas de Adaptación y Mitigación (A&M), está enmarcada normativamente, por el concepto de la CMNUCC.

2 Cambios observados, sus impactos presentes y futuros a nivel mundial, en América Latina y en Venezuela.

Los múltiples efectos del cambio climático comprometen no sólo el equilibrio del sistema climático, sino también, la economía, el capital natural, la seguridad y la salud humana a escala global, por lo que además, es un tema con peso específico en la agenda internacional y de obligatoria atención a nivel nacional (Villamizar, 2017). A continuación se presenta un resumen de los cambios observados en el clima a escala global, para América Latina y para Venezuela.

2.1 Cambios observados, sus impactos presentes y futuros a escala global

La información presentada en este punto se basa principalmente en el 5to. Informe de Evaluación del IPCC (2014). Se presenta un resumen de los cambios observados y esperados más relevantes (Tabla X.1).

2.2 Cambios observados, sus impactos presentes y futuros en América Latina

La información presentada en este punto se basa principalmente en la contribución de Magrin *et al.* (2014) para el 5to. Informe de Evaluación del IPPC. Se presenta un resumen de los impactos más relevantes para la región, la cual excluye expresamente la región de El Caribe, la cual es abordada en el capítulo de Pequeños Países Insulares del mismo reporte del IPCC (Tabla X.2).

Tabla X.1. Cambios de clima observados y aspectos relevantes a escala global.

Cambios observados	Aspectos relevantes
En los últimos decenios, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos.	La evidencia de los impactos del cambio climático es más sólida y completa para los sistemas naturales. Hay impactos en los sistemas humanos que también se han atribuido al cambio climático, con una contribución grande o pequeña del cambio climático distinguible de otras influencias. La atribución de los impactos observados generalmente vincula las respuestas de los sistemas naturales y humanos al cambio climático observado, con independencia de su causa.
En muchas regiones, las cambiantes precipitaciones o el derretimiento de nieve y hielo están alterando los sistemas hidrológicos, lo que afecta a los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad.	Los glaciares siguen retrocediendo prácticamente por todo el planeta debido al cambio climático, afectando a la escorrentía y los recursos hídricos aguas abajo. El cambio climático está causando el calentamiento del permafrost y el deshielo en las regiones de altas latitudes y en las regiones elevadas.
Muchas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas han modificado sus áreas de distribución geográfica, actividades estacionales, pautas migratorias, abundancias e interacciones con otras especies.	Mientras que tan solo se han atribuido hasta ahora unas cuantas extinciones recientes de especies al cambio climático, el cambio de clima natural a velocidades inferiores a las del actual cambio climático, causaron en los últimos millones de años importantes modificaciones de los ecosistemas y extinciones de especies.
Los impactos negativos en el rendimiento de los cultivos han sido más comunes que los impactos positivos.	Los impactos positivos se dan principalmente en regiones de altas latitudes, aunque aún no está claro si el saldo de los impactos ha sido negativo o positivo en esas regiones. Se ha afectado negativamente al rendimiento del trigo y el maíz en muchas regiones y en el total global. Los efectos en el rendimiento del arroz y la soja han sido menores en las principales regiones de producción y a nivel global, con un cambio nulo en la mediana con todos los datos disponibles, que son menores en el caso de la soja

Tabla X.1. Cambios de clima observados y aspectos relevantes a escala global (cont.)

Cambios observados	Aspectos relevantes
Los impactos negativos en el rendimiento de los cultivos han sido más comunes que los impactos positivos.	en comparación con los de otros cultivos. Los impactos observados están relacionados principalmente con los aspectos de la seguridad alimentaria de la producción en lugar del acceso u otros componentes de la seguridad alimentaria. Los diversos períodos de rápidos aumentos en el precio de los alimentos y los cereales que siguen a episodios climáticos extremos en las principales regiones de producción indican que actualmente los mercados son sensibles, entre otros factores, a los valores climáticos extremos.
Actualmente los efectos negativos sobre la salud humana son relativamente leves en comparación con los efectos de otros factores de estrés y no está bien cuantificada	No obstante, se ha producido un aumento de la mortalidad asociada al calor y una disminución de la mortalidad asociada al frío en algunas regiones como resultado del calentamiento. Los cambios locales en la temperatura y la precipitación han alterado la distribución de algunas enfermedades transmitidas por el agua y vectores de enfermedades.
Las diferencias en la vulnerabilidad y la exposición se derivan de factores distintos del clima y de desigualdades multidimensionales producidas a menudo por procesos de desarrollo diferentes.	Las personas que están marginadas en los planos social, económico, cultural, político, institucional u otro, son especialmente vulnerables, así como a algunas respuestas de adaptación y mitigación. Esta mayor vulnerabilidad raras veces se debe a una sola causa. Más bien, es el producto de procesos sociales interrelacionados que se traducen en desigualdades en las situaciones socioeconómicas y los ingresos, así como en la exposición. Entre esos procesos sociales, cabe mencionar por ejemplo la discriminación por motivo de género, clase, etnicidad, edad y (dis)capacidad.

Tabla X.1. Cambios de clima observados y aspectos relevantes a escala global (cont.)

Cambios observados	Aspectos relevantes
Los impactos de los recientes fenómenos extremos conexos al clima, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, ponen de relieve una importante vulnerabilidad y exposición de algunos ecosistemas y muchos sistemas humanos a la actual variabilidad climática.	Entre los impactos de esos fenómenos extremos conexos al clima figuran la alteración de ecosistemas, la desorganización de la producción de alimentos y el suministro de agua, daños a la infraestructura y los asentamientos, morbilidad y mortalidad, y consecuencias para la salud mental y el bienestar humano. Para los países, independientemente de su nivel de desarrollo, esos impactos están en consonancia con una importante falta de preparación para la actual variabilidad climática en algunos sectores.
Los peligros conexos al clima agravan otros factores de estrés, a menudo con resultados negativos para los medios de subsistencia, especialmente para las personas que viven en la pobreza.	Los peligros conexos al clima afectan a las vidas de las personas pobres directamente a través de impactos en los medios de subsistencia, reducciones en los rendimientos de los cultivos o destrucción de hogares e, indirectamente, a través de, por ejemplo, aumentos en los precios de los alimentos y en inseguridad alimentaria. Los efectos positivos observados para los pobres y los marginados, que son reducidos y generalmente indirectos, comprenden ejemplos como la diversificación de las redes sociales y de las prácticas agrícolas.

Fuente: SPM WGII (IPCC 2014a).

Tabla X.2. Cambios de clima observados y aspectos relevantes en América.

Cambios observados y esperados	Aspectos relevantes
Se han observado tendencias significativas en la precipitación y la temperatura en América Central (AC) y América del Sur (AS).	<p>Los cambios en la variabilidad climática y en los episodios extremos han afectado gravemente la región. Se observa una tendencia al aumento de las precipitaciones anuales en el sudeste de América del Sur (SEAS; $-0,6 \text{ mm d}ía^{-1} 50 \text{ años}^{-1}$ durante el período 1950–2008), en contraste con la tendencia a la baja en AC y el centro-sur de Chile ($-1 \text{ mm d}ía^{-1} 50 \text{ años}^{-1}$ durante el período 1950–2008).</p> <p>Se ha detectado calentamiento en la totalidad de AC y AS (cerca de $0,7^{\circ}\text{C}$ a $1^{\circ}\text{C} 40 \text{ años}^{-1}$ desde mediados de la década de 1970), excepto por un enfriamiento en la costa chilena de aproximadamente $-1^{\circ}\text{C} 40 \text{ años}^{-1}$.</p> <p>Se han identificado aumentos en los extremos de temperatura en AC y la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales de AS (nivel de confianza medio), en tanto que las lluvias extremas más frecuentes en el SEAS han favorecido la ocurrencia de deslizamientos de tierra e inundaciones repentinas.</p>
Para el año 2100, las proyecciones climáticas para AC y AS sugieren aumentos de temperatura, junto con aumentos o disminuciones de las precipitaciones.	<p>Los cambios de precipitaciones para AC oscilan entre -22 y $+7\%$ para el año 2100, mientras que en AS las precipitaciones varían geográficamente; cabe destacar que muestran una reducción de -22% en el noreste del Brasil y un incremento de $+25\%$ en el SEAS.</p> <p>Las proyecciones para 2100 muestran un aumento en los períodos de sequía en AS tropical al este de los Andes, así como en la cantidad de días y noches cálidos en la mayoría de AS.</p>
Se han observado cambios en los caudales y en la disponibilidad de agua que, según las proyecciones continuarán en el futuro en AC y AS, lo cual afectará regiones ya vulnerables.	<p>La cromósfera andina se está retirando, lo que afecta la distribución estacional de los caudales. El aumento de escorrentía en la cuenca del río de La Plata y su disminución en los Andes centrales (Chile y Argentina) y en AC en la segunda mitad del siglo XX se asociaron a cambios en las precipitaciones.</p> <p>El riesgo de escasez del suministro de agua aumentará debido a las reducciones de las precipitaciones y los aumentos de la evapotranspiración en las regiones semiáridas, lo cual afectará el abastecimiento de agua de las ciudades, la generación hidroeléctrica y la agricultura.</p>

Tabla X.2. Cambios de clima observados y aspectos relevantes en América (cont.).

Cambios observados y esperados	Aspectos relevantes
El cambio de uso del suelo contribuye significativamente a la degradación ambiental, lo que exacerbía los impactos negativos del cambio climático. La deforestación y la degradación de las tierras se atribuyen principalmente a la creciente agricultura extensiva e intensiva.	<p>La expansión agrícola, que en algunas regiones está asociada a incrementos de las precipitaciones, ha afectado ecosistemas frágiles como los bordes del bosque amazónico y de los Andes tropicales.</p> <p>Aunque las tasas de deforestación en la Amazonia han disminuido sustancialmente desde el 2004 hasta un valor de $4.656 \text{ km}^2 \text{ año}^{-1}$ en 2012, otras regiones como el Cerrado aún presentan altos niveles de deforestación, con una tasa promedio de hasta $14.179 \text{ km}^2 \text{ año}^{-1}$ para el período 2002–2008.</p> <p>La conversión de ecosistemas naturales es la causa principal de pérdida de biodiversidad y ecosistemas de la región, y es un motor del cambio climático. Se espera que el cambio climático aumente las tasas de extinción de las especies. Por ejemplo, la sustitución de especies de vertebrados hasta 2100 será de hasta el 90% en algunas áreas centroamericanas y andinas específicas. En Brasil, la distribución de algunos grupos de aves y plantas se alterará desplazándose hacia el sur, donde quedan pocos hábitats naturales. Sin embargo, AC y AS aún cuentan con grandes extensiones de cobertura vegetal natural, de las cuales el principal ejemplo es la Amazonia.</p> <p>Las prácticas de adaptación basadas en ecosistemas son cada vez más comunes en toda la región, tales como el establecimiento y la gestión efectiva de áreas protegidas, los acuerdos de conservación y la gestión comunitaria de áreas naturales.</p>
Aun cuando las condiciones socioeconómicas de la región han mejorado, en la mayoría de los países todavía existe un nivel elevado y persistente de pobreza, lo que resulta en una alta vulnerabilidad y un riesgo creciente a la variabilidad y cambio climático.	A pesar del crecimiento económico sostenido que se ha observado en la última década, los niveles de pobreza continúan siendo altos en casi todos los países (45% para AC y 30% para AS en el año 2010). El índice de desarrollo humano varía mucho de un país a otro, desde Chile y la Argentina, con los valores más altos, hasta Guatemala y Nicaragua, con los valores más bajos (datos de 2007). La desigualdad económica se traduce en desigualdad en el acceso a agua, saneamiento y vivienda adecuada, especialmente para los grupos más vulnerables, lo cual conlleva una baja capacidad adaptativa al cambio climático.

Tabla X.2. Cambios de clima observados y aspectos relevantes en América (cont.).

Cambios observados y esperados	Aspectos relevantes
La elevación del nivel del mar y las actividades humanas en ecosistemas marinos y costeros representan amenazas para las poblaciones de peces, los corales, los manglares, la recreación y el turismo, y el control de las enfermedades.	Entre 1950 y 2008, la elevación en el nivel del mar varió entre 2 y 7 mm año ⁻¹ . Episodios frecuentes de blanqueamiento de corales ocurren en el arrecife de coral mesoamericano asociados con el calentamiento y la acidificación del océano. En AC y AS, los principales motores de la pérdida de manglares son la deforestación y la conversión de la tierra a usos agrícolas y estanques para camaronicultura.
Se espera que los cambios en la productividad agrícola asociados al cambio climático, con consecuencias para la seguridad alimentaria, muestren una amplia variabilidad espacial.	En el SEAS, donde las proyecciones indican más lluvias, la productividad media podría mantenerse o incluso aumentar hasta mediados de siglo. En AC, el noreste de Brasil y partes de la región andina, los aumentos de temperatura y las disminuciones pluviales podrían reducir la productividad en el corto plazo (para 2030), lo que representaría una amenaza a la seguridad alimentaria de la población más pobre.
La energía renovable obtenida de la biomasa tiene un impacto potencial en el cambio de uso del suelo y en la deforestación, y podría ser afectada por el cambio climático.	Es probable que la caña de azúcar y la soja respondan positivamente a los cambios de CO ₂ y de temperatura con un aumento de la productividad y la producción, incluso frente a una disminución en la disponibilidad de agua. La expansión de los cultivos de caña de azúcar, soja y palma africana puede tener algún efecto sobre el uso del suelo, lo que conduciría a la deforestación de partes de la Amazonía y de AC, entre otras regiones y, en algunos países, a la pérdida de empleo.
Se ha observado cierta relación entre los patrones climáticos y problemas de salud humana, que aumentan la morbilidad, la mortalidad y las discapacidades y producen el surgimiento de enfermedades en zonas donde antes no eran endémicas.	El cambio climático exacerbará los riesgos actuales y futuros para la salud, dadas las tasas de crecimiento poblacional y las vulnerabilidades de la región existentes con respecto al agua, el saneamiento y los sistemas de recolección de residuos, la nutrición, la contaminación y la producción de alimentos en las regiones pobres.

2.3 Impactos en Venezuela

La información presentada en este punto se basa principalmente en ACFIMAN (2018). Se presenta un resumen de los impactos del cambio climático más relevantes para Venezuela (Tabla X.3).

Tabla X.3. Hallazgos relevantes relativos al cambio climático en Venezuela.

Algunos de los modelos del AR5 no simulan bien la estacionalidad en el país, lo cual es un elemento preponderante en la definición climática, razón por la cual sus resultados no pueden ser considerados como representativos de las proyecciones de la variación del cambio climático y deben ser utilizados con reservas a los efectos de su interpretación.
Los resultados de todos los modelos AR5 considerados son consistentes en cuanto a predecir incrementos de temperatura para finales de siglo con valores que dependen de las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP) propuestas por el IPCC (2014).
Con respecto a la precipitación, los modelos del AR5 considerados también muestran disminuciones hacia final de siglo pero con rangos bastante pequeños en función de las RCP, lo cual no permite llegar a conclusiones robustas en cuanto a la magnitud de los cambios y su probabilidad de ocurrencia (período de retorno).
Los modelos climáticos aplicados en el país arrojan al año 2100 en general un incremento de temperatura. Este incremento de temperatura es variable entre 0,5 a 1,0°C para el RCP2.6 y 2,5 y 3,5°C para el RCP8.5. Este aumento reflejado no es uniforme en todo el país y se detecta un gradiente negativo de sur a norte, hacia la zona costera.
Los modelos climáticos aplicados al país indican al año 2100, en general una disminución de la precipitación. Esta disminución de la precipitación es variable entre 0,1 mm/día para el RCP2.6 y 0,3 mm/día para el RCP8.5.
Se pone en evidencia la importancia de la variabilidad interanual del clima en la agricultura del país. Se reporta gran variabilidad interanual de la precipitación y, en consecuencia, de las fechas de inicio, término y duraciones de los períodos de disponibilidad de agua.
En términos generales, los impactos reportados del cambio climático sobre algunos cultivos en el país, incluyen: variaciones en los rendimientos, en la duración de la estación de crecimiento y en su distribución espacial. La disminución de las precipitaciones y el aumento de la temperatura reducirán los rendimientos de los principales cultivos del país.
Las condiciones climáticas futuras incrementarán la vulnerabilidad de los suelos agrícolas a la desertificación y por ende a su degradación.
En relación a la producción animal, existen muy pocos trabajos de investigación que evalúen el impacto del cambio climático sobre la actividad pecuaria en el país, no obstante, el incremento de la temperatura, alterará en el caso del ganado bovino y ovino las horas activas de pastoreo y a su vez tendrá una mayor incidencia sobre los procesos infecciosos que puedan afectar a los animales. Se infiere que los actuales problemas de altas temperaturas y sus consecuencias sobre la producción de aves y pequeños rumiantes, pudieran agravarse en un futuro más cálido.

Tabla X.3. Hallazgos relevantes relativos al cambio climático en Venezuela (cont.).

Los sistemas alto-tepuyanos podrían experimentar altas tasas de extinción relacionadas con el cambio climático, debido a sus características particulares y por la imposibilidad de sus especies de migrar hacia sitios más elevados, como respuesta al incremento de temperatura esperado.
Algunos estudios paleoecológicos sugieren que los sistemas ribereños en la Guayana venezolana podrían ser vulnerables ante el cambio climático, sobre todo si el fuego no controlado fuese una perturbación frecuente.
La Guayana venezolana contiene hotspots de deforestación, especialmente en la Reserva Forestal de Imataca, la cuenca del Río Caura, y las inmediaciones de los centros poblados donde la minería legal e ilegal son actividades económicas importantes.
Las zonas áridas de la Península de Paraguaná, presentan condiciones vinculadas al actual manejo agrícola, que propician la pérdida del carbono orgánico del suelo de manera significativa en tiempos relativamente muy cortos, lo que podría contribuir a la emisión de cantidades importantes de GEI, fundamentalmente CO ₂ .
Hay indicios de que los arrecifes coralinos están dentro de los ecosistemas marinos del país que muestran mayor sensibilidad a los efectos del cambio climático, a través de una relación directa entre anomalías térmicas y acidificación de las aguas las cuales condicionan la salud de los corales (ej. blanqueamiento coralino).
Para el sector de la construcción se identifica una alta ineficiencia energética en la mayoría de las edificaciones del país.
Para el sector transporte, se evidencia una situación crítica respecto a las emisiones GEI asociadas, fundamentalmente por la obsolescencia del transporte nacional, particularmente en el sector del transporte público.
Se identifica un manejo muy deficiente de los desechos sólidos urbanos a escala nacional y un reducido número de rellenos sanitarios a escala nacional, lo que contribuye con emisiones GEI, principalmente metano.
Las islas de calor urbano o islas térmicas que se han formado en la ciudad de Caracas, tienen impacto sobre las enfermedades respiratorias. Los registros muestran que han ocurrido incrementos de la temperatura superficial (+10°C) en la ciudad capital, lo que se ha vinculado con la alta incidencia de incendios forestales, así como con la intensificación del fenómeno de calima, por el smog y los humos producto de los incendios registrados.
Más de 1/3 de la población del país habita entornos urbanos vulnerables, donde la desorganización espacial implica la ocupación de planicies inundables, laderas inestables y áreas costeras bajas, expuestas a amenazas de diversa índole que pueden potenciarse como consecuencia de precipitaciones y cambios excepcionales en el clima.
Las alteraciones en el uso del suelo, producto del crecimiento urbano desordenado en todo el territorio nacional, ocupan de forma indebida áreas boscosas, suelos fértils y nacientes de agua, comprometiendo la base de recursos naturales de la cual depende la propia resiliencia climática de las áreas urbanas

Tabla X.3. Hallazgos relevantes relativos al cambio climático en Venezuela

<p>La afectación drástica del nivel de los embalses por efecto del cambio climático, el manejo inadecuado de las cuencas y un alto consumo eléctrico, tendrá una profunda repercusión en la calidad de vida en las ciudades del país.</p>
<p>Por el incremento paulatino en el nivel del mar previsto en los modelos AR5 del IPCC, podrían verse afectadas numerosas poblaciones a lo largo de la franja costera del país, asiento de importantes áreas metropolitanas que suman más de 5 millones de habitantes y que concentran importantes servicios, muelles, puertos, aeropuertos, actividades industriales y comerciales</p>

Fuente: ACFIMAN (2018).

3 Adaptación y Mitigación

3.1 A escala global

A lo largo de la historia, los pueblos y las sociedades se han adaptado al clima, su variabilidad y sus extremos, y los han afrontado, con diversos grados de éxito. Esta sección se centra en las respuestas de adaptación del ser humano a los impactos del cambio climático observados y proyectados, respuestas que también pueden abordar objetivos más amplios de reducción del riesgo y desarrollo. Las opciones de adaptación y mitigación que se elijan a corto plazo afectarán a los riesgos del cambio climático durante todo el siglo XXI. Los beneficios de la adaptación y mitigación se dan en marcos cronológicos diferentes pero solapados a lo largo del siglo. El aumento proyectado de la temperatura global en los próximos decenios es similar en todos los escenarios de emisiones. Durante este período a corto plazo, los riesgos irán variando conforme interactúen las tendencias socioeconómicas con el clima cambiante. Las respuestas sociales, en particular las adaptaciones, influirán en los resultados a corto plazo. En la segunda mitad del siglo XXI y posteriormente, el aumento de la temperatura global diverge en los distintos escenarios de emisiones. Durante este período a más largo plazo, la adaptación y mitigación a corto y largo plazo, al igual que las trayectorias de desarrollo, determinarán los riesgos del cambio climático.

La adaptación⁸ se va incorporando en algunos procesos de planificación, siendo más limitada la aplicación de respuestas. Las opciones de ingeniería y tecnología son respuestas de adaptación que se emplean habitualmente y que a menudo están integradas en los programas como la gestión de riesgos de desastre y la gestión de los recursos hídricos. Cada vez es mayor el reconocimiento del valor de las medidas sociales, institucionales y basadas en el ecosistema, y de la amplitud de las limitaciones de adaptación. Las

opciones de adaptación adoptadas hasta el momento enfatizan los ajustes progresivos y los cobeneficios y empiezan a centrarse en la flexibilidad y el aprendizaje. La mayoría de las evaluaciones de la adaptación se han limitado a los impactos, la vulnerabilidad y la planificación de la adaptación, y son muy pocas las evaluaciones realizadas de los procesos de aplicación o los efectos de las medidas de adaptación.

La experiencia de adaptación se va acumulando en diversas regiones del mundo en los sectores público y privado y dentro de las comunidades. Los gobiernos de distintos niveles están comenzando a desarrollar planes y políticas de adaptación y a integrar las consideraciones del cambio climático en planes de desarrollo más amplios. Cabe citar como ejemplos de adaptación los siguientes:

- > Sistemas de gobernanza para la adaptación. La gestión de riesgos de desastre, los ajustes en las tecnologías y la infraestructura, los enfoques basados en el ecosistema, las medidas de salud pública básica y la diversificación de los medios de subsistencia están redundando en una menor vulnerabilidad, si bien hasta el momento se trata de iniciativas aisladas.
- > Políticas de adaptación transversal a todos los niveles de gobierno, como parte de la planificación de la adaptación integrada en la gestión de las costas y de los recursos hídricos, en la protección ambiental y la planificación territorial, y en la gestión de los riesgos de desastre.
- > Incorporación de las medidas de adaptación climática en los planes de desarrollo subnacionales, los sistemas de alerta temprana, la gestión integrada de los recursos hídricos, la agrosilvicultura y la reforestación costera de manglares.
- > Planificación para la elevación del nivel del mar, y para la disponibilidad de agua. La planificación para la elevación del nivel del mar ha evolucionado considerablemente en los últimos dos decenios y muestra una diversidad de enfoques, si bien su aplicación sigue siendo fragmentaria.
- > Evaluación y planificación de la adaptación progresiva, especialmente a nivel municipal. Se está produciendo una adaptación proactiva destinada a proteger inversiones a largo plazo en infraestructura energética y pública.
- > Estrategias de cogestión adaptativa e infraestructura de comunicaciones, combinando conocimientos tradicionales y científicos.

- > Adaptación basada en la comunidad genera mayores beneficios cuando se aplica en conjunción con otras actividades de desarrollo.
- > La cooperación internacional y la planificación espacial marina están comenzando a facilitar la adaptación al cambio climático, con limitaciones por problemas de escala espacial y cuestiones de gobernanza.

3.2 América Latina

Para América Central (AC) y del Sur (AS), Magrin *et al.* (2014) señalan lo siguiente: se está llevando a cabo una adaptación basada en el ecosistema que comprende áreas protegidas, acuerdos de conservación y gestión comunitaria. En el sector agrícola de algunas zonas se están incorporando variedades de cultivos resilientes, predicciones climáticas y una gestión integrada de los recursos hídricos. En muchos países de AC y AS, una primera medida de adaptación al cambio climático futuro consiste en reducir la vulnerabilidad al clima actual. La planificación a largo plazo y las necesidades conexas de recursos humanos y financieros podrían considerarse en conflicto con el actual déficit social en el bienestar de la población de AC y AS. Varios ejemplos demuestran que existen posibles sinergias entre el desarrollo, la adaptación y la planificación de la mitigación, las cuales pueden ayudar a los gobiernos y las comunidades locales a asignar eficientemente los recursos disponibles en el diseño de estrategias a fin de reducir la vulnerabilidad.

Sin embargo, la generalización de tales acciones a escala continental requiere que tanto los ciudadanos como los gobiernos de AC y AS aborden el reto de construir un nuevo modelo de gobernanza, donde las necesidades de desarrollo imperativas, la reducción de vulnerabilidades y las estrategias de adaptación a otros factores de estrés climático estén verdaderamente entrelazadas. Las prácticas actuales para reducir el desequilibrio entre el suministro y la demanda de agua podrían aprovecharse para reducir la vulnerabilidad futura. Otra estrategia de adaptación son las reformas institucionales y jurídicas actualmente en curso para una gestión y coordinación más eficiente y eficaz de los recursos hídricos. La cogestión de las pesquerías brasileñas (un proceso participativo con una diversidad de actores) es un ejemplo de adaptación, ya que favorece el equilibrio entre la conservación de la biodiversidad marina, la mejora de los medios de subsistencia y la supervivencia cultural de las poblaciones tradicionales. Teniendo en cuenta que AS será en el futuro una región clave para la producción de alimentos, uno de los desafíos será aumentar la calidad y la producción de alimentos y bioenergía, manteniendo al mismo tiempo la sostenibilidad ambiental en con-

diciones de cambio climático. Algunas medidas de adaptación son la gestión de cultivos, del riesgo y del uso del agua, junto con las mejoras genéticas. Los adelantos en los procesos de segunda generación para obtención de bioetanol a partir de caña de azúcar y otras materias primas serán una importante medida de mitigación.

3.3 Venezuela

Para el país, Lairet *et al.* (2018) señalan respecto a mitigación, que los registros de emisiones GEI disponibles no representan la emisión global del país, ni tampoco de los sectores productivos potencialmente emisores. Entre las fuentes de emisión GEI importantes en el país, están los desechos sólidos urbanos, la actividad industrial, el parque automotor y la deforestación. Los registros de emisiones GEI disponibles en la literatura están relacionados casi exclusivamente con la industria petrolera nacional y con algunos sectores estratégicos como el de la energía eléctrica y el del manejo de desechos sólidos, y en menor medida, con algunos sub-sectores agrícolas. Los registros de emisiones GEI son dispersos (no sistematizados) y las fuentes de información escasas, provenientes principalmente de fuentes gubernamentales y de algunos estudios científicos realizados por investigadores venezolanos, los cuales, por su propia naturaleza, tienen un alcance territorial muy discreto.

No se identifican acciones gubernamentales en el país, dirigidas a la eliminación del subsidio en el combustible y la electricidad, medidas de mitigación que contribuirían a transitar hacia el desarrollo y la implementación de energías renovables competitivas en el mercado nacional. Se detectan como las opciones viables de mitigación en el país, vinculadas al sector petrolero, la mejora de la eficiencia energética, el cambio de combustible, la captura y el almacenamiento geológico del dióxido de carbono, así como la prevención de fugas y eliminación de venteos de gas natural.

Para el sector de la construcción se identifica una alta ineficiencia energética en la mayoría de las edificaciones del país. Para el sector transporte, se evidencia una situación crítica respecto a las emisiones GEI asociadas, fundamentalmente por la obsolescencia del transporte nacional, particularmente en el sector del transporte público. Se identifica un manejo muy deficiente de los desechos sólidos urbanos y un reducido número de rellenos sanitarios a escala nacional, lo que contribuye con emisiones GEI, principalmente metano.

Respecto a la adaptación, ACFIMAN (2018) indica lo siguiente:

- > Se han identificado estrategias de adaptación ante el impacto de los cambios de precipitación y temperatura y consecuentemente en cambios de humedad y cambios fenológicos.
- > Se desconoce la capacidad de adaptación y resiliencia de cada uno de los ecosistemas protegidos en el país.
- > A pesar del alto porcentaje de las emisiones GEI que emite Venezuela, no se cuenta con información disponible que vincule su impacto en aspectos socioeconómicos nacionales, entre ellos, costos de adaptación de la agricultura.
- > Entre las medidas de adaptación al cambio climático evaluadas en Venezuela, están el cambio de las fechas de siembra, empleo de cultivares de ciclo largo y labranza conservacionista.
- > En el país existen muy pocas acciones de adaptación al cambio climático en áreas urbanas, a pesar de la sensible pérdida de vidas, bienes e infraestructura en varias ciudades de los estados Vargas, Mérida y Apure como consecuencia de eventos climáticos extremos registrados durante los años 1999, 2005 y 2010.
- > Respecto a las acciones de concienciación para alertar a los habitantes acerca de los efectos del cambio climático en la energía eléctrica, en la disponibilidad de agua para su consumo y los posibles daños en áreas urbanas por eventos hidrometeorológicos extremos, la preparación y divulgación de mensajes institucionales es diversa, notándose un mayor énfasis en la preparación de mensajes relativos a los efectos de El Niño en el sistema eléctrico, una muy esporádica producción de campañas informativas dirigidas al consumo responsable de agua potable, y poca información relativa a la prevención de desastres sionaturales, resiliencia y adaptación en ciudades.
- > La Alcaldía Metropolitana de Caracas identifica como propuesta para propiciar la adaptación metropolitana al cambio climático, la conformación del Espacio-Plan de la Región Metropolitana Sustentable de Caracas (REMSCA). El Plan Caracas 2020 comprende, entre sus líneas estratégicas, hacer sostenible a la ciudad mediante la formulación de una política ambiental basada en la adecuación al cambio climático y la gestión de riesgos, así como en la conservación de la biodiversidad, la gestión integrada de los recursos hídricos, la gestión integrada de los residuos y desechos sólidos, y la promoción del consumo responsable.

- > A nivel de educación formal, se han realizado acciones para incluir contenidos relacionados con el cambio climático en diversas asignaturas y niveles del Sistema Educativo, tales como: mitigación y adaptación al cambio climático, conceptos ecológicos, de conservación y ética ambiental, formación para el desarrollo endógeno sustentable, análisis de las causas y efectos de los problemas ambientales y, gestión de riesgos socio-naturales.

4 Escenarios para la investigación del clima

Los escenarios del clima⁹ representan un avance y ayuda tecnológica mediante los cuales se logra describir rutas plausibles de diferentes aspectos del futuro. Los escenarios del clima son construidos para investigar las consecuencias potenciales del cambio climático, y cada vez más, son utilizados en apoyo a la toma de decisiones en relación a las políticas del clima. Los escenarios representan el comportamiento futuro de relevantes fuerzas impulsoras de cambio que incluyen procesos, impactos (físicos, ecológicos y socioeconómicos) y las posibles respuestas claves para la definición de una política del clima. Se utilizan para explorar las implicaciones del cambio climático para la toma de decisiones. Por ejemplo, para áreas costeras pueden orientar la toma de decisiones vinculadas con los planes de desarrollo de infraestructura portuaria para definir si esta será resistente a un rango de condiciones climáticas futuras inciertas.

En este particular es importante resaltar lo que Moss *et al.* (2008:747) advierten con respecto a lo que debe esperarse de los escenarios del clima toda vez que con mucha frecuencia son percibidos como realidades finales y diagnósticos de un futuro dado inamovible:

“la meta de trabajar con los escenarios no es predecir el futuro sino entender mejor las incertidumbres y alternativas futuras con la finalidad de considerar la pertinencia o robustez de diferentes decisiones u opciones bajo un amplio rango de futuros posibles”.

Los nuevos escenarios difieren de los utilizados con anterioridad por el IPCC y se basan fundamentalmente en producir varios productos complementarios entre sí. Moss *et al.* (2010) refieren al respecto que los nuevos escenarios, más que comenzar con escenarios socioeconómicos que den lugar a emisiones alternativas de GEI, fijan futuros alternativos en las concentraciones globales de GEI y aerosoles como punto de partida. En la figura X.4 se muestra la secuencia del proceso de desarrollo de estos escenarios manejados por varias comunidades de investigadores del clima. Se

observa una simple cadena lineal de causas y consecuencias del cambio climático que parte de supuestos socioeconómicos sobre los cuales se construyen escenarios de emisiones.



Figura X.4. Escenarios de cambio climático. (Tomado de Moss *et al.* 2010).

El propósito del proceso de desarrollo de escenarios es construir un grupo de nuevos escenarios que faciliten el análisis integrado del cambio climático a través de las principales comunidades científicas del clima. Entre los nuevos escenarios están las “*Rutas de Concentración Representativas*” (RCPs por sus siglas en inglés) que pueden ser utilizadas en paralelo por los modelos del Sistema Terrestre (*Earth System Models*, ESMs) para explorar los cambios futuros en las respuestas físicas y biogeoquímicas ante la cambiante composición de la atmósfera y el forzamiento radiativo y por los modelos de evaluación integrada (*Integrated Assessment Models*, IAMs) para explorar las condiciones socio-económicas que podrían resultar bajo tales cambios en la composición atmosférica.

En la actualidad, a partir de las RCPs, los modeladores del clima están conduciendo nuevos experimentos de modelos climáticos para producir las proyecciones utilizando las series de tiempo de las emisiones, las concentraciones y el uso de la Tierra. Estas proyecciones modelo podrán utilizarse para construir los nuevos escenarios climáticos con aplicaciones en impactos, adaptación y vulnerabilidad (IAV) y en estudios IAV (Kriegler *et al.* 2012).

Las RCPs:

“*no están per se ligadas a un escenario socio-económico en particular: cada RCPs es consistente con muchos escenarios socio-económicos porque futuros y diferentes escenarios socio-económicos pueden alcanzarse bajo cambios similares en la composición atmosférica*” (Moss *et al.* 2010).

Debido a que no todos los cambios socio-económicos pueden cuantificarse, de la colaboración entre las comunidades científicas de IAM e IAV derivarán las narrativas cualitativas que representarían los diferentes futuros socioeconómicos que pueden ser combinados con las RCPs (van Ruijven *et al.* 2014). Las narrativas cualitativas – factores contribuyentes para esta investigación– pueden ser utilizadas como un grupo común de suposiciones avaladas por la comunidad científica. En términos de los estudios integrados de IAV, estas narrativas pueden combinarse con los resultados de los estudios de los EMS basados en los RCPs para examinar los impactos del cambio climático, así como las opciones de adaptación y la vulnerabilidad. Lo mismo puede ser utilizado para investigar los alcances regionales y globales de la reducción de las emisiones globales, en otras palabras, para investigar acerca de la mitigación.

En la figura X.5 puede apreciarse los diferentes abordajes de la comunidad científica del clima para el desarrollo de los escenarios globales.

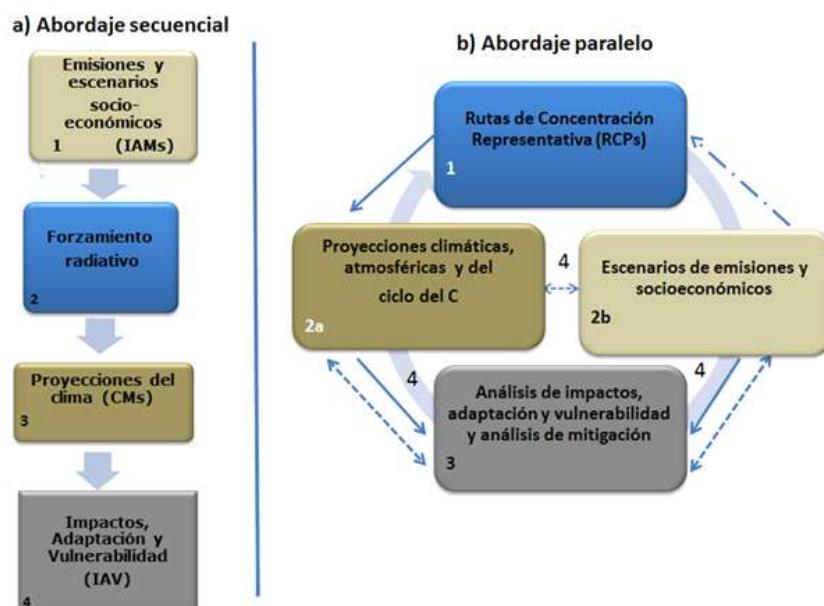


Figura X.5. Abordajes para el desarrollo de los escenarios globales del clima: (a) integración de información y retroalimentación (punteada); (b) abordaje paralelo propuesto. Los números indican que los pasos analíticos (2a y 2b ocurren concurrentemente). Las flechas indican transferencia de información (sólidas), selección de RCPs (discontinua). (**Fuente:** Moss *et al.* 2008).

Para ambos abordajes, los supuestos socioeconómicos apoyan la formulación de los escenarios de emisiones que representan un determinado forzamiento radiativo que es modelado para diferentes escenarios a los cuales están asociados los impactos potenciales sobre ecosistemas, sectores productivos y personas.

Otro aspecto importante con relación a los escenarios del clima, son los usuarios de éstos. Moss *et al.* (2008) los agrupan en dos grandes tipos: los usuarios finales y los intermedios. Los primeros son “los hacedores de política y tomadores de decisiones”, los segundos son “investigadores que usan los escenarios como insumos para sus trabajos”.

4.1 Las Rutas de Concentración Representativa (RCPs).

Las RCPs fueron formuladas a finales del 2011, en respuesta a la expresa solicitud del Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) con la finalidad de disponer de mayor robustez científica en futuras evaluaciones del cambio climático. Las RCPs representan un nuevo insumo de carácter científico que permite a los hacedores y tomadores de decisión, experimentar sobre posibles políticas públicas relativas al cambio climático a lo largo de una escala temporal de 100 años (van Vuuren *et al.* 2011). Para estos autores, quizás lo más valioso de las RCPs sea el

“facilitar la cercana cooperación entre diferentes disciplinas involucradas en la investigación climática, y proveer una consistente línea analítica a lo largo de la investigación del cambio climático”.

En la figura X.6 se muestra el proceso de desarrollo de nuevos escenarios que podrán ser utilizados para la investigación y evaluación de impactos relativos al cambio climático futuro. Se observa la integración de las RCPs dentro de este proceso paralelo, en particular para la construcción de los escenarios socioeconómicos donde las RCPs aportan insumos respecto a concentración de emisiones y uso/cobertura del suelo. Las tendencias de las RCPs pueden o no ser consistentes con los escenarios socioeconómicos futuros.

El proceso comienza con la identificación de las características del forzamiento radiativo que da soporte al modelaje de un amplio rango de posibles climas futuros. En paralelo con el desarrollo de escenarios del clima basados en las RCPs, nuevos escenarios socioeconómicos pueden desarrollarse para explorar importantes incertidumbres socioeconómicas que afectan a la adaptación y a la mitigación.

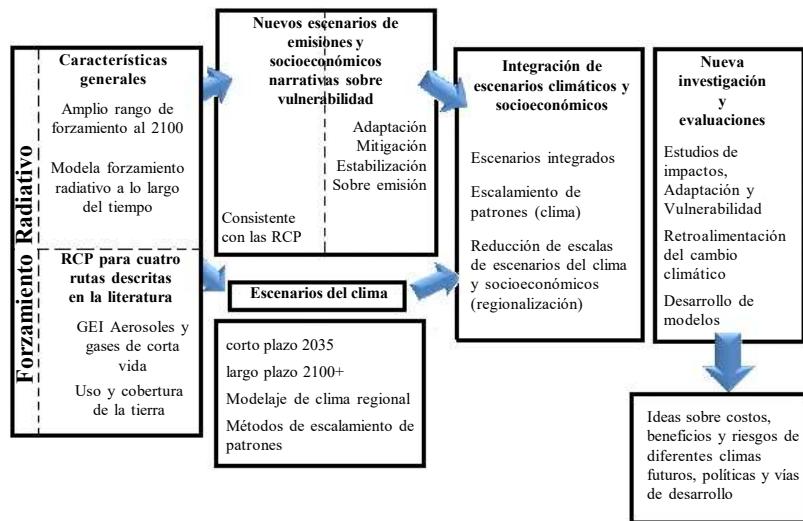


Figura X.6. Proceso de desarrollo de los nuevos escenarios que pueden ser utilizados en la investigación del cambio climático futuro. (Adaptado de Moss *et al.*, 2010).

Algunos escenarios socioeconómicos serán consistentes con las características de forzamiento utilizadas para identificar las RCPs, otros serán desarrollados para explorar futuros y aspectos completamente diferentes. Utilizando una variedad de herramientas y métodos, como por ejemplo, el patrón de escalamiento, los nuevos escenarios socioeconómicos podrán integrarse con los nuevos escenarios del clima. Los escenarios integrados podrán ser utilizados en nuevas investigaciones para explorar la adaptación, la mitigación y otros aspectos como retroalimentación, usando supuestos consistentes. Este tipo de investigación podrá proveer ideas sobre costos, beneficios y riesgos de diferentes climas futuros, políticas y vías de desarrollo económico.

Las RCPs facilitan la comparación entre varios estudios así como una mejor comunicación de los resultados de los modelos al ser resultado de correlacionar un grupo común de escenarios que puedan ser utilizados por la comunidad científica. De esta manera, las cuatro tendencias RCPs cuyas principales características se muestran en la tabla X.4 proveen información sobre posibles trayectorias de los principales agentes de forzamiento radiativo del cambio climático consistente con los actuales escenarios utili-

zados en la literatura científica sobre el clima (los modelos climáticos y los modelos de evaluación integrada). Las RCPs sirven de base para que los modeladores del clima conduzcan nuevos experimentos de modelos climáticos y para producir nuevos escenarios. Paralelamente, los que trabajan en evaluación integrada, pueden explorar un rango de diferentes futuros en términos de políticas, tecnología y cambios socio-económicos, resultado de una ruta de concentración particular (una de las cuatro RCPs), y magnitud de cambio climático.

Tabla X.4. Características de las Rutas de Concentración Representativas (RCPs).

RCPs	Descripción	Publicación/ Modelo IA
RCPs8.5	Alcanza un forzamiento radiativo hasta de 8.5 W/m ² (~1370 ppm CO ₂ eq) al 2100	Riahi <i>et al.</i> 2007/ MESSAGE
RCPs6.0	Estabilización sin sobrecargar la ruta hasta de 6 W/m ² (~850 ppm CO ₂ eq) a una estabilización después del 2100	Fujino <i>et al.</i> 2006; Hijoka <i>et al.</i> 2008/AIM
RCPs4.5	Estabilización sin sobrecargar la ruta hasta de 4.5 W/m ² (~650 ppm CO ₂ eq) a una estabilización después del 2100	Clarke <i>et al.</i> 2007; Smith and Wigley 2006; Wise <i>et al.</i> 2009/GCAM
RCPs2.6	Pico en el forzamiento radiativo a ~3 W/m ² (~490 ppm CO ₂ eq) antes del 2100 y luego declina (la ruta seleccionada declina hasta 2.6 W/m ² al 2100)	Van Vuuren <i>et al.</i> 2007; van Vuuren <i>et al.</i> 2006/ IMAGE

Fuente: Tomado de van Vuuren *et al.* (2011)^a Niveles aproximados de forzamiento radiativo fueron definidos como $\pm 5\%$ del nivel establecido en W/m² relativo a niveles pre-industriales. Los valores de forzamiento radiactivo incluyen el efecto neto de todos los GEI antropogénicos y otros agentes forzantes.

4.2 Aplicación de las Rutas de Concentración Representativas (RCPs) como guía para políticas públicas climáticas.

El fenómeno del cambio climático expone a los Estados frente a serias dificultades para cumplir sus obligaciones con la sociedad. Esta situación se erige como uno de los mayores desafíos del Siglo XXI e impone a los hacedores de política, mayor apertura e innovación analítica, así como una visión integrada y prospectiva de largo plazo que les permita abordar temprana-

mente la alta complejidad de la problemática asociada al cambio climático (Bono 2008; Maceira y col. 2010).

En la medida que los hacedores de política puedan visualizar el futuro de esta problemática, podrán contar con elementos de juicio más robustos para orientar la formulación de políticas públicas capaces de dar solución a los problemas que más directamente –y con mayor frecuencia– afectarán a las personas. Lo anterior cobra mayor trascendencia ante la contundencia de las nuevas evidencias científicas presentadas por el IPCC, piezas claves para la toma de decisiones de política del clima no solo a escala global, sino de particular relevancia para la toma de decisiones nacionales. Estas evidencias, además de confirmar la responsabilidad de la sociedad humana en la acentuación del problema de cambio climático, avizoran trayectorias y desenlaces del clima de la Tierra que no obedecen a experiencias del pasado y que estarán signadas por la intangibilidad y la incertidumbre, y en la mayoría de los casos, se manifestarán a lo largo del presente siglo –con mayor o menor contundencia– en respuesta a las omisiones y acciones que la sociedad global emprenda para contrarrestar los efectos del cambio climático (Villamizar, 2017).

Es un hecho que la incertidumbre y la novedad en el comportamiento del clima futuro, sumarán presión sobre la toma de decisiones de políticas a escala nacional. La prevalencia de la visión prospectiva en la planificación a plazos mayores a lo tradicional en la formulación de los planes de desarrollo de cada país, se impone dentro de los desafíos institucionales que cada estado deberá asumir en respuesta a sus compromisos con la CMNUCC. Dichos compromisos son mitigar sus emisiones y concentraciones de GEI y preparar a los ciudadanos para adaptarse a los impactos acumulados e irreversibles del clima (Villamizar, 2017).

Los diferentes escenarios climáticos desarrollados por la comunidad de científicos del clima, pueden ayudar a visualizar las implicaciones que tendrán las variaciones de un conjunto de hipótesis coherentes e internamente consistentes sobre impulsores del cambio climático. Entre los impulsores están el desarrollo demográfico y socioeconómico, el nivel de gobernanza, el cambio tecnológico, entre otros. Dentro de este contexto, las políticas públicas –climáticas y no climáticas– necesariamente deberán formularse considerando las implicaciones derivadas de los escenarios futuros del cambio climático, en particular, la incertidumbre implícita en éstos (Foley 2010; Prudhomme *et al.* 2014).

La “cascada de incertidumbre” (Maslin 2013) es una clara representación acerca de las limitaciones de los nuevos modelos de simulación climática presentados por el IPCC (2013), que aun cuando reflejan un aumento significativo sobre la comprensión del complejo sistema climático, poseen un amplio rango de incertidumbre. La cascada se basa en la secuencia usual del uso de la nueva generación de modelos del clima y las posibles soluciones de la sociedad a los impactos del cambio climático (Figura X.7).

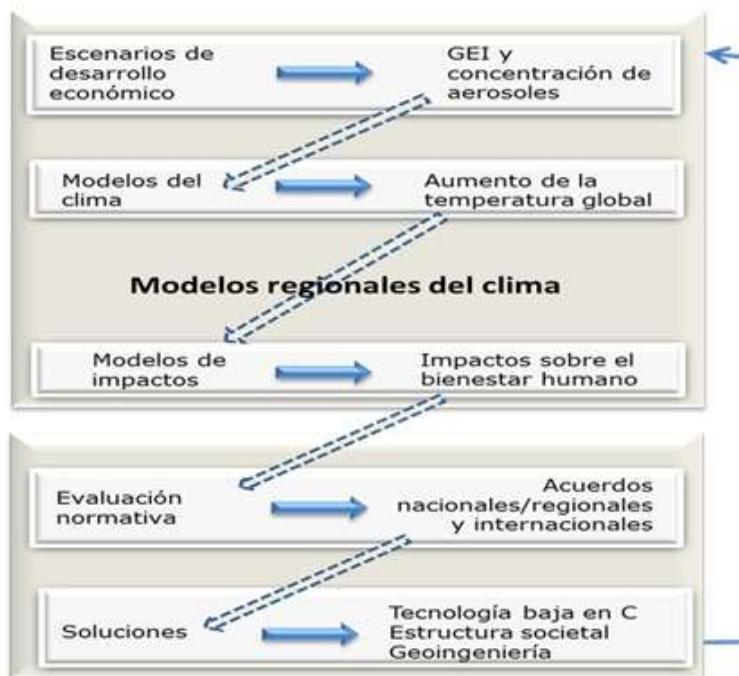


Figura X.7. Cascada de Incertidumbre. Estimaciones de los impactos del cambio climático y las respuestas de la sociedad basadas en modelos que contienen una incertidumbre creciente. Las líneas sólidas representan resultados modelados; las líneas punteadas representan entradas hacia la próxima capa de modelos. (Tomada de Maslin, 2013).

Las RCPs consideran una amplia variedad de modelos socioeconómicos que incluyen el crecimiento de la población, el uso de la tierra, la intensidad y uso de la energía y el desarrollo regional. Variables que se expresan dentro de un muy amplio rango de manifestaciones que se suman a la variabilidad propia del clima y a su condición natural de sistema abierto, igualmente variable a escala regional y local. La variabilidad no resta credibilidad a los modelos, los cuales son capaces de reproducir la variabilidad natural de los

últimos 150 años (Diffenbaugh and Scherer. 2011; Caron *et al.* 2012; Baker and Huan 2014); dar pruebas teóricas de la relación entre el CO₂ y la temperatura global (Grantham *et al.* 2010), dar soporte a los trabajos y experimentos del paleoclima (Clarke *et al.* 2004; Bintanja *et al.* 2005). De igual forma, aportan una percepción plausible del clima futuro y de las opciones acerca del futuro deseado (Barbieri *et al.* 2010; Fortes *et al.* 2013).

La incertidumbre debe ser explicada de forma convincente por la comunidad científica del clima y conocida y aceptada por el público y por los hacedores de políticas y tomadores de decisión. Con ello podría superarse el retardo gubernamental en espera de mayor confidencialidad sobre el clima futuro y dar inicio de inmediato el desarrollo de políticas más efectivas de mitigación y adaptación (Villamizar, 2017).

Los resultados obtenidos a través de recientes estudios científicos que han utilizado las RCPs, muestran tendencias a escala global y regional a lo largo del siglo XXI, sobre aspectos claves para el desarrollo de los países. La afectación del cambio climático futuro sobre eventos que tienen un amplio rango geográfico de influencia, como la distribución de los recursos hídricos a escala global (Hanasaki *et al.* 2013) y la calidad del agua (van Puijenbroek *et al.* 2014) son de interés capital para los gobiernos por las múltiples consecuencias que generan. Consecuencias que a la vez, se manifiestan en complejas y múltiples derivaciones que comprometen el bienestar de la sociedad.

Ebi *et al.* (2014b) refieren dos proyectos de intercomparación de modelaje que han usado la versión preliminar de las SSP junto con las simulaciones climáticas basadas en las RCPs en sus experimentos: Modelo de Intercomparación en Agricultura y Modelo de Intercomparación de Impactos Intersectorial. La investigación y desarrollo de escenarios es una tarea continua que evalúa su utilidad para el abordaje más efectivo del riesgo ante el cambio climático y ayuda a enfocar los esfuerzos en la reducción de las incertidumbres, tanto en la proyección de impactos, como en la escogencia de opciones de manejo de riesgos. Las RCPs pueden significar un punto de inflexión en la toma de decisiones sobre políticas públicas. Aunque la reciente divulgación de las RCPs hace casi imposible conseguir estudios referenciales de sus bondades y limitaciones, su fortaleza descansa en el hecho de que por sí solas, pueden servir de guía expedita para una aproximación a diferentes trayectorias de desarrollo futuras. Con esa guía prospectiva, y evaluando las diferentes trayectorias de los indicadores co-

munes de desarrollo (tipo de energético, crecimiento poblacional, uso de la tierra, tecnología, y GEI, entre otros), y las respuestas esperadas por trayectoria, los gobiernos podrían tomar decisiones tempranas con relación al tipo de modelo o los cambios necesarios en la institucionalidad en cambio climático que pudieran facilitar el re-direcccionamiento del modelo energético asumido, para orientarlo hacia la trayectoria de menor riesgo y costo.

La posibilidad real de contar con un predictor sobre la tendencia del clima para períodos de revisión de 20 años a lo largo del Siglo XXI, pone en las manos de los tomadores de decisión elementos referentes claves para la institucionalidad ambiental o específica en cambio climático: sea para comenzar o avanzar en la construcción de ésta; sea para fortalecerla en caso de tenerla, o para reformularla. Se conseguiría así una forma viable de orientar a los países hacia la sustentabilidad de una Estrategia de Desarrollo basada en Reducción de Emisiones (LEDS por sus siglas en Inglés)¹⁰ que además de satisfacer las demandas de la población, sea capaz de llevar las concentraciones de CO₂ a los valores de 1990 (350 ppm CO₂ eq)¹¹, concentración que no significaba mayores problemas para el mantenimiento del equilibrio energético del sistema climático del planeta.

Refiere Finanzas Carbono (2014), una plataforma desarrollada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que en Latinoamérica la mayoría de los países trabajan

“en promover la coordinación institucional, el desarrollo de capacidades a nivel institucional y financiero, la incorporación de la dimensión de cambio climático en los presupuestos nacionales, la preparación de políticas nacionales para fomentar la mitigación y la adaptación, entre otros”.

Se observa que existe en ALC un interés creciente por articular acciones vinculadas al cambio climático con incidencia en aspectos económicos, sociales y climáticos.

Las estrategias climáticas apoyadas por el PNUD (Perdomo, 2011a,b) se suman a ese esfuerzo, significando en conjunto, vías plausibles para atraer y dirigir inversiones públicas y privadas hacia un crecimiento económico y sostenible. Aun así, un aspecto queda relegado dentro de estas iniciativas y es la visión de largo plazo. Ninguna de las iniciativas propuestas y en desarrollo considera una escala temporal más allá del corto plazo, alrededor del 2050. De allí la ventaja que representa el uso de las RCPs como predictor confiable de las tendencias plausibles del clima hasta el 2100 facilitando la

adecuación institucional del país lo más temprano posible respecto a dicho horizonte temporal.

4.3 Las Narrativas Socioeconómicas Compartidas del clima (SSPs)

Conocidas como las Narrativas Socioeconómicas Compartidas (SSPs por sus siglas en inglés, *Shared Socioeconomics Pathways*), o trayectorias socioeconómicas¹², representan descripciones plausibles de tendencias alternativas en la evolución de la sociedad y los sistemas naturales a lo largo del Siglo XXI a escala global y para grandes regiones del mundo entre éstas, la región de Latino América (Ebi *et al.* 2014a). Las SSPs han sido propuestas por los mismos grupos de investigadores de la comunidad científica del clima que desarrollaron las RCPs.

Respecto a las trayectorias, van Vuuren *et al.* (2014) y Ebi *et al.* (2014a) puntualizan la diferencia conceptual con los escenarios, destacando el tipo de insumo que representan las trayectorias para los escenarios climáticos. El término escenario lo definen como

“una comprehensiva, integrada y consistente descripción del futuro del sistema climático humano, incluyendo información cualitativa y cuantitativa, sin una declaración concreta sobre su probabilidad”.

En el escenario se integran supuestos socioeconómicos, de cambio climático y de política de cambio climático (van Vuuren *et al.* 2014; Ebi *et al.* 2014; O’Neill *et al.* 2014).

El término trayectoria o ruta, describe los componentes del escenario, como por ejemplo, la concentración atmosférica o los indicadores de desarrollo. Al respecto, van Vuuren *et al.* (2014) advierten que «las trayectorias no son escenarios comprehensivos, pero si están centradas en un componente específico del futuro, como el cambio climático o circunstancias económicas. Solo al combinar las RCPs con las SSPs pueden obtenerse bases para un escenario integrado¹³. Es necesario recordar que la trayectoria es dependiente de la naturaleza temporal de los supuestos, aunque no está referida a un tiempo específico a lo largo del Siglo XXI, como ocurre con las RCPs.

Ebi *et al.* (2014a) consideran un aspecto clave la comprensión del rango y carácter de posibles futuros para apoyar las evaluaciones de cambio climático requiriéndose que los escenarios incluyan: 1) los impulsores de las emisiones GEI¹⁴; 2) las emisiones resultantes; 3) consideraciones acerca de otros impulsores de desarrollo económico que podrían afectar la magnitud y patrones de impactos y la habilidad de evitar, preparar, acoplarse y recuperarse del cambio climático; y 4) la política en A&M.

Las trayectorias socioeconómicas han venido preparándose paralelamente con las trayectorias RPCs dentro de un proceso que fue iniciado en el 2006 con la finalidad de desarrollar un nuevo grupo de escenarios globales comunes, siguiendo una ruta que comprende tres fases, descritas por Moss *et al.* (2010). Las fases contemplan el desarrollo de:

- 1) Las RPCs a cargo de la comunidad IAM (*Integrated Assessment Model*), utilizadas por la comunidad ESM (*Earth System Model*) para proyectar la magnitud y extensión del cambio climático;
- 2) Un nuevo conjunto de escenarios socioeconómicos de referencia (paralelo a la fase 1) con elementos cualitativos y cuantitativos basados en mundos con varios niveles de desafíos para la A&M, elaboradas por la comunidad IAV y;
- 3) La integración de la información socioeconómica y de política, las RPCs y las proyecciones del cambio climático.

4.4 ¿Cómo se usan y para qué sirven las Narrativas Socio-económicas Compartidas (SSPs)?

Los factores socioeconómicos de las SSPs incluyen aspectos de los sistemas socio-ecológicos tales como demográficos, políticos, sociales, culturales, institucionales, estilos de vida, variables económicas y tecnológicas, y tendencias. También incluyen los impactos humanos en los ecosistemas, en los servicios ecosistémicos, como la calidad del aire y el agua y la diversidad biológica.

Las SSPs consisten de dos elementos: una narrativa y un conjunto de medidas cuantificadas de desarrollo. A razón de lo especificado por Kriegler *et al.* (2012) para las SSPs, estas son

“trayectorias de referencia en que se asume que no hay ni cambio climático ni impactos del clima, y que no existen nuevas políticas climáticas”.

Al no incorporar los efectos del cambio climático, las SSPs pueden ser más fáciles de utilizar a través de un amplio conjunto de estudios para evaluar cómo diferentes niveles de cambio climático y tipos de políticas afectan las condiciones de “referencia” socioeconómica y ambiental descritas en las SSPs. Por la misma razón,

“las SSPs no pueden describir plausibles supuestos para el futuro, componente intencional de su diseño” (van Vuuren *et al.* 2014; O’Neill *et al.* 2014).

Las SSPs incluyen cuantificaciones de factores que son considerados impulsores de resultados –emisiones o del uso de la tierra– entre los que están el crecimiento poblacional y el crecimiento económico. La cuantificación de las consecuencias de estos impulsores se obtiene a través de los escenarios, que pueden ser producidos sobre la base de las SSPs (van Vuuren *et al.* 2014) o de las RCPs, o con ambos insumos (Ebi *et al.* 2014a). Precisamente esa es la razón de distinguir entre las “trayectorias” –que describen un componente, como las RCPs o SSPs– de los escenarios integrados y, los “escenarios” propiamente, los cuales combinan las trayectorias con otra información, tales como emisiones, proyecciones climáticas y supuestos de política para producir descripciones integradas del clima futuro y del desarrollo de los sistemas humanos. Son estos escenarios, más que las SSPs o las RCPs, los que podrían utilizarse para llevar a cabo, por ejemplo, comparación de resultados en un escenario de política con resultados en un escenario de referencia (sin política) (Ebi *et al.* 2014b).

Las SSPs se definen a lo largo de ejes que describen el aumento de los desafíos socioeconómicos para la A&M abarcando un amplio rango de posibles trayectorias de relevancia para la investigación del cambio climático. Ebi *et al.* (2014b), desarrollan el “espacio desafío”, dividido en cinco (5) dominios, como puede apreciarse en la figura X.8.

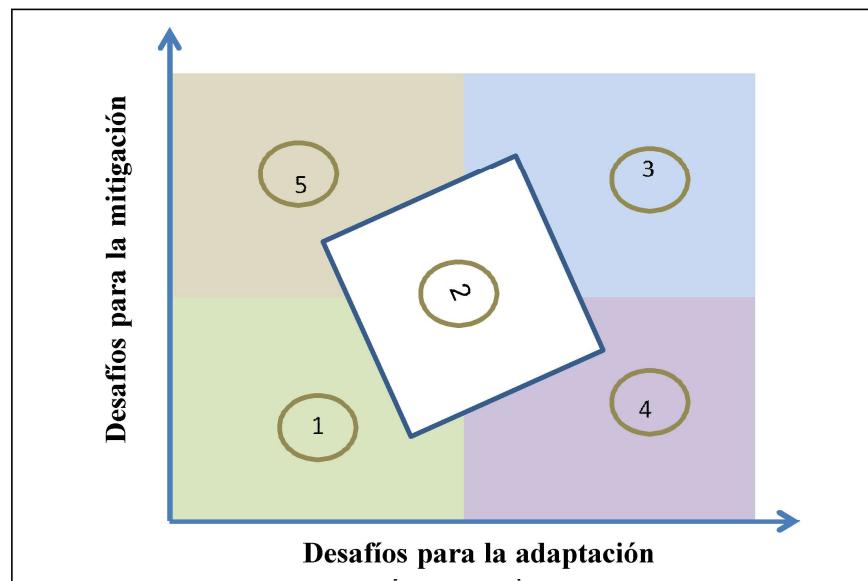


Figura X.8. Espacios o dominios de desafío para la adaptación y la mitigación. (Tomado de Ebi *et al.*, 2014b).

A lo largo de los ejes diagonales se ubican los dominios: 1) bajos desafíos para la A&M; 2) desafíos medios y 3) altos desafíos. Fuera de los ejes diagonales, está el dominio 4) que representa bajos desafíos para la mitigación y altos para la adaptación y, el dominio 5) de altos desafíos para la mitigación y bajos para la adaptación. Múltiples trayectorias socioeconómicas pueden conducir a cada dominio. Las trayectorias evolucionan a lo largo del tiempo, describiendo los desafíos que cambian sobre el tiempo, más que hacer referencia a un período de tiempo determinado. Los desafíos para la A&M son relativos a la trayectoria de desarrollo “de medio camino” descrita en el segundo dominio, el cual evoluciona en sí mismo con el tiempo (Ebi *et al.* 2014b).

Ebi *et al.* (2014b) han identificado factores para la adaptación y para la mitigación a escala global que pueden caracterizar a las cinco (5) trayectorias SSPs. Algunos de estos factores y tendencias se indican en la Tabla X.5.

Tabla X.5. Factores y tendencias socioeconómicas globales, característicos de las Narrativas Socio-económicas Compartidas (SSPs).

Política	Factor y/o tendencia socioeconómica	Resultados
Adaptación	Pobreza y distribución de la riqueza,	Aumentan el riesgo asociado con cualquier nivel de cambio climático al hacer la adaptación más difícil
	Organizaciones e instituciones inefectivas	
	Restricciones en recursos básicos como el agua, seguridad alimentaria	
	Ciudades deficientemente manejadas	
Mitigación	Insuficientes tecnologías	Generan altas emisiones GEI en ausencia de políticas climáticas y reducen la capacidad social para mitigar dichas emisiones
	Inadecuadas instituciones para hacer política	
	Pérdida de financiamiento y otros recursos para apoyar las políticas de mitigación, tales como voluntad política y capital social y humano	

Fuente: Ebi *et al.* 2014b. Elaboración propia.

Los autores advierten acerca de dos condiciones que deben tenerse en cuenta a la hora de analizar los resultados en cuanto a mitigación: 1) las emisiones de referencia pueden resultar de varias combinaciones de altas tasas de crecimiento poblacional, rápido crecimiento económico, sistemas económicos intensivos en energía, suministros energéticos intensivos en carbono, entre otros; y 2) no todos los factores necesitan operar en la misma dirección para resultar en altas o bajas emisiones.

Las características clave de las SSPs según Ebi *et al.* (2014a,b), se presentan en la Tabla X.6. Se observa de una forma general, que las SSPs se centran en aspectos socioeconómicos a escalas global y de grandes regiones y en información principalmente cualitativa, apoyada por cuantificaciones de variables que tradicionalmente forman parte de los ámbitos económico y social. Entre los elementos ya incluidos en las SSPs o que pueden ser incluidos más adelante en etapas avanzadas de su aplicación, están aspectos, áreas y decisiones que cubren diversos ámbitos socio-ecológicos, decisiones de política y de planificación.

Tabla X.6. Aspectos y variables comúnmente considerados por la comunidad científica del clima, en la construcción de las narrativas socioeconómicas (SSPs).

Aspecto	Variables cuantitativas y/o cualitativas
Demografía	Población total y estructura de edad, y poblaciones urbanas y rurales.
Desarrollo económico	PIB global y regional, tendencias en la productividad, y en la proporción de la población en extrema pobreza, desarrollo humano y salud.
Factores ecológicos y ambientales	Aire, agua, y calidad del suelo.
Recursos	Combustibles fósiles y potenciales de energías renovables.
Instituciones y gobernanza	Existencia, tipo y efectividad de instituciones a escala nacional, regional, y global.
Desarrollo tecnológico	Tipo y tasa de progreso tecnológico y difusión de la innovación.
Factores sociales más amplios	Actitudes hacia lo ambiental y la sustentabilidad, y estilos de vida.
Políticas no climáticas	De desarrollo, tecnológicas, de planificación urbana, transporte, energía y ambiente.

Fuente: Ebi *et al.* 2014b. Elaboración propia.

BIBLIOGRAFÍA*ACFIMAN-SACC*

2018. *Primer Reporte Académico de Cambio Climático. Resumen para Responsables de Políticas en Cambio Climático para Venezuela: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela.* [Villamizar, A., E. Buroz Castillo, R. Lairet Centeno, & J. Gómez (Eds.)]. EDICIONES ACFIMAN - CITECI, CARACAS.

BAKER, N. C. AND H-P. HUAN

2014. A Comparative Study of Precipitation and Evaporation between CMIP3 and CMIP5 Climate Model Ensembles in Semiarid Regions. *American Meteorological Society*, 27: 3731-3749.

BARBIERI, A. F., E. DOMINGUES, B. L. QUEIROZ, R. M. RUIZ, J. I. RIGOTTI, J. A. M. CARVALHO AND M. F. RESENDE

2010. Climate change and population migration in Brazil's Northeast: scenarios for 2025–2050. *Popul. Environ.*, 31:344-370.

BINTANJA, R., R. S. W. VAN DE WAL AND J. OERLEMANS

2005. Modelled atmospheric temperatures and global sea levels over the past million years. *Nature*, 437: 125-128.

BONO, E.

2008. Cambio climático y sustentabilidad económica y social: implicaciones sobre el bienestar social. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 6: 51-72.

CARON, L. P., C. G. JONES, P. A. VAILLANCOURT AND K. WINGER

2012. On the relationship between cloud–radiation interaction, atmospheric stability and Atlantic tropical cyclones in a variable-resolution climate model. *Clim. Dyn.*, DOI 10.1007/s00382-012-1311-6.

CLARKE, G. K. C., LEVERINGTON, D. W., TELLER, J.T. AND A. S. DYKE

2004. Paleohydraulics of the last outburst flood from glacial Lake Agassiz and the 8,200 BP cold event. *Quaternary Science Reviews*, 23: 389-407.

DIFFENBAUGH, N. S. AND M. SCHERER

2011. Observational and model evidence of global emergence of permanent, unprecedented heat in the 20th and 21st centuries. A letter. *Climatic Change*, DOI 10.1007/s10584-011-0112-y.

EBI, K. L., S. HALLEGATTE, T. KRAM, N. W. ARNELL, T.R. CARTER, J. EDMONDS, E. KRIEGLER, R. MATHUR, B. C. O'NEILL, K. RIAHI, H. WINKLER, D. P. VAN VUUREN AND T. ZWICKEL

- 2014a. A new scenario framework for climate change research: background, process, and future directions. *Climatic Change*, 122:363-372.

- EBI, K. L., T. KRAM, D. P. VAN VUUREN, B. C. O'NEILLAND AND E. KRIEGLER*
2014b. A New Toolkit for Developing Scenarios for Climate Change Research and Policy Analysis. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 56(2):6-16.
- FERRARA DE GINER, G., M. T. MARTELO, R. LAIRET, A VILLAMIZAR y J. C. SÁNCHEZ*
2015. Experiencias de la cátedra libre de cambio climático en el fomento de capacidades para la adaptación enmarcadas en la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. *Terra nueva etapa*, XXXI, 49: 139-151.
- FINANZASCARBONO*
2014. Plataforma sobre financiamiento de carbono para América Latina. <http://finanzascarbono.org/>
- FOLEY, A. M.*
2010. Uncertainty in regional climate modelling: A review. *Progress in Physical Geography* 34(5): 647-670.
- FORTES, P., S. SIMÕES, J. SEIXAS, D. VAN REGEMORTER AND F. FERREIRA*
2013. Top-down and bottom-up modelling to support low-carbon scenarios: climate policy implications. *Climate Policy*, 13(3): 285-304.
- GRANTHAM, T. E., A. M. MERENLENDER AND V. H. RESH*
2010. Climatic influences and anthropogenic stressors: an integrated framework for streamflow management in Mediterranean-climate California, U.S.A. *Freshwater Biology*, 55 (Suppl. 1): 188-204.
- HANASAKI, N., S. FUJIMORI, T. YAMAMOTO, S. YOSHIKAWA, Y. MASAKI, Y. HIJIOKA, M. KAINUMA, Y. KANAMORI, T. MASUI, K. TAKAHASHI, AND S. KANAE*
2013. A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways – Part 1: Water use. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 2375-2391.
- HEGERL, G. C., O. HOEGH-GULDBERG, G. CASASSA, M. P. HOERLING, R. S. KOVATS, C. PARMESAN, D. W. PIERCE AND P. A. STOTT*
2010. Good practice guidance paper on detection and attribution related to anthropogenic climate change. In: Stocker TF, Field CB, Qin D, Barros V, Plattner GK, Tignor M, Midgley PM, Ebi KL (eds) *Meeting report of the intergovernmental panel on climate change expert meeting on detection and attribution of anthropogenic climate change*. IPCC Working Group I Technical Support Unit, University of Bern, Bern.
- IPCC*
1997. Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. John T. Houghton L. Gylvan Meira Filho David J. Griggs Kathy Maskell (Eds). 60pp. ISBN: 92-9169-301-4.
2001. Climate Change 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Chapter 14. (Eds: James J. McCarthy, Osvaldo Canziani, Neil Leary, David Dokken and Kasey White). Working Group II. Third Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 1032 p. WMO/UNEP. Cambridge Univ. Press.

IPCC

2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615.
2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, US.
- 2014a. Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para Responsables de Políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs.
- 2014b. Informe de Evaluación del Cambio Climático. WGII. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Glosario WGII. Cambridge University Press
- 2014c. 5to Informe de Evaluación del Cambio Climático. WGII. Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Cambridge University Press.
2018. AnnelI: Glossary [R. Matthews (ed.)]. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)].

KRIEGLER, E., B. C. O'NEILL, S. HALLEGATTE, T. KRAM, R. J. LEMPERT, R. H. MOSS AND T. WILBANKS

2012. The need for and use of socio-economic scenarios for climate change analysis: A new approach based on shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change*, 22:807-822.

LAIRET, R., V. MORÓN, R. REBOLLEDO, D. RODRÍGUEZ, J. C. SÁNCHEZ AND M. FIGUEROA

2018. En: Parte III Mitigación al Cambio Climático en Venezuela. *Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela*. [Villamizar, A., E. Buroz Castillo, R. Lairt Centeno, & J. Gómez (Eds.)]. – Citeci, Caracas. 486pp. ISBN DC2018000406.

- MOSS, R. H., M. BABIKER, S. BRINKMAN, E. CALVO, T. CARTER, J. EDMONDS, I. ELGIZOULI, S. EMORI, L. ERDA, K. HIBBARD, R. JONES, M. KAINUMA, J. KELLEHER, J. F. LAMARQUE, M. MANNING, B. MATTHEWS, J. MEEHL, L. MEYER, J. MITCHELL, N. NAKICENOVIC, B. O'NEILL, R. PICHES, K. RIAHI, S. ROSE, P. RUNCI, R. STOUFFER, D. VAN VUUREN, J. WEYANT, T. WILBANKS, J. PASCAL VAN YPERSELE, AND M. ZUREK
2008. *Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 132p.
- MOSS, R. H., J. A. EDMONDS, K. A. HIBBARD, M. R. MANNING, S. K. ROSE, D. P. VAN VUUREN, T. R. CARTER, S. EMORI, M. KAINUMA, T. KRAM, G. A. MEEHL, J. F. B. MITCHELL, N. NAKICENOVIC, K. RIAHI, S. J. SMITH, R. J. STOUFFER, A. M. THOMSON, J. P. WEYANT AND T. J. WILBANKS
2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463: 747-756. doi:10.1038/nature08823.
- MACEIRA, D., G. PARAJE, F. ARAMAYO, S. DUARTE MASI y D. SÁNCHEZ
2010. Financiamiento público de la investigación en salud en cinco países de América Latina. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 27(6):442-51.
- MAGRIN, G. O., J. A. MARENKO, J.-P. BOULANGER, M. S. BUCKERIDGE, E. CASTELLANOS, G. POVEDA, F. R. SCARANO y S. VICUÑA
2014. América Central y del Sur (1499-1566). En: *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Parte B: Aspectos regionales. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, y L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- MARTELO, M. T.
2015. Dimensión científica del cambio climático. Charla en Foro Tertulia con el Clima: El Parlamento de cara a la COP21. Junio 2015, Caracas.
- MASLIN, M.
2013. Cascading uncertainty in climate change models and its implications for policy. *The Geographical Journal*, 79(3): 264-270.
- NAGY, G. J. C. CABRERA, G. CORONEL, M. APARICIO-EFFEN, I. ARANA, R. LAIRET y A. VILLAMIZAR
2017. Addressing climate adaptation in education, research and practice: the CLiVIA-network., *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 9(4):469-487. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-04-2016-0056>.
- O'NEILL, B. C., E. KRIEGLER, K. RIAHI, K. L. EBI, S. HALLEGATTE R. TIMOTHY, R. CARTER, R. MATHUR AND D. P. VAN VUUREN
2014. A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic Change*, 122:387-400 DOI 10.1007/s10584-013-0905-2.

*ONU*2019. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.*PERDOMO, M.*

2011a. Proyecto Carbono 2012: Hacia un Desarrollo bajo en Emisiones. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Programa Regional PNUD LAC, Panamá, Panamá. 35p.

2011b. Proyecto Políticas Públicas Climáticas 2012: preparando estrategias climáticas. Programa para el Desarrollo de Naciones Unidas, Centro Regional LAC, Panamá, Panamá.

*PRUDHOMME, C., I. GIUNTOLI, E. L. ROBINSON, D. B. CLARK, N. W. ARNEL, R. DANKERS, B. M. FEKETE, W. FRANSSEN, D. GERTEN, S. N. GOSLING, S. HAGEMANN, D. M. HANNAH, H. KIM, Y. MASAKI, Y. SATOH, T. STACKE, Y. WADA, AND D. WISSE*2014. Hydrological droughts in the 21st century, hotspots and uncertainties from a global multimodel ensemble experiment. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1222473110*RIAHI, K., V. KREY, S. RAO, V. CHIRKOV, G. FISCHER, P. KOLP, G. KINDERMANN, N. NAKICENOVIC, AND P. RAFAI*2011. RCPS-8.5: Exploring the consequence of high emission trajectories. *Climatic Change*, 109:33-57.*VILLAMIZAR, A.*

2017. Lineamientos para una institucionalidad prospectiva en cambio climático para México. Tesis doctoral (Mención de Honor). Doctorado en Desarrollo Sostenible. Decanato de Postgrado. Universidad Simón Bolívar. 339p.

*VAN PUJENBROEK, P., A. BOUWMAN, A. BEUSEN AND P. LUCAS*2014. Global Implementation Of Two Shared Socioeconomic Pathways For Future Sanitation And Wastewater Flows. *Water science & technology*, 1-7.*VAN RUIJVEN, B. J., M. A. LEVY, A. AGRAWAL, F. BIERMANN, J. BIRKMANN, T. R. CARTER, K. L. EBI, M. GARSCHAGEN, B. JONES, R. JONES, E. KEMP-BENEDICT, M. KOK, K. KOK, M. C. LEMOS, P. L. LUCAS, B. ORLOVE, S. PACHAURI, T. M. PARRIS, A. PATWARDHAN, A. PETERSEN, B. L. PRESTON, J. RIBOT, D. S. ROTHMAN AND V. J. SCHWEIZER*2014. Enhancing the relevance of Shared Socioeconomic Pathways for climate change impacts, adaptation and vulnerability research. *Climatic Change*, 122:481-49.*VAN VUUREN, D.P., J. EDMONDS, M. L. T. KAINUMA, K. RIAHI, A. THOMSON, T. MATSUI, G. HURTT, J-F. LAMARQUE, M. MEINSHAUSEN, S. SMITH, C. GRAINGER, S. ROSE, K. A. HIBBARD, N. NAKICENOVIC, V. KREY AND T. KRAM*2011. Representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 1(2):5-31.

NOTAS

¹ Para el tema de cambio climático se hace necesario tener claridad acerca de la diferencia entre fenómenos climáticos naturales y fenómenos climáticos inducidos. Estos últimos son causados, directa o indirectamente por actividades humanas, y cuyos efectos se suman – o pueden sumarse– a los efectos derivados de fenómenos naturales. Queda implícito en esta diferenciación, que sólo el estudio, análisis y sistematización de estos fenómenos durante períodos de tiempo comparables y de largo plazo, arrojarán evidencias robustas que permitirán discernir acerca del origen – natural o inducido– del fenómeno climático estudiado.

² Definida por el IPCC (2014), como:

“Procesos iterativos para la gestión de cambio dentro de sistemas complejos con el fin de reducir las interrupciones y mejorar las oportunidades asociadas con el cambio climático”.

³ El tiempo atmosférico es el estado de la atmósfera en un instante dado, definido por los diversos elementos meteorológicos que incluyen, entre otros, la temperatura, la humedad, sensación térmica, punto de rocío, índice de calor, presión atmosférica, viento (OMM, 1990).

⁴ Hegerl *et al.*, 2010 en IPCC (2013), definen ambos términos de manera precisa, conceptos que el estudiante debe asegurarse de comprender a cabalidad para evitar errores en la identificación de las causas reales de los cambios de clima. La detección de un cambio se define como el proceso de demostrar que el clima o un sistema afectado por el clima ha cambiado en algún sentido estadístico definido, sin proporcionar una razón para ese cambio. Se detecta un cambio identificado en las observaciones si su probabilidad de ocurrencia debido a la variabilidad interna es pequeña, por ejemplo, <10%. La atribución se define como el proceso de evaluar las contribuciones relativas de múltiples factores causales a un cambio o evento con una asignación de confianza estadística.

⁵ Esta diferenciación parte del criterio térmico de la atmósfera, por lo que el cambio climático corresponde fundamentalmente a los eventos atmosféricos que tienen lugar en la tropósfera. Ver Figura 2. Capítulo 5. Sin embargo, el estudio del fenómeno, también se extiende hacia la estratosfera.

⁶ El Protocolo de Montreal, deriva del Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono, mediante la reducción de la producción y el consumo de sustancias que comprometen la concentración del ozono en la atmósfera y que se considera son responsables del agotamiento de este GEI. El acuerdo fue negociado en 1987 y entró en vigor el 1 de enero de 1989 <https://ozone.unep.org/>

⁷ Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Tiene por objetivo reducir las emisiones de seis GEI. Los gases

son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), y los otros tres son tipos de gases industriales fluorados: los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF6). Acordó una reducción de al menos un 5 %, de las emisiones de estos gases en 2008-2012 en comparación con las emisiones de 1990. El protocolo fue adoptado 1997 y entró en vigor en 2005. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

⁸ El proceso de ajuste al clima real o esperado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar el daño o aprovechar oportunidades beneficiosas. En los sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima esperado y sus efectos (IPCC, 2014b).

⁹ Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación (IPCC, 2001).

¹⁰ LEDS “*Low emissions Development Strategy*”. Durante la COP 16 de la CMNUCC en Cancún, México 2010, se acordó alentar a los países en desarrollo a formular estrategias o planes de desarrollo con bajas emisiones de C en el contexto del DS y fue la primera vez que se introduce formalmente el concepto de LEDS. En las subsecuentes COP, las Partes dieron seguimiento al proceso de preparación de LEDS que iniciaron muchos países en desarrollo.

¹¹ Los GEI difieren en la influencia térmica positiva (forzamiento radiativo) que ejercen sobre el sistema climático mundial, por sus diferentes propiedades radiativas y períodos de permanencia en la atmósfera. Estas influencias se pueden expresar mediante una métrica común basada en el forzamiento radiativo por CO_2 . Las emisiones de CO_2 equivalente constituyen un valor de referencia y una métrica útil comparar emisiones de GEI diferentes.

¹² A efectos de este capítulo se usa indistintamente, narrativa o trayectoria socioeconómica.

¹³ Escenarios que resultan de la integración de la información socio-económica, las RCPs y las proyecciones asociadas al cambio climático, para el uso de la comunidad científica del clima.

¹⁴ Principalmente, la combustión de combustibles fósiles y los procesos industriales. El crecimiento de la economía y la población continúan siendo los mayores impulsores de incrementos en las emisiones GEI por combustibles fósiles.

Alicia Villamizar

Licenciada en Biología, Master en Ciencias Biológicas y Doctor en Desarrollo Sostenible por la Universidad Simón Bolívar (USB) Venezuela. Profesora Titular en el Departamento de Estudios Ambientales USB. Jefe del Departamento de Estudios Ambientales-USB desde sep 2015- hasta agosto 2019. Docente pre y post grado USB, UCV, UCAB, UNAM-México; UM-FI. USA. Investigador en ecología y manejo de manglares y en evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación y políticas públicas en cambio climático. Perteneció a CliVIA-Net Grupo internacional de investigación sobre “Variabilidad climática, impactos y adaptación (VIA)” y al Grupo de Investigación y Desarrollo USB-GID -065 “Análisis ambiental del riesgo”.

CAPÍTULO XI

RIESGOS AMBIENTALES

Introducción

Uno de los aspectos más significativos de la llamada era de la post modernidad, descritos ampliamente en los postulados de la teoría de la *sociedad del riesgo* (Beck, 2010), es la evidencia que las amenazas naturales, sionaturales o antrópicas, tales como los terremotos, inundaciones, incendios forestales, sequias, tormentas, huracanes, tornados, cambios significativos en la climatología, epidemias, accidentes industriales, tecnológicos, derrames de petróleo, etc., pueden materializarse en cualquier momento y tener repercusiones negativas (económicas, sociales, medio ambientales, políticas, etc.), más allá de los lugares en donde tuvieron origen; es decir eventos locales con capacidad de convertirse en nacionales, regionales, y hasta transnacionales (globales), con la posibilidad de traspasar las fronteras de los Estados-nación, sin requerir de autorización alguna.

Eventos con las características citadas anteriormente, han tenido lugar en distintos países de Asia, Europa, África, y en Norte, Centro, Sur América, y el Caribe; dejando en evidencia las condiciones y grados de exposición y vulnerabilidad de la sociedad en las regiones donde han impactado, estando particularmente asociados a los cada día más frecuentes e intensos sucesos vinculados a fenómenos naturales, a procesos sionaturales, como el cambio climático, las precipitaciones excepcionales, las inundaciones, los deslizamientos, las epidemias, etc., y a los accidentes industriales y tecnológicos, con los consecuentes acontecimientos de derrame o fuga de materiales y sustancias peligrosas, así como de contaminación, incendios y explosiones asociados.

A modo de referencia nos permitimos citar algunos eventos que han tenido consecuencias catastróficas transfronterizas durante el pasado siglo XX y lo que va del siglo XXI, y que han tenido profunda influencia sobre los estudios de los riesgos ambientales vinculados a los accidentes industriales y a los fenómenos naturales, como fueron los accidentes industriales de Bhopal-India en 1984, Chernóbil-Rusia en 1986, y el terremoto, posterior tsunami y accidente nuclear de Fukushima-Japón del año 2011.

Fenómenos como el de la contaminación, que es capaz de utilizar como medio de transporte el aire, el agua, los suelos, o una cadena biológica de alimentos, para alcanzar ecosistemas y asentamientos humanos ubicados a

miles de kilómetros de distancia de la fuente del problema; nos demuestra con claridad, que en nuestra actual sociedad los riesgos ambientales no conocen de fronteras o de responsables de causalidad, a la hora de impactar instalaciones o territorios.

1 El Riesgo y su impacto en el Desarrollo.

En un breve resumen de lo acontecido en los últimos años a nivel global, tenemos que el año 2012 marcó un record en cuanto a pérdidas económicas se refiere, con un total de 135 billones de US\$, convirtiéndose en el tercer año consecutivo en que se superaron los 100 billones en pérdidas, todo ello de acuerdo a los registros llevados por la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR por sus siglas en inglés), en su Informe del año 2013 (UNISDR, 2013).

Para el año 2013, los reportes de la empresa de reaseguros Múnich RE, reportaron un total de 880 eventos de desastres a nivel mundial, con pérdidas estimadas cercanas a los 125 billones de US\$. Es de destacar, que durante el año en referencia, fallecieron a consecuencia de los desastres unas 20.000 personas, lo que representa casi el doble de las víctimas fatales registradas en el 2012 (Munich, 2014).

Para la década del 2005 al 2014, las estadísticas a nivel global de la UNISDR, revelan que el impacto referido a pérdidas económicas alcanzó un total de 1,4 trillones de US \$, con 1,7 billones de personas afectadas, y 729.100 personas fallecidas.

Del informe “Revisión de las Estadísticas Anuales sobre Desastres 2014”, emitido por el prestigioso Centro para la Investigación de la Epidemiología de los Desastres (CRED por sus siglas en inglés), de la Universidad Católica de Louvain, en Bruselas, Bélgica, se desprende que el año 2014 dejó registros de 324 desastres naturales (sin incluir desastres biológicos), siendo este el tercer año con los registros más bajos en lo que respecta a desastres reportados en la última década (2004-2013). Un 47,2 % (153) de los desastres estuvieron referidos a eventos hidrológicos, el 36,4 % (118) a eventos meteorológicos, el 9,9 % (32) a geológicos, y el 6,5 % (21) a eventos climatológicos. En total se contabilizaron 7.823 personas fallecidas, 140,8 millones de personas afectadas y pérdidas económicas estimadas de 99,2 billones de US\$ (Guha-Sapir, et al., 2015).

Ahora bien, en el contexto regional, las Américas experimentaron un importante incremento en el número de desastres durante las pasadas dos

décadas. Es así como entre 1991 y 2010, se registraron más de 1.600 desastres, representando un incremento de 30% en la última década. Sólo entre los años 2001-2010 se registraron pérdidas por más de 600.000 millones de US\$, doblando así las pérdidas relacionadas entre 1991-2000. Durante los años 2001-2010, cerca de 120 millones de personas resultaron afectadas; cifras que resultaron ser más del doble de las personas afectadas en la década anterior.

En este último periodo considerado, resulta imprescindible mencionar el impacto que sobre las referidas cifras tuvieron ciertos eventos, tales como los terremotos de Haití y Chile del 2010, la erupción del volcán La Sufiène que hizo despoblar la isla de Montserrat en 1997, los huracanes Mitch y George de 1998 que impactaron Centro América y el Caribe, el huracán Katrina en EEUU en 2005, y las torrenciales lluvias que provocaron inundaciones masivas, grandes deslizamientos y deslaves en Colombia y Venezuela en el 1999 (particularmente en la denominada tragedia de Vargas), con miles de víctimas y damnificados.

En el caso particular del huracán Mitch (evento con impacto regional), su paso por Centroamérica, con velocidades máximas de vientos sostenidos de hasta 290 km/h, dejó más de 3.000 muertos en Nicaragua y 5.000 en Honduras, y alrededor de 3 millones de personas desplazadas en toda la región; con una secuela de daños calculados en 8.5 billones de US\$. El huracán George por su parte, dejó grandes pérdidas en países como Puerto Rico, Cuba, República Dominicana y Haití.

Mención especial merece el desbastador terremoto de 7,3 de magnitud, ocurrido en Haití (el país más pobre del hemisferio occidental), el 12 de enero del 2010, el cual dejó un total de 3,9 millones de víctimas (39,1 % de la población), de las cuales 220.000 fueron víctimas fatales, con pérdidas económicas que superaron su PIB, pues se contabilizaron daños equivalentes al 123,5% del PIB del país.

Este evento dejó en evidencia el pernicioso círculo que tiene a la pobreza como elemento de gran influencia en la construcción social del riesgo y en la escasa capacidad de resiliencia ante los desastres de comunidades y países, y a su vez devela cómo los impactos de los desastres se traducen en la generación de mayor pobreza. Sobre este último aspecto, existen documentadas evidencias empíricas al respecto (Karim *et al* 2014).

Es de destacar, que un terremoto de registros similares al de Haití, se produjo en Chile el 27 de febrero de 2010 (8,8 de magnitud), y aun cuando

fue uno de los cinco más fuertes que se han registrado a nivel mundial, el número de víctimas fatales fue de alrededor de 530 personas, que aunque son profundamente lamentables, difieren diametralmente en número, a las cuantiosas y dolorosas cifras de pérdidas de vidas humanas y de daños registrados en Haití; lo que corrobora que la magnitud de un terremoto no determina la cantidad de víctimas y/o pérdidas económicas.

A nuestro juicio, son diversos los orígenes de esta marcada diferencia existente entre ambos países, y particularmente estimamos que la baja condición de vulnerabilidad y el alto nivel de resiliencia alcanzado en Chile ante la amenaza sísmica han estado influenciados (entre otros factores), por la implantación y supervisión de adecuados códigos y reglamentación sobre el uso de los suelos y la construcción de edificios e infraestructuras; acompañados con la implantación de medidas de prevención y mitigación en el marco de políticas nacionales de planificación, inversión y de ordenamiento del territorio que incorporan la variable riesgo, contando con la activa participación ciudadana e institucional para el fortalecimiento de la conciencia y cultura preventiva en la sociedad chilena.

El impacto negativo (directo e indirecto) que la materialización del riesgo tiene sobre las condiciones de vida de los seres humanos, los ecosistemas y el medio ambiente en general, al causar grandes pérdidas económicas, sociales y daños en infraestructuras fundamentales y modos de vida, lo cual se refleja en el desmejoramiento (entre otros), de la calidad de vida, las oportunidades de empleo, la eficiencia de los sistemas de producción, y en la disminución de posibilidades del disfrute ciudadano de Derechos Humanos fundamentales, como son (por ejemplo), el derecho a la vida, a la educación, al trabajo, a la alimentación, y a la salud. Todo lo cual se puede resumir como un lamentable proceso de retroceso en los niveles de desarrollo alcanzado previamente en el territorio afectado (MEFP, 2006).

Sobre este particular, se dispone de un valioso y muy pormenorizado estudio realizado por el Grupo de Trabajo sobre Cambio Climático del Banco Mundial, relacionado con los impactos del cambio climático y la pobreza, y cuyos resultados quedan claramente resumidos en la siguiente reflexión de los autores:

“los desastres naturales empujan a las personas a la pobreza y evitan que las personas pobres salgan de la pobreza” (Hallegatte et al., 2016:79).

Muy preocupante de cara al futuro, resulta el Informe: Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres del 2015 (GAR, 2015), prepara-

do por la UNISDR (2015), donde se estima que las pérdidas económicas por desastres, pudieran estar llegando a un promedio de US \$ 250 billones a US \$ 300 billones anuales; sin contabilizar las cuantiosas pérdidas vinculadas a los menores pero recurrentes desastres que a diario se suceden alrededor del mundo, y que no se encuentran reflejados en estadística alguna.

A manera de resumen, consideramos necesario destacar algunas cifras de un pormenorizado estudio realizado entre la UNISDR y el CRED, donde se evidencia como en los últimos 20 años (1998-2017), todos los Continentes del mundo se han visto impactados por desastres naturales; periodo en el cual los eventos asociados a fenómenos climáticos (inundaciones, tormentas, sequías, ondas de calor), y a los geofísicos (terremotos, tsunamis, volcán) contabilizaron un total de 1,3 millones de personas fallecidas y otros 4,4 billones entre heridos, desplazados, damnificados o con necesidad de asistencia humanitaria. Las pérdidas asociadas a fenómenos meteorológicos extremos aumentaron en un 151% al compararlas con el periodo 1978-1997. (UNISDR/CRED, 2018).

Estas cifras, deben servir para motivar aún mas las iniciativas que deben implementar los países en materia de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global (en menos de 2 grados), vinculadas a los acuerdos finales logrados en la reunión de la vigésimo primera Conferencia de las Partes (COP 21), realizada en Paris en diciembre del 2015, donde participaron los 195 países firmantes de la Convención Marco de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), sobre el Cambio Climático del año 1992.

Históricamente, los eventos sucedidos en cada espacio geográfico han tenido consecuencias distintas dependiendo de los modelos (contextos) de desarrollo económico, político, y condiciones sociales prevalecientes, así como por la puesta en práctica o no, de iniciativas de planificación y de inversión (pública y privada) para la reducción de la vulnerabilidad, y de acciones coordinadas entre el sector público, privado, académico, científico y de la sociedad civil organizada, para el abordaje conjunto de la variable riesgo; tales como las referidas a la anticipación, educación, preparación, implementación de mecanismos de alerta anticipada, el uso de tecnologías, y el fortalecimiento de infraestructuras fundamentales (hospitales, escuelas, vías de comunicación, instalaciones de agua, energía, comunicaciones y servicios, etc.); para reforzar así la capacidad y habilidad de la sociedad en general para responder, absorber y recuperarse eficazmente (resiliencia), con respecto a las situaciones adversas de amenazas o cualquier evento.

Al tomar en consideración la estrecha vinculación existente entre la ocurrencia de eventos con impactos catastróficos en la sociedad, y la construcción social del riesgo (de amenazas y vulnerabilidades), expresada en acciones como la degradación del ambiente, o en las inversiones tanto públicas como privadas en cuencas fluviales con propensión a inundación, en áreas costeras expuestas a las amenazas de tormentas, huracanes y tsunamis, o en regiones bajo amenaza sísmica sin tomar las necesarias medidas de prevención y mitigación ante el riesgo asociado; hace evidente que no sólo la magnitud de la amenaza natural es lo que determina su impacto, ya que el daño potencial vinculado a las amenazas naturales no está separado de la acción humana.

Ante tales circunstancias, los procesos técnicos (multidisciplinarios y transversales), de identificación, análisis, evaluación, comunicación y gestión de los riesgos ambientales, conjuntamente con los estudios de Evaluación del Impacto Ambiental y Social (EIAS), en la fase inicial del diseño de planes y proyectos , se constituyen en aliados fundamental para apalancar la toma de decisiones y las acciones prospectivas y correctivas en materia de gestión del riesgo en las organizaciones, y de gestión del riesgo colectivo de desastre en sociedades vulnerables.

En el desarrollo de estos procesos, es importante el tener presente que en la vulnerabilidad humana hay elementos vinculados a factores sociales, físico-ambientales, económicos, y culturales (entre otros), que interactúan de manera determinante en el nivel de vulnerabilidad de sistemas humanos y naturales ante las amenazas.

En base a las consideraciones anteriores, resulta pertinente el destacar el mensaje principal contenido en el extraordinario libro: Peligros Naturales, Desastres Evitables: La economía de la prevención efectiva (BANCO MUNDIAL 2011:11), y el cual queda plasmado en la siguiente afirmación:

“terremotos, sequías, inundaciones y tormentas son peligros naturales, pero los desastres evitables son las muertes y los daños resultantes de actos de omisión y comisión humanos.”

2 Conceptos fundamentales vinculados al Riesgo y las Amenazas.

Antes de abordar el tema de los riesgos ambientales, resulta un imperativo el tratar de precisar algunas definiciones o conceptos fundamentales vinculados al tema del riesgo y los desastres, estrechamente vinculados a dos factores interrelacionados como son la amenaza y la vulnerabilidad, así

como la exposición y las consecuencias negativas del impacto; todo ello en virtud a los distintos significados, interpretaciones y definiciones que pueden estar a disposición en la literatura sobre esta materia, dependiendo de la disciplina profesional desde la cual sea abordada, como serían las ciencias naturales, aplicadas, o las ciencias sociales (Cardona, 2001), (ICSU/LAC, 2010), y del campo del ejercicio profesional y de practicantes involucrados, como serían por ejemplo el de los especialistas del área de los seguros, los profesionales y técnicos vinculados a la prevención y respuesta ante las emergencias, los planificadores urbanos, y aquellos vinculados al proceso de gestión integral del riesgo (GIR).

En este respecto, resulta importante también el no obviar la influencia que sobre la percepción individual y colectiva de ciertos términos, pueda tener en la sociedad actual el empleo cada vez más frecuente (en medios de comunicación y por parte de líderes de distintos sectores), de términos propios de la jerga vinculada a este tema, para describir aspectos del acontecer económico o político, con el empleo de metáforas que involucran frases tales como terremoto/tsunami financiero o bursátil, desastre económico, catástrofe política, riesgo político, etc., que de alguna manera desvirtúan su significado.

Así como las amenazas evolucionan a partir de la interacción entre los sistemas naturales, humanos y tecnológicos (Cutter, 2001), la clasificación general de los desastres está relacionada a las fuentes de origen de las amenazas, aún cuando no todas las amenazas son desastres.

En este punto, también es conveniente el afirmar, que los “desastres”, pese a ser comúnmente denominados “naturales” (en parte para tratar de diferenciarlos de los de origen antrópico), “no son naturales” (ni los fenómenos naturales son sinónimo de desastres), pese a que algunos eventos estén vinculados o resulten una manifestación de fenómenos de origen natural severos o intensos. En definitiva, los desastres son evitables, pues no son cosas del destino, ni consecuencia de fuerzas o fenómenos sobrenaturales.

Gracias a trabajos llevados adelante por destacados investigadores pertenecientes a organizaciones como la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, la RED, se dispone de comprobadas evidencias que confirman que tanto el riesgo como los desastres no están exclusivamente asociados a una sola causa, como lo es el fenómeno físico, sino que también están estrechamente vinculados a prácticas humanas en su relación con el ambiente natural, como resultado de procesos económicos, políticos y sociales.

Por ello consideramos, por ejemplo, que cuando algunas autoridades gubernamentales y/o ciudadanos culpan a las lluvias por las inundaciones y las afectaciones relacionadas (obviando la importancia y bondades de este fenómeno natural para la vida y el desarrollo), es realmente una manera (de unos y otros), de eludir las responsabilidades asociadas, unas de carácter político-administrativas y otras individuales, por la no implementación del necesario proceso de planificación y ordenamiento territorial, de inversión, diseño, construcción y mantenimiento de infraestructuras de drenaje, de descarga de aguas residuales, de prevención y mitigación de inundaciones; y por permitir o ser partícipes de acciones y conductas o prácticas sociales indebidas en la relación con el ambiente y el hábitat (como la deforestación y la disposición inadecuada de desechos sólidos), que se traducen en el incremento de la vulnerabilidad general de las comunidades ante la amenaza que puedan representar las precipitaciones, particularmente las de características extraordinarias.

Consideramos igualmente, que aún cuando los desastres siempre están relacionados a la pérdida de vidas humanas, así como al daño y destrucción de medios de vida, no siempre son eventos donde el común denominador son cientos o miles de personas fallecidas y afectadas, con multimillonarias pérdidas económicas; pues los impactos pudieran ser de menor cuantía, y sin embargo tener consecuencias catastróficas dependiendo de las condiciones y capacidades imperantes en el área del suceso para afrontar y lograr la superación de la crisis con el empleo de sus propios medios. De fundamental importancia resultan entonces los niveles de preparación y resiliencia existentes en el ámbito territorial afectado (local, regional, nacional), ya que un evento pudiera ser calificado como un “desastre” en referencia a una comunidad, región o país (por el impacto de las pérdidas), y sin embargo, uno de similar magnitud o intensidad pudiera no alcanzar la misma clasificación y ser considerado sólo como una emergencia, si sucede en otro ámbito territorial con condiciones y capacidades distintas en materia de desarrollo social-económico-humano-tecnológico, y de gestión del riesgo asociado para la salvaguarda de vidas, bienes y el ambiente.

2.1 El Riesgo.

Dada las diferentes y amplias fuentes disponibles para la conceptualización del riesgo, por lo general caracterizado por la incertidumbre en referencia a eventos potenciales y sus consecuencias (pérdidas posibles), asumimos la definición contenida en el ampliamente consensuado documento de la UNISDR sobre la Terminología en materia de Reducción del Riesgo de Desastres, RRD (UNISDR, 2009), que lo define como:

“la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas”.

En el marco de estas consideraciones y a partir de la perspectiva de los desastres, inicialmente representamos al riesgo teniendo como referencia a las consecuencias derivadas de la interrelación de factores como la Amenaza (o peligro), la Vulnerabilidad, y la Exposición, lo cual queda representado en la ampliamente conocida ecuación:

Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad x Exposición

La amenaza en este caso, está referida a la probabilidad que un potencial evento perjudicial (de unas determinadas características) ocurra en un área y por un periodo de tiempo particular; es decir un peligro latente o factor de riesgo externo de un elemento o sistema expuesto, que puede estar vinculado a un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición, que conlleva la probabilidad de causar daño, al manifestarse con una cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo o periodo determinado (ICSU-IAC, 2010). Hablamos entonces de amenaza a la salud, a la vida, a las propiedades y bienes, a los ecosistemas, y trastornos a la dinámica productiva, económica y social, con lo cual sus características físicas, probabilidad de ocurrencia y consecuencias adversas potenciales, resultan de especial consideración en el proceso de su identificación.

En el caso de la vulnerabilidad, fundamentalmente se consideran características internas vinculada al grado de debilidad intrínseca de un sistema expuesto a una amenaza que le hacen propensos a sufrir daños al ser impactados por distintos eventos físicos, y es representada en diversos tipos, como consecuencia de factores económicos, sociales, físico, culturales, ambientales, políticos, e institucional. (CEPREDENAC/PNUD, 2003).

En definitiva, tal como lo señala el Prof. Omar D Cardona:

“La vulnerabilidad, en otras palabras es la predisposición, susceptibilidad física, económica, política, o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópicos se manifieste.” (Cardona, 2001:2).

La exposición, se refiere al grado de contacto del peligro con una persona, grupo o sistema (CDKN, 2014).

2.2 La Amenaza y la Vulnerabilidad.

Las amenazas pueden provenir de diversas fuentes (Tabla XII.1), como serían los fenómenos naturales o derivados de la dinámica de la naturaleza (terremotos, huracanes, inundaciones, incendios forestales), procesos generados por las prácticas humanas en su relación con el ambiente, particularmente en entornos urbanos (cierto tipo de inundaciones, deslizamientos, y de sequías), que como muy bien lo contextualiza Lavell (2002):

“existe una serie creciente de eventos físicos que afectan a las ciudades, que aparentan ser naturales, pero en su esencia son creados por la intervención humana. Estos eventos se gestan en la intersección de la sociedad con los procesos de la naturaleza, y pueden convenientemente denominarse eventos o, en su caso, amenazas sionaturales.”

y por otro lado los antropogénicos, como son los tecnológicos, unos inducidos de manera involuntaria por procesos humanos (accidentes nucleares, derrames de materiales peligrosos, accidentes industriales), y otros inducidos intencionalmente por el hombre (terrorismo, armas de destrucción masiva); con lo cual es común referirse a ellas como las amenazas naturales, las socio-naturales y las “antrópicas” (UNISDR, 2009).

Sin embargo, cuando en ingeniería ambiental se hace referencia al riesgo y a la aplicación de principios de ciencias e ingeniería para la protección de la sociedad humana y los ecosistemas expuestos a potenciales daños, se considera el proceso de las amenazas ambientales dependiendo de su origen (natural o antropogénico) y generalmente quedan agrupadas en cuatro (4) categorías básicas y clasificadas como:

- > *Amenazas hidrometeorológicas;*
- > *Amenazas geológicas;*
- > *Amenazas biológicas;* y
- > *Amenazas tecnológicas.*

Si bien los fenómenos físicos son capaces de causar lesiones, afectación de la salud, pérdida de vida, así como daños materiales, sociales, económicos, degradación ambiental, y perturbación de procesos socio-productivos; la amenaza sólo será tal si existen sistemas humanos expuestos. De ahí por ejemplo, la diferencia entre un terremoto o un volcán que se registra en una región despoblada, y las consecuencias que se reportarían si alguno de estos eventos tuviera lugar en una zona poblada.

Bajo esta perspectiva son consideradas como *Amenazas Hidrometeorológicas* los procesos o fenómenos de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico.

Tabla XI.1. Clasificación general de las amenazas

 <ul style="list-style-type: none"> • Amenazas Naturales • Hidrometeorológicas ▪ Hidrológicas-Inundaciones, movimientos de masa de origen hidrológico, ▪ Meteorológicas-Tormentas, huracanes, temperaturas extremas, inundaciones, descargas eléctricas, tempestades, granizadas, fuertes nevadas, marejadas, avalanchas. ▪ Climatológicas-Sequía, incendios forestales. • Geológicas ▪ Terremotos, movimientos de masa, actividad volcánica, derrumbes, desprendimiento de rocas, algunos tipos de aludes y deslizamientos de laderas por lluvias. • Biológicas ▪ Epidemias, accidentes con animales, infección por insectos, pandemias, exposición a microorganismos patógenos, contagios de plantas o animales. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Amenazas Socionaturales • Inundación • Deslizamiento • (inducidas por la acción humana en la deforestación, cambio en patrones de uso del suelo) <p>NOTA: Aludes, sequías y las inundaciones son consideradas por la UNISDR como riesgos socio naturales</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Amenazas Antropogénicas (Tecnológicas) • Accidentes • Explosiones • Incendios • Conflagraciones • Derrame de materiales y sustancias peligrosas. • Contaminación de aire, tierra, agua por productos industriales • Radiación nuclear • Accidentes de transporte • Ruptura de represas • Intencionalidad humana para causar daño. • Terrorismo • Guerra • Armas de destrucción masiva
Asociadas a fenómenos naturales	Interacción de prácticas sociales con el ambiente	Condiciones tecnológicas e industriales - Falla en infraestructuras y actividades humanas

Como ejemplo tenemos las amenazas *hidrológicas* de inundaciones y movimientos de masa, o las vinculadas a condiciones *meteorológicas* como los denominados huracanes que se desarrollan en el Atlántico y Pacífico Norte (denominados tifones en el Pacífico Nor-oeste, o ciclones en el Pacífico sur y océano Índico), y las *climatológicas* como los incendios forestales. Las condiciones meteorológicas pueden también ser un factor de influencia en otras amenazas como sería el transporte y propagación de sustancias peligrosas, enfermedades, e incendios forestales.

Las *Amenazas Geológicas*, son aquellas vinculadas a fenómenos o procesos terrestres internos y procesos geofísicos asociados, tales como los terremotos, movimientos de masa, y algunos con influencia hidrometeorológica como los aludes y los deslizamientos de laderas por lluvias.

Aún cuando los tsunamis son comúnmente consecuencia de terremotos con epicentro en el mar, también pueden estar vinculados a otros eventos geológicos, como pudiera ser la activación de un volcán submarino, con lo cual resultan en procesos oceánicos que se derivan en una forma de amenaza hidrológica costera.

Las *Amenazas Biológicas* están referidas a aquellos procesos o fenómenos de origen orgánico o que se transmiten mediante vectores biológicos,

incluidos los microorganismos patógenos y las sustancias bioactivas. Podemos citar como ejemplos las enfermedades endémicas y pandémicas.

En cuanto a las *Amenazas Tecnológicas*, el origen pudiera estar expresamente vinculado a las condiciones tecnológicas o industriales y las consecuencia adversas de fallas en la infraestructura o en las actividades humanas involucradas en las operaciones (o por errores, o negligencia); o ser consecuencia de acciones ejecutadas con la intencionalidad humana de causar daño. En el primer caso nos referimos a los accidentes, o la contaminación industrial, los accidentes de incendio y explosión en plantas; en el segundo caso están aquellos eventos relacionados con el uso de tecnologías y procesos industriales vinculados entre otros a actos terroristas y de guerra.

Se debe tener presente, que un mismo sistema puede estar expuesto a amenazas de diferentes fuentes, es decir multi-amenazas (Pine, 2014), las cuales por ser medidas en diferentes escalas dificulta el realizar estimaciones comparativas entre las mismas. De igual manera, cuando se evalúan amenazas naturales, se deben considerar las llamadas amenazas combinadas, concatenadas o complejas, como son los denominados eventos Naturales-Tecnológicos (“Na-Tech”, por sus siglas en inglés), que se presentan cuando las instalaciones industriales están ubicadas en comunidades vulnerable a las amenazas naturales. (CEPREDENAC/PNUD, 2003), (UNISDR, 2007), (UNDP, 2015).

Un ejemplo emblemático en la caracterización de cómo un fenómeno físico puede desencadenar otros eventos, con inclusive mayor potencial de daño (o como una amenaza natural puede desencadenar una amenaza tecnológica o natural), lo constituye el llamado Gran terremoto de Japón oriental (11/03/2011), de magnitud 9 y con epicentro ubicado en el mar, a 130 km al este de Sendai, que fue seguido por un tsunami con olas de hasta 10,5 metros, y un accidente nuclear en la planta emplazada en la población de Fukushima. Cabe destacar, que horas después del terremoto, el volcán Karangetang ubicado en las Islas Celebes, de Indonesia, entró en erupción.

Por otro lado, son cuantiosos los casos de eventos que estando inicialmente vinculados a una amenaza en particular son capaces de generar otros eventos en forma de cascadas, que potencian la probabilidad de pérdidas y complican la capacidad de respuesta existente. Tenemos como ejemplo, los terremotos y las consecuentes rupturas de tuberías de productos y servicios vitales emplazados sobre la superficie (debido a deslizamientos), los derrames de sustancias y materiales peligrosos, los incendios en edificaciones por avería de las instalaciones dispuestas para el suministro de gas y electri-

ciudad, y hasta erupciones volcánicas. Igualmente pudiéramos citar las fuertes precipitaciones y las tormentas, y su relación con inundaciones, deslizamientos, deslaves, obstrucción de vías, rotura de líneas vitales, etc.

Es importante el considerar también, la posibilidad que un sistema se vea expuesto a riesgos especiales, derivados de una situación que involucra varias fuentes de amenazas, bajo la perspectiva de varias combinaciones de vulnerabilidades, y que generan una compleja variedad denominada “Multi-Riesgos”; problemática ésta que ha sido particularmente abordada desde el Proyecto MATRIX (*Multi-Hazard and Multi-Risk Assessment*) de la Comunidad Europea (GFZ, 2014), y que ha propiciado el desarrollo de novedosos métodos y herramientas para su análisis y evaluación.

Es de destacar, que en muchos países se preparan y divultan mapas de amenazas de terremotos, inundaciones, deslizamientos, tsunamis, erupciones volcánicas, etc., como una manera de coadyuvar en la identificación, comunicación y mitigación del riesgo en las comunidades. Un buen ejemplo de ello lo constituyen las disposiciones legales y acciones que en esta materia ejecuta la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de EE.UU. (FEMA por sus siglas en inglés), o el caso de la implementación de la “Ley de Medidas Especiales para Contramedidas de Desastres por Terremotos”, vigente en Japón desde el año de 1995, que obliga a los gobiernos regionales y municipales, a preparar estos mapas a fin de promover el conocimiento de los riesgos de terremotos y tsunamis en sus respectivas jurisdicciones.

En la actualidad, el empleo de las técnicas de sistemas de información geográfica (SIG) en las evaluaciones de multi-amenazas, se ha constituido en una extraordinaria herramienta de apoyo para la reducción del tiempo empleado en la recolección de información, y en el manejo y análisis de datos georeferenciados, particularmente de zonas urbanas. Programas como el RISK MAP (*Risk Mapping, Assessment and Planning*) de FEMA para la evaluación del riesgo de inundaciones, o el Programa de Aplicaciones Satelitales Operacionales (UNOSAT por sus siglas en inglés), del Instituto de Entrenamiento e Investigación de la ONU, que ofrece apoyo con servicios de mapas e información satelital con aplicaciones avanzadas de SIG para procesos de planificación y post desastres; se encuentran disponibles y son de gran utilidad en materia de evaluación del riesgo y de reducción de la vulnerabilidad.

De igual manera, el Banco Mundial (WB por sus siglas en inglés) en el marco de sus actividades, ha puesto a disposición pública un extraordinario

documento en apoyo a la gestión del riesgo de desastres, que recoge y analiza las más importantes herramientas de modelos computarizados con acceso abierto y que están disponibles para trabajar en la cuantificación del riesgo vinculado a las amenazas naturales (World Bank, 2014).

Ahora bien, para el caso de la estimación de la vulnerabilidad, es importante el abordarla teniendo presente que a fin de identificar los posibles daños a los elementos expuestos a riesgo, resulta imprescindible el considerar los diversos aspectos que influyen sobre ella, tales como los factores sociales, económicos, ambientales, físicos, culturales, políticos, institucionales, y educativos del sistema y sus integrantes, y que por lo demás resultan muy dinámicos y cambiantes en tiempo y espacio (CENTRO HUMBOLDT, 2004).

Es así como las características y calidad constructiva de infraestructuras y edificios, su ubicación con respecto al área de influencia de las amenazas, la calidad de los suelos donde están emplazados, la urbanización no planificada, la educación y condiciones socioeconómicas de la población expuesta, el contar o no con planes de emergencia, y hasta la percepción del riesgo, son algunos de los aspectos a considerar, muy particularmente en materia de vulnerabilidad humana (Rangel, 2015).

De las anteriores consideraciones, se concluye que el riesgo surge como resultado de esa coexistencia o interacción de la amenaza (eventos físicos potenciales), con la vulnerabilidad de los sistemas sociales y ambientales (elementos expuestos), en el espacio y el tiempo (ICSU-IAC, 2010). Como quiera que el riesgo además está referido a la probabilidad que un evento conlleve consecuencias adversas como las pérdidas, afectación y daño, todo esto le hace particularmente ambiguo, complejo y rodeado de incertidumbre.

En lo que respecta al riesgo colectivo (o público) de desastres, es importante tener en cuenta el denominado “riesgo intensivo”, descrito como el riesgo de desastres de alta severidad y mediana o baja frecuencia, asociado principalmente a las principales amenazas naturales (UNISDR, 2015). El mismo está asociado con la exposición de grandes ciudades o áreas densamente pobladas (inclusive de pequeñas comunidades), en donde se pueden inducir impactos potencialmente catastróficos debido a los altos niveles de vulnerabilidad ante las amenazas.

Por otro lado, se observa una tendencia creciente en la mortalidad y en las pérdidas económicas asociadas con riesgos extensivos (riesgos de desastres de baja severidad y alta frecuencia en áreas rurales o urbanas marginales, y relacionados a la pobreza, forma de urbanización y la degradación ambiental), particularmente en países de ingresos bajos y medios.

Entre el 2005 y el 2015, las pérdidas derivadas del riesgo extensivo de 85 países y territorios fueron equivalentes a un total de 94.000 millones de dólares (UNISDR, 2015).

3 Características del Riesgo Ambiental.

Considerado como el resultado esperado a partir de una amenaza ambiental, generalmente el riesgo ambiental es definido como la probabilidad de ocurrencia que un peligro (suceso indeseado) afecte directa o indirectamente al ambiente y a su biodiversidad (consecuencias adversas derivadas), en un lugar y tiempo determinado, el cual puede ser de origen natural, o antropogénico (MINAN, 2010). Adicionalmente, y para efectos de su mejor comprensión, es importante recordar que los riesgos naturales son sucesos repetitivos en el tiempo, por lo cual a partir del estudio de su historia es posible obtener valiosa información para su tratamiento y la concepción de un plan de reducción de riesgos (Keller et al., 2007).

La Ley Orgánica del Ambiente de Venezuela (AN, 2006), en su Artículo 3, define el Riesgo Ambiental como:

“La probabilidad de ocurrencia de daños en el ambiente, por efecto de un hecho, una acción u omisión de cualquier naturaleza”.

Bajo estas consideraciones, se puede caracterizar el riesgo ambiental como el producto de la probabilidad de la materialización de la amenaza y las consecuencias negativas relacionadas.

Riesgo Ambiental = Probabilidad x Consecuencias Adversas esperadas

A partir de esta concepción, la primera variable, la probabilidad, puede ser intervenida o gestionada con la puesta en práctica de acciones proactivas de preparación y mitigación, y la otra a través de acciones y soluciones específicamente diseñadas para propiciar una eficaz preparación, mitigación, respuesta y recuperación ante los potenciales impactos en el entorno humano, natural, social y económico.

Sin embargo, cuando en las amenazas ambientales se incluyen además de las naturales las referidas a los desechos peligroso (explosivos, inflamables, irritantes, cancerígenos, corrosivos, etc.), el riesgo entra en otra consideración y tal como lo define el catedrático Han (2012), el riesgo ambiental es vinculado al resultado esperado de una amenaza ambiental (lesiones a personas, enfermedades, muerte, pérdida económica, o daño a ecosistemas), y resulta función de la amenaza y la exposición:

Riesgo = f (Amenaza, Exposición)

Adicionalmente, para el caso específico de los riesgos para la salud (como en el caso de los químicos cancerígenos), el riesgo ambiental se expresa como:

Riesgo = Riesgo por unidad de la dosis x la Exposición de la dosis

Como quiera que el cambio climático global incide de manera significativa en la frecuencia y severidad de eventos de desastres vinculados a fenómenos naturales (IPCC, 2007), es fundamental que se tome en consideración la probabilidad de ocurrencia a futuro de eventos no deseados y sus negativas consecuencias en sistemas naturales y humanos, tal como se muestra en la Tabla XI.2, donde se muestran las formas en que los miembros del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de la ONU (IPCC por sus siglas en inglés), estiman que el cambio climático pudiera afectar a los principales sistemas naturales y humanos (IPCC, 2014).

Vale destacar que las proyecciones anteriores están referidas al caso de la no intervención en materia de contramedidas en relación al calentamiento global, y a la no implementación de iniciativas de Adaptación al Cambio Climático (ACC), en cada país.

En medio de esta perspectiva, y considerando que actualmente nos encontramos viviendo en un mundo donde el 90% de los desastres están relacionados al clima, se hace más evidente la necesidad de integrar las acciones en materia de gestión ambiental, gestión de zonas costeras, gestión de los recursos hídricos, de cuencas hidrográficas, y las de ACC, con las de reducción del riesgo de desastres vinculado a las amenazas de tormentas, inundaciones, erosión, deslizamientos, avalanchas, sequías, etc., teniendo como ejemplo, la importancia del papel desempeñado por los bosques en la protección contra estos eventos.

4 La Gestión del Riesgo (GR), su evolución a nivel mundial y en Venezuela.

Durante los años 90, en el marco del denominado por la ONU “Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres” (DIRDN), y muy particularmente a finales del siglo XX, se consolida el enfoque teórico y conceptual que se venía desarrollando desde los años 70 en relación a la necesidad de impulsar una estrategia de prevención de desastres para lograr el desarrollo sostenible, influenciados por los recientes estudios sobre la vulnerabilidad social y la construcción social vinculada al riesgo y los desastres; en contraposición a la visión dominante para la fecha, de asociar los desastres a lo natural, con origen en los fenómenos físicos.

Tabla XI.2. Riesgos para los Sistemas Naturales y Humanos con el Cambio Climático proyectado por el IPCC para el siglo XXI *

Sistemas Naturales y Humanos	Riesgos conexos al clima
Recursos de agua dulce	La parte de población global que sufre escasez y la que sufre inundaciones fluviales sufrirá incrementos a mayor nivel de calentamiento en el siglo XXI.
Ecosistemas terrestres y de agua dulce	Gran parte de ecosistemas con riesgo creciente de extinción.
Sistemas costeros y zonas bajas	Impactos adverso como inmersión, inundación costera y erosión costera.
Sistemas marinos	Redistribución global de especies marinas y reducción de la biodiversidad marina.
Seguridad alimentaria y de producción de alimentos	Impacto negativo en relación a la producción de los principales cultivos (trigo, arroz, y maíz).
Zonas urbanas (concentración de muchos riesgos globales del cambio climático)	Riesgos para las personas, las economías, y los ecosistemas, como el estrés térmico, la precipitación extrema, las inundaciones continentales y costeras, la contaminación del aire, la sequía, y la escasez de agua.
Zonas rurales	Afectación de la disponibilidad y suministro de agua, seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, más afectación al bienestar de los pobres.
Sectores y servicios económicos claves	Disminución de demanda de energía para calefacción y aumento para refrigeración, afectación de fuentes de energías, procesos tecnológicos, tecnologías, y ubicación de los servicios. Aumento de pérdidas y menos variabilidad de servicios en algunas regiones. Los sistemas de seguros tendrán dificultades para ofrecer una cobertura asequible.
Salud humana	Mayor probabilidad de lesión, enfermedad y muerte debido a ondas de calor e incendios más intensos. Mayor probabilidad de desnutrición derivada de menor producción de alimentos. Riesgo de pérdida de capacidad de trabajo y menor productividad laboral en las poblaciones vulnerables. Mayores riesgos de enfermedades transmitidas por los alimentos, el agua, y los vectores.
Seguridad humana	Aumento de personas desplazadas y del riesgo de conflictos violentos en la forma de guerra civil y violencia entre grupos. Influencia del impacto de en la infraestructuras esenciales y la integridad territorial que afecte las políticas de seguridad nacional.
Medios de subsistencia y pobreza	Exacerbación de la pobreza y mayor dificultad para reducir la pobreza.

*Resumen de elaboración propia, en base a la sección B-2: Riesgos sectoriales y potencial de adaptación, del documento “*Cambio Climático 2014, Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad.*” (IPCC, 2014).

En este particular, en América Latina y el Caribe, de la mano de la RED (el principal ente investigador e impulsor del estudio del riesgo y los desastres en la región), se dan las pautas de lo que hoy conocemos como la “Gestión del Riesgo”, logrando posicionarse como el concepto de un proceso de abordaje transversal, integral, y proactivo de los aspectos vinculados al manejo los desastres en todas sus etapas (en contraposición al tratamiento reactivo prevaleciente); lo cual quedó ratificado en el marco de la Conferencia Mundial sobre Los Desastres convocada por las ONU en la ciudad de Kobe, Japón en el año 2005, al consolidarse como el gran referente conceptual de las recomendaciones de políticas y acciones reflejadas en el documento de acuerdo, conocido como el Marco de Acción de Hyogo (MAH), que regiría las iniciativas internacionales en materia de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), entre el 2005 al 2015.(EIDR, 2005).

En el caso de Venezuela, y durante el mismo periodo que en el resto de Latinoamérica, gracias a la actividad desarrollada en esta materia por importantes Universidades, Centros de Investigación, Organizaciones No Gubernamentales, Academias Profesionales, y la institución de la Defensa Civil (hoy Protección Civil), entre otros, se logró fortalecer las iniciativas políticas por procurar rango constitucional para la GR, lo cual quedó plasmado en los artículos 55, 127, 128, 134, y 156 de la Constitución de República Bolivariana de Venezuela del año 1999; y en las orientaciones que vinculan a la GR como eje transversal en la planificación urbana y territorial, como lo establece la Ley Orgánica del Ambiente del 2006 (AN, 2006), así como darle marco legal a los principios rectores, lineamientos y definiciones en lo relativo a la transversalización de la GR en el Estado y en la sociedad, contenidos en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos del año 2009 (AN, 2009).

A nivel internacional, y desde la perspectiva de la terminología de la UNISDR, la GR ha quedado consensualmente definida como:

“El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales”;

todo lo cual implica una estrategia de reducción y control vía la implementación de medidas de prevención y mitigación anticipada, que parten de un proceso de identificación plena del riesgo, en base a su evaluación y análisis (teniendo en consideración su naturaleza cambiante), y la formulación e implementación de acciones de intervención, comunicación y transferencia del riesgo; considerando también las etapas de respuesta, rehabilitación y reconstrucción.

En el caso de las organizaciones, en el año 2009 , la GR recibió un impulso definitivo con la publicación, por parte de la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés), de un documento de orientación genérico, la Norma ISO 31000:2009 Gestión de Riesgos, Principios y Directrices (ISO: 2009), en donde la GR es concebida como un proceso dinámico, sistemático, estructurado, transparente, inclusivo, y parte integral del proceso general de las organizaciones, que se fundamenta en la estimación del riesgo, lo que incluye la identificación, el análisis y la evaluación del riesgo; en un marco de actividades donde la consulta, la verificación, la revisión periódica, y la comunicación, son herramientas vinculadas al tratamiento final del riesgo. Esta Norma no es de carácter obligatorio, pero puede ser adoptada voluntariamente como norma nacional por los países miembros de la ISO; pudiendo ser utilizada por cualquier organización (pública o privada), no importando el tipo de industria o sector, tamaño, complejidad, estructura, actividades o ubicación.

Tanto en el caso del riesgo colectivo como en el de las organizaciones, el proceso de la GR se convierte en el gran aliado para los responsables de la toma de decisiones en la formulación de políticas, estrategias y cursos de acción en relación al manejo del riesgo.

La Gestión de Riesgos de Desastres (GRD), la Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos (GRAU), La Gestión Integral de Riesgos en Procesos de Planificación del Desarrollo (GIRPD), y la Gestión de Riesgos en Procesos de Ordenación Territorial (GRPOTE), son sólo alguno de los enfoques, conceptos y prácticas que actualmente ratifican la importancia del proceso de la GR para alcanzar las deseadas metas del Desarrollo Sostenible (DS) en todos los niveles (global, territorial, urbano, local) y la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD).

Sobre este particular, es de destacar el enfoque dado por el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU), en Brasil, al definir la GRD como:

“Un proceso social que busca reducir, vaticinar y controlar los factores de riesgo de desastre en un entorno de desarrollo, mediante el diseño y la aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y mecanismos apropiados”. (ICSU-IAC, 2010);

así como el acordado por el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú en relación a la GIRPD:

“Es un proceso de adopción de políticas, estrategias y prácticas orientadas a reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos”.

tos. Implica intervenciones en los procesos de planeamiento del desarrollo para reducir las causas que generan las vulnerabilidades.” (MEFP, 2006).

5 El Análisis y la Evaluación del Riesgo en el marco de la Gestión del Riesgo.

En definitiva la GR resulta ser un proceso integral, que requiere de una amplia participación y consulta, de información de calidad, y de aproximación multidisciplinaria, para de manera transversal intervenir en la identificación, análisis y tratamiento de amenazas y vulnerabilidades; lo que permitirá conocer anticipadamente las causas, frecuencia, y consecuencias de eventos con el potencial de generar daños, base fundamental de la comunicación y manejo del riesgo de cara al futuro.

Pues bien, este proceso integral requiere de información técnica confiable sobre la identificación y caracterización de causas, peligros y de consecuencias derivadas de los efectos físicos y de las vulnerabilidades del entorno del sistema, lo cual se puede obtener a partir del empleo adecuado de herramientas de análisis y evaluación del riesgo, lo que les convierte en la verdadera fase inicial de la GR, al facilitar de manera anticipada o preventiva una clara estimación del riesgo; clave para la gestión de prevención, reducción o mitigación, control, transferencia, y comunicación a los actores sociales interesados.

5.1 El Análisis del riesgo. (AR)

El proceso de análisis del riesgo ambiental esencialmente consiste en identificar, con base al estudio y la estimación de una amenaza, cuando y donde puede presentarse una condición de riesgo a la salud humana, a los ecosistemas, y a los medios de vida y el bienestar, como resultado de la magnitud del impacto potencial que pudiera conllevar un evento en el ambiente material.

El AR toma en consideración posibles causas, fuentes de riesgo, sus consecuencias, y la probabilidad, en caso que las consecuencias se materialicen.

El análisis puede incluir el mapeo de la amenaza para la distribución espacial del riesgo, como pudiera ser el riesgo asociado a inundaciones, deslizamientos, sismos, tormentas, derrames de sustancias y materiales peligrosos, incendio, explosión, etc.

5.2 Evaluación del Riesgo. (ER)

En el caso de la evaluación del riesgo ambiental (ERA), resulta fundamental la identificación de las amenazas prevalecientes, la probabilidad de

su materialización y las consecuencias esperadas, tomando en cuenta el grado de exposición de los sistemas y sus componentes. Bajo estas consideraciones, la gravedad, la frecuencia y la probabilidad, se constituyen en las tres variables más utilizadas. En determinados casos, se pudiera proceder a estimar los radios potenciales de afectación, por medio de la aplicación de modelos matemáticos de simulación de los eventos probables, en particular los de máximo riesgo.

De referencia resulta la definición de ER dada por UNISDR:

“Una metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen”. (UNISDR, 2009).

Sobre este particular, en la Tabla XI.3, presentamos algunos ejemplos considerados de interés, en referencia a la tipología de las decisiones vinculadas al proceso de ER, los cuales fueron elaborados por la ONG Alianza Clima y Desarrollo (CDKN, 2014).

5.3 Metodologías para la identificación, análisis y evaluación del riesgo.

Para el logro de los objetivos de procurar el mejor conocimiento y jerarquización del riesgo, basado en el sistemático análisis y evaluación de los sistemas ante las amenazas y sus condiciones intrínsecas de vulnerabilidad, se dispone de diversos herramientas metodológicas que van desde evaluaciones probabilísticas formales del riesgo hasta metodologías participativas de análisis de riesgos (cualitativas, cuantitativas, o semi-cuantitativas), algunas de las cuales se muestran en la Tabla XI.4.

La selección del método dependerá, en buena medida, del nivel del estudio de riesgo ambiental que se corresponda con cada caso en particular, y en atención al tipo y características de la información y datos disponibles del sistema a ser analizado, del tiempo, recursos, y tecnologías disponibles para su realización, así como por los requerimientos particulares impuestos para el estudio (legales, reglamentarios, otros).

En el caso de los **métodos cuantitativos**, como son por ejemplo, los análisis de probabilidad y consecuencia, y los análisis de árbol de sucesos, son empleados en la cuantificación de la frecuencia y la probabilidad de una

Tabla XI.3. Tipología de decisiones sobre evaluaciones de riesgos.

Ámbito teórico	Base conceptual -¿Cómo se construye la metodología para la evaluación de riesgos? -¿Cuál es el modelo conceptual de riesgo subyacente? -¿Qué tipo de evidencia hay para sustentar este enfoque?	Metodología -¿Cómo se construye la evaluación? p. ej. análisis cuantitativo / cualitativo, participativa / de arriba abajo, específica del lugar / análisis genérico	Fuentes de datos -¿Qué información se considera más importante, y cómo se puede recopilar? p. ej. datos de pérdidas, de amenazas, de exposición, de vulnerabilidad, de encuestas, opiniones expertas, entrevistas, participación comunitaria	Contexto social -¿Cuáles son las normas culturales, empresariales y de gobierno bajo las cuales se utilizará la evaluación de riesgos? Las evaluaciones pueden ser socialmente agnósticas, o muy dirigidas, dependiendo del contexto de que se trate
Ámbito de diseño	Uso previsto -El uso previsto inicialmente para la evaluación (a efectos informativos, de incidencia o de investigación, o por exigencia legal, etc.) -El motor de política inicial que da lugar a la evaluación: gestión de riesgos de desastre, adaptación al cambio climático, desarrollo o mejora de la sostenibilidad	Usuarios previstos -¿Quién utilizará la información? Identificar a quienes participan en la interpretación de resultados, identificación de prioridades, formulación e implementación de políticas -¿Quién debe conocer la existencia del proceso de recolección y análisis de datos?	Supuestos -¿Qué aspectos de la intervención se diseñan o presuponen en el desarrollo de la evaluación? p. ej. financieros, macroeconómicos, infraestructuras, legales, sociales, humanitarios, acciones locales	Actividad de gestión de riesgos -Tipo de gestión de riesgos que promueven los resultados de la evaluación, p. ej. reducción del riesgo a largo plazo y/o medidas de control de riesgos
Ámbito de implementación	Escala -¿Qué unidad de análisis se utiliza en la evaluación? p. ej. global, regional, nacional, provincial, municipal, comunitaria o sectorial -Alcance del enfoque: p. ej. de sector único y amenaza única a multisectorial y multiamenaza -Escala vertical: ¿la evaluación es únicamente a nivel nacional o local, o abarca múltiples niveles?	Temporalidad -¿Cuánto tiempo dura la evaluación? -¿Genera un informe único, o se actualizan periódicamente los resultados con nuevos datos e insumos de los usuarios? -¿De qué manera influyen los escenarios de cambio climático en la vigencia de la intervención?	Calidad -Calidad general de la evaluación del riesgo, que abarca granularidad o precisión, base de evidencia, incertidumbre, control de calidad, heurística, aplicabilidad, relevancia	
Ámbito de usos	Modalidades de intervención -De proyectos de preparación ante emergencias a corto plazo a programas de prevención de riesgos a más largo plazo	Proceso de toma de decisiones -¿Para qué nivel de toma de decisiones resulta útil? p. ej. formulación de políticas o estrategias, decisiones sobre proyectos, inversiones concretas o infraestructuras	Niveles de gobernabilidad -p.ej. Internacional, nacional, regional, local (incluyendo ciudades), comunitario o incluso a nivel de familias	

NOTA: Información tomada textualmente de la Guía CDKN: *Toma de decisiones con conocimiento de los riesgos: programa de mejora de las evaluaciones de riesgos bajo MAH2*, p. 14. (CDKN, 2014).

Tabla XI.4. Metodologías disponibles para la identificación y análisis de riesgos.

• Tormenta de ideas	• Análisis de árbol de sucesos
• Entrevistas estructuradas o semiestructuradas	• Análisis de Capas de Protección
• Análisis histórico de accidentes	• Árboles de decisión
• Listas de verificación	• Análisis de la fiabilidad humana
• Análisis preliminar de riesgos	• Árbol de fallos y sucesos iniciadores
• Estudio de Peligros en las Operaciones HAZOP	• Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad
• Análisis de peligros y puntos críticos de control	• Análisis de circuitos de fugas
• Evaluación del riesgo ambiental	• Análisis de cadenas de Markov
• Análisis Qué pasa si	• Simulación de Monte Carlo
• Análisis de escenarios	• Análisis Bayesiano
• Análisis de Impacto de negocio	• Índices de riesgo
• Análisis de Causa Raíz	• Análisis de Probabilidad y Consecuencia
• Análisis de modo de falla y efecto	• Análisis Costo Beneficio
• Análisis de árbol de fallos	• Análisis de decisión multicriterio
• Análisis de causa y efecto	• Índice MOND
	• Índice DOW de incendio y explosión

serie de sucesos, donde se aplican conceptos matemáticos y se estiman valores prácticos de ocurrencia, expresados en indicadores o unidades específicas, lo cual permite obtener referentes numéricos valiosos para efectos de comparación, y establecer el correspondiente nivel de riesgo. Estos análisis requieren de información pertinente y actualizada en relación a los sistemas o la actividad a ser analizada (DGPC, 1994c).

La utilización de **métodos cualitativos**, se caracterizan por el empleo de variables de categoría con el objeto de lograr la descripción en lo concerniente a la probabilidad y consecuencias con criterios cualitativos, con unos niveles de riesgo expresados dentro de un rango de probabilidad relativa de ocurrencia y consecuencias (impacto), tales como: alto-medio-bajo. Ejemplo de ellos serían los análisis históricos de accidentes, la lista de verificación o confirmación, el análisis preliminar de riesgos, el análisis que pasa si?, análisis del peligro en las operaciones HAZOP, análisis de modo y efecto de los fallos. (DGPC, 1994b).

Los **métodos semi-cuantitativos**, Usan escalas numéricas para la identificación de consecuencias y probabilidades y las combina para producir un

nivel de riesgo utilizando una fórmula. Las escalas pueden ser lineales o logarítmicas, o tener otra relación. No llegan al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa del riesgo, entre ellos tenemos el índice de DOW de incendio y explosión, y el índice de MOND. (DGPC, 1994b).

6 El enfoque de Prevención y Mitigación para el fortalecimiento del Desarrollo Sostenible y la RRD de cara al futuro.

“Los desastres pueden arrasar con las ganancias del desarrollo y eclipsar años de inversión en desarrollo.” (World Bank, 2006: ix).

La anterior consideración, la cual es solo una de las valiosas conclusiones del minucioso trabajo de investigación llevado adelante por expertos del Banco Mundial en un documento que analiza los impactos de las amenazas naturales sobre el desarrollo de los países (especialmente los denominados en vías de desarrollo), no viene más que a ratificar el gran reto futuro que deben enfrentar las iniciativas de acciones y políticas en cada uno de los países (a todos los niveles), para evitar, detener, o aminorar esta cruenta realidad, la cual en perspectivas se ve seriamente amenazada con los pronósticos y proyecciones en relación al incremento de comunidades expuestas a mayores condiciones de vulnerabilidad impulsados principalmente por la pobreza y el crecimiento de urbanismos no controlados en zonas de riesgo, conjuntamente con las potenciales incidencias del cambio climático a nivel global, que indudablemente se encargará de exacerbar las vulnerabilidades de la sociedad.

En la actualidad, es cada día mayor la preocupación de que bastas regiones y países alrededor del mundo puedan verse afectados por fenómenos climáticos o meteorológicos extremos, definidos éstos por el IPCC como:

“La ocurrencia de un valor de una variable meteorológica o climática por encima (o por debajo) de un valor de umbral cercano al extremo superior (o inferior) de la horquilla de valores observados de la variable.” (IPCC, 2012).

Ante esta circunstancia, las iniciativas de prevención y mitigación relacionadas con las estrategias globales para tratar de intervenir de manera proactiva no se han hecho esperar, y durante el año 2015 el mundo ha dado claras evidencias de conciencia y responsabilidad ante el delicado problema con la firma de históricos acuerdos internacionales, auspiciados por la ONU, en encuentros que han contado con una muy numerosa participación de países, representados por sus gobiernos y por representantes muy califica-

dos de la sociedad civil organizada; lo que los convierten en herramientas que tendrán un gran impacto en la lucha global por la RRD.

Nos referimos particularmente a dos de ellos: el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (UNISDR/MS, 2015), firmado en Japón en marzo 2015, y el Convenio Marco sobre el Cambio Climático (ONU/COP21, 2015), acordado en Paris en diciembre del 2015.

En el caso de la COP21, nos permitimos destacar como referente el *Articulo 8, aparte 4*, que señala lo siguiente:

“Por consiguiente, las esferas en las que se debería actuar de manera cooperativa y facilitativa para mejorar la comprensión, las medidas y el apoyo podrán incluir: a) Los sistemas de alerta temprana; b) La preparación para situaciones de emergencia; c) Los fenómenos de evolución lenta; d) Los fenómenos que puedan producir pérdidas y daños permanentes e irreversibles; e) La evaluación y gestión integral del riesgo; f) Los servicios de seguros de riesgos, la mancomunación del riesgo climático y otras soluciones en el ámbito de los seguros; g) Las pérdidas no económicas; h) La resiliencia de las comunidades, los medios de vida y los ecosistemas.” (ONU/COP21, 2015).

De los lineamientos del MS destacamos su Objetivo:

“La reducción sustancial del riesgo de desastres y de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en vidas, medios de subsistencia y salud como en bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, las empresas, las comunidades y los países”;

y sus cuatro esferas prioritarias:

Prioridad 1: Comprender el riesgo de desastres.

Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo.

Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.

Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y para “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción. (UNISDR/MS, 2015).

En definitiva, la Prevención y la Mitigación como acción primordial para la RRD.

BIBLIOGRAFIA

ASAMBLEA NACIONAL

2006. *Ley Orgánica del Ambiente*. Gaceta Oficial N° 5.833 del 22/12/06. Venezuela.

2009. *Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-Naturales y Tecnológicos (LGIRST)*. Gaceta Oficial No. N° 39.095 del 09/01/09. Venezuela.

BANCO MUNDIAL

2011. *Peligros naturales, desastres evitables: La economía de la prevención efectiva*. Banco Mundial. Ediciones Gondo, S.A. Impulso Global Solutions, S.A. España.

BECK, U.

2010. *La Sociedad del Riesgo. Hacia una nueva modernidad*. 3ra impresión, Ediciones Prados Ibérica. Barcelona, España

CARDONA, O. D.

2001. *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión*. Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos CEDERI. Universidad de los Andes de Bogotá. Colombia.

CDKN

2014. Guía CDKN. *Toma de decisiones con conocimiento de los riesgos: programa de mejora de las evaluaciones de riesgos bajo MAH2*. ONG-Alianza Clima y Desarrollo. Disponible en: www.cdkn.org

CENTRO HUMBOLDT

2004. *El ABC de la Gestión del Riesgo*. Centro Alexander von Humboldt. Managua, Nicaragua. Disponible en: www.humboldt.org.ni

CEPREDENAC/PNUD

2003. *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central. Guatemala.

CUTTER, S. L. (ED.)

2001. *American Hazardscapes, the Regionalization of Hazards and Disasters*. Washington, D.C., Joseph Henry Press. Chapter 1.

DGPC

1994b. *Guía Técnica. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos*. Dirección General de Protección Civil, Ministerio del Interior. España.

DGPC

1994c. *Guía Técnica. Métodos cuantitativos para el análisis de riesgos*. Dirección General de Protección Civil, Ministerio del Interior. España.

EIRD

2005. *Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*. Secretaría de la Estrategia Internacional de la ONU para la Reducción de los Desastres. Ginebra, Suiza. Disponible en: <http://www.eird.org/cdmah/contenido/hyogo-framework-spanish.pdf>

GFZ

2014. MATRIX *New methodologies for multi-hazard and multi-risk assessment methods for Europe*. German Research Centre for Geosciences. Potsdam, Germany.

GUHA-SAPIR, D., P. H. HOYOIS AND R. BELOW

2015. *Annual Disaster Statistical Review 2014: The Numbers and Trends*. Brussels: CRED. This document is available on http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2014.pdf

HAN, D.

2012. *Concise Environmental Engineering*. Department of Civil Engineering, The University of Bristol. Ventus Publishing Aps.UK

HALLEGATTE, S., M. BANGALORE, L. BONZANIGO, M. FAY, T. KANE, U.NARLOCH, J. ROZENBERG, D. TREGUER, AND A. VOGT-SCHILB

2016. *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Climate Change and Development Series. Washington, DC: World Bank. Doi:10.1596/978-1-4648-0673-5. License: Creative Commons Attribution CC BY 3IGO.

ICSU/LAC

2010. *Ciencia para una vida mejor: desarrollando programas científicos regionales en áreas prioritarias para América Latina y El Caribe*. Volumen 2. Cardona, O.D., Bertoni, J.C., Gibbs, T., Hermelin, M., y Lavell, A. *Entendimiento y gestión del riesgo asociado a las amenazas naturales: un enfoque científico integral para América Latina y El Caribe*. ICSU - LAC / CONACYT, Río de Janeiro y Ciudad de México.

IPCC

2007. *Impacts, adaptation and vulnerability: Working Group II contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland. Disponible en: <http://www.gtp89.dial.pipex.com/chpt.htm>

2012. *Resumen para responsables de políticas, en el Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático* [edición a cargo de C. B. Field, C. B., V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. -K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, y P. M. Midgley]. Informe especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Nueva York, Estados Unidos de América.

2014. Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.

ISO 31000

2009. *Risk management-Principles and guidelines*. International Standard Organization. Geneva, Switzerland.

KARIM, A. AND I. NOY

2014. *Poverty and Natural Disasters: A Meta-analysis*. SEF Working Paper. Victoria University of Wellington.

KELLER, E. Y R. BLODGETT

2007. *Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes*. Pearson Educación S.A. Madrid-España.

LAVELL, A.

2002. *Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina-LA RED. Disponible en: <http://www.desenredando.org>

CEPREDENAC/PNUD

2003. *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central. Guatemala.

MEFP

2006. *Conceptos asociados a la Gestión del Riesgo de Desastres en la Planificación e Inversión para el Desarrollo*. Dirección General de Programación Multianual de Sector Público del Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. Lima, Perú.

MINAM

2010. *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. Ministerio del Ambiente del Perú. Servicios Generales Q&F Hnos. S.A.C. Lima, Perú. Disponible en: www.minam.gob.pe.

MUNICH, R. E.

2014. *Topics Geo. Catástrofes naturales 2013 Análisis, valoraciones, posiciones*. Edición 2014. Múnich, Alemania. Disponible en: <https://www.munichre.com>

ONU/COP21

2015. *Convenio Marco sobre el Cambio Climático. Conferencia de las Partes-COP 21*. París, Francia. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/>

PINE J. C.

2014. *Hazards Analysis: Reducing the Impact of Disasters*. Second Edition. CRC Press, Taylor Francis Group. Florida, USA.

RANGEL, A.

2015. Vulnerabilidad Ciudadana ante las Amenazas Naturales (145-161). En: *Una mirada a la situación social de la población venezolana: Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI 2014)*/equipo coordinador Anitza Freitez; Marino González; Genny Zúñiga.-UCAB; USB; UCV; Fundación Konrad Adenauer. Caracas, Venezuela.

UNDP

2015. APELL Handbook: *A process for improving community awareness and preparedness for technological hazards and environmental emergencies*. 2nd Edition. Paris, Francia. Disponible en: www.unep.org/dtie

UNISDR

2007. Words into Action: *A Guide for Implementing the Hyogo Framework 2005-2015*. Geneva. Available from http://www.unisdr.org/iles/594_10382.pdf
2009. *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza. Disponible en: www.unisdr.org/publications
2013. *Glosario, Informe de Evaluación Mundial de 2013 sobre la Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza.
2015. *Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management*. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction GAR 2015. United Nations Office for Disaster Risk Reduction Geneva, Switzerland.

UNISDR/CRED

2018. *Economics Losses, Poverty and Disasters 1998-2017*. The UN Office for Disaster Risk Reduction and The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Geneva, Switzerland

UNISDR/MS

2015. *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Ginebra, Suiza. Disponible en: <http://eird.org/americas/index.html>

WORLD BANK

2006. *Hazards of Nature-Risk to Development. Independent Evaluation Group*. The World Bank. Washington DC.
2014. *Review of Open Source and Open Access Software Packages Available to Quantify Risk from Natural Hazards*. Global Facility for Disaster Risk Reduction and Recovery. Washington DC. EE.UU.

Ángel Rangel Sánchez

Ambientalista. Ingeniero especializado en Análisis y Gestión de Riesgos y Desastres. Doctorando en Ciencias Políticas UCV. Ex Director Nacional de Defensa Civil de Venezuela. Profesor Fundador de la Cátedra de Análisis de Riesgo del postgrado de Ingeniería Ambiental de la UCAB y de Gestión de Riesgos para la Prevención de Desastres del pregrado de Ingeniería Civil de la UCV. Miembro de la Comisión del Ambiente de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Presidente Fundador de la ONG Fundación Red de Solidaridad Ciudadana para la GRD/ACC. Tte. Cnel. (R) Cuerpo de Bomberos de Caracas.

CAPÍTULO XII

CONFLICTOS AMBIENTALES

Introducción

Una característica del ser humano desde tiempos muy remotos y de la sociedad actual es la de tener valores, intereses y puntos de vistas diferentes. Por esa razón la existencia de conflictos ha sido inevitable a lo largo de la historia.

En capítulos anteriores de esta obra se han tratado los temas relacionados con el ambiente y el desarrollo sostenible, los recursos y la contaminación ambiental y los problemas ambientales. Los últimos han sido los generadores de conflictos como consecuencia directa de controversias que se pueden presentar entre actores sociales con diferencias de percepción, intereses y valores sobre algún tema en especial, como resultado del uso o manejo de recursos naturales y de espacios territoriales, o como resultado del impacto ambiental de proyectos.

Las Naciones Unidas en el Documento Técnico *Demographic Components of Future Population Growth* publicado en el año 2013, señala que para el año 2050 la población del planeta se ubicará entre los 8.600 y 9.500 millones de habitantes. Para satisfacer la demanda de esa población ya para mediados de la década de los '90, se estimaba que la maquinaria económica debía quintuplicar su capacidad de producción (Homer-Dixon, 1994). En un reporte denominado *How to Feed the World in 2050* (2009a) se estimaba que para esos años el 70% de la población mundial viviría en áreas urbanas, la producción de alimento debía incrementarse en un 70%, la producción de cereal debía alcanzar las 3 mil millones de toneladas por año, y la de carne debía llevarse a las 470 millones de toneladas anuales. Se hace entonces muy evidente que será necesario incrementar la explotación de los recursos naturales, así como la ocupación y modificación de muchos espacios naturales que en la actualidad se mantienen en condiciones casi inalteradas.

Al igual que se requieren aumentos importantes en la producción de alimentos, muchos investigadores reconocen que la sobreexplotación de los recursos naturales puede generar a futuro escases de los que se tenían como ilimitados, pero que se encuentran en la actualidad en continuo deterioro por mal manejo y contaminación, como está ocurriendo con el agua, suelos de calidad agrícola, reducción de las masas boscosas con la pérdida de la diversidad biológica asociada. A estos potenciales efectos del creci-

miento de la población se suman los impactos derivados del cambio climático, hecho ya considerado como evidente por varios sectores de la sociedad.

Así mismo en el caso de proyectos de ingeniería, particularmente aquellos que involucran la construcción de infraestructuras mayores tales como plantas industriales, facilidades de producción de energía, vialidad, represas, desarrollos de industrias extractivas (minería), expansión urbana entre otras, se coloca a los habitantes de las zonas dentro del área de influencia de estos, en la necesidad de tomar posiciones de enfrentamiento al exigir el mantenimiento de la calidad de vida, el respeto a las fuentes de recursos naturales entre los cuales el agua y el aire, que les garantiza la vida y los suelos mediante los cuales producen sus alimentos que le dan el sustento, pueden generar situaciones conflictivas que si no son enfrentadas o resueltas, pueden alterar las relaciones entre las partes involucradas. Según Weidner (2002) uno de los problemas mayores que enfrentan los responsables de la gestión ambiental es la definición de la posición que toman los habitantes en los países industrializados y en aquellos en el proceso de incrementar sus capacidades industriales, por los impactos negativos que se generan en los procesos de construcción y de operación de esas infraestructuras.

Las posiciones encontradas de varios sectores de la sociedad humana y los hechos referidos, sin caer en posiciones catastrofistas, señalan la posibilidad de un incremento en los enfrentamientos y disputas, no por causas religiosas o por intereses relacionados a la expansión territorial, ya muy evidentes en el mundo, sino por hechos asociados a la materia ambiental. Otros investigadores señalan que los conflictos pueden también surgir como producto de fuerzas motrices tales como la búsqueda del poder, la opulencia, las condiciones de riesgos y seguridad alimentaria y la situación de pobreza al no poder cubrir las necesidades básicas, particularmente en las comunidades y países de menos recursos.

En Huntjens y Nachbar (2015) se señala que el cambio climático está directamente relacionado a situaciones complejas de seguridad a todos los niveles y se refieren a la situación como de “seguridad climática global”, que ha tomado importante posición en el debate público tanto a nivel del mundo científico como político y en la comunidad de los tomadores de decisión.

En el mundo globalizado actual, los conflictos en general pueden alcanzar diferentes escalas tanto a nivel global, entre naciones, a nivel interno de los países, grupos de individuos, comunidades o entre individuos, y enfrentarlos inclusive de manera violenta. Las disputas, en muchos casos con base ambiental, pueden terminar como conflictos económicos y políticos, si los inte-

reses de estos sectores se ven involucrados. Según las observaciones realizadas en varios casos en el mundo industrializado y aquellos en desarrollo, los proyectos han encontrado oposición de la comunidad directamente afectada y de las organizaciones ambientalistas.

La mayoría de los conflictos ambientales en la actualidad están asociados al uso de los recursos, especialmente el agua, a los alimentos y a la energía en todas sus formas, todos ellos necesarios para la supervivencia de la especie humana como la conocemos y con los modelos de desarrollo seleccionados.

1 Definiciones fundamentales

Autores como Hagmann (2005) señalan lo complicado y ambiguo de la idea de los conflictos inducidos por situaciones y problemas ambientales. Los términos “conflictos ambientales”, “seguridad ambiental” y “violencia ecológica” se han usado indistintamente en la literatura. Stephan Libiszewski, referido por Spillman (2004) indica que como resultado de una reunión sostenida el 1 de mayo de 1992 en Zurich, Suiza, como parte del Proyecto Ambiente y Conflictos definieron “conflicto ambiental” de una manera amplia como:

“...los conflictos ambientales se manifiestan como controversias políticas, sociales, económicas, étnicas, y territoriales o también sobre recursos naturales o intereses nacionales.”

es una forma más concreta y aplicable a una situación comunitaria, regional o de país, se entiende como *conflicto*, a:

“...Una controversia que ocurre entre al menos dos individuos, grupos de individuos, comunidades por diferencias asociadas a valores, intereses o puntos de vista en relación a una materia específica, que resultan en diferencias de opiniones, decisiones y conducta que afectan directa o indirectamente a otro individuo o grupo de individuos.”

Conociendo lo que es *conflicto* se hace necesario definir el término *ambiente* como:

“El ambiente es un sistema complejo en el cual las partes y el todo están integrados por un conjunto dinámico de dimensiones/componentes físico-naturales, socioeconómicos, culturales y políticos estructurados de manera jerárquica, compuestos a su vez por subsistemas que están en constante interacción entre ellos y con el entorno, en permanentes cambios derivados de procesos naturales o inducidos por la acción humana, a diferentes escalas, en un espacio y tiempo determinados.” (Lairet, 2015: Cap.2).

Las diferencias o enfrentamientos también pueden surgir por situaciones relacionadas con lo ambiental, razón por la cual un *conflicto ambiental* se puede definir como:

“...toda aquella controversia que se presenta entre actores sociales (individuos, grupos de individuos, comunidades o países) como consecuencia del uso o manejo de recursos naturales y de espacios territoriales, o como resultado del impacto ambiental de proyectos.”

Otros conceptos

Los conflictos se generan en la mayoría de los casos como consecuencia de un proceso que generalmente parte de una *situación* que no se ha identificado, o que por falta de información o conocimiento un individuo o grupo de individuos, no enfrenta oportunamente desembocando en un *conflicto*, cuando surgen *valores, intereses o puntos de vista* que los enfrenten.

Según el Diccionario de la Real Academia Española define *situación, problema y conflicto* de la siguiente manera:

Situación. En una de sus acepciones lo define como:

“...conjunto de factores o circunstancias que afectan a alguien o algo en determinado momento.”

Problema. Como:

“...conjunto de circunstancias que dificultan la consecución de algún fin.”

Conflictos. Como:

“...coexistencia de tendencias contradictorias en el individuo capaces de generar angustias y trastornos.”

Esta definición también encaja cuando nos referimos a grupos de individuos.

Del análisis de la definición de *conflicto ambiental* y de los términos *situación, problema y conflicto* se pueden derivar varios elementos importantes a considerar y analizar:

- > El Problema Ambiental
- > Los conflictos ambientales. Cómo ocurren los conflictos ambientales. Tipos de conflictos. Actores involucrados en el conflicto. El conflicto como proceso.

- > Intereses reales de las partes y las posiciones en desacuerdo. Percepción de la situación.

Al producirse el conflicto las partes involucradas deben decidir el camino a seguir para resolver las diferencias entre ellas. Con este fin se han diseñado a lo largo de los años y por el esfuerzo de especialistas en el comportamiento humano, procedimientos y herramientas para que las partes que se vean involucradas en un conflicto puedan resolverlo.

Con esta finalidad se cuenta con:

- > Los procedimientos de resolución de conflictos. La negociación y sus tipos.
- > Los procedimientos alternativos para la resolución de disputas (PARD), desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos como la facilitación, conciliación, mediación, consulta y la construcción del consenso.

2 De una situación o problema ambiental a un conflicto ambiental

La palabra problema se define como un desfase entre la realidad (*objetiva* o *subjetiva*) y una situación deseable y se formula en relación con situaciones de carencia, deficiencia o exceso de un factor indeseado.

Según lo planteado por Rolston (1982) se entiende para este análisis por realidad objetiva o tangible, a toda aquella que es concreta y ocupa un lugar en el espacio y además es percibida por todos, como un árbol, una casa o un río. Mientras que la realidad subjetiva o intangible es el grado de percepción y sentimientos que un individuo, y en algunos casos grupos de individuos, tengan en relación a elementos de la naturaleza (realidad subjetiva natural) o aquellos asociados a la cultura y costumbres (subjetividad humana). Estos grados de percepción son considerados como procesos internos que sólo son captados por el individuo o individuos que los perciben, y su identificación podría afectar en gran medida la capacidad de entendimiento del investigador responsable del análisis de cualquier tipo de conflicto, pero son de gran importancia cuando se analizan los de tipo ambiental.

Según Libiszewski (2004) todo cambio ambiental implica o significa:

“una interferencia desestabilizadora en el equilibrio de un ecosistema.”

Ese *cambio* modifica tanto las condiciones funcionales del ecosistema como aquellas que contribuyen al sostenimiento de la vida, su calidad y las actividades del ser humano.

El mismo autor señala que al alterarse esas condiciones se genera una *degradación ambiental*. Si ese cambio o degradación es resultante de la actividad humana se conoce como un *conflicto* generado por una causa ambiental.

Sin embargo hace una aclaratoria en relación a problemas ambientales asociados al agua, los suelos, la vegetación, a la atmósfera y al clima, océanos y la biodiversidad que son considerados recursos naturales *renovables* y los beneficios que de ellos se obtienen, son vistos como *bienes* o *servicios* que la naturaleza ha puesto a disposición de la sociedad. Estos recursos forman parte de un ciclo retroalimentado que no debe ser modificado en cuanto a su cantidad o calidad, que pueden ser degradados en caso de un impacto inducido por el hombre. Esta condición no se plantea con los recursos llamados *no renovables* como el petróleo y los minerales, que pueden ser *agotados* pero no *degradados*.

Otro término manejado por Libiszewski (2004) es el de la *escasez* para el cual en el caso de los recursos naturales, en el marco del desarrollo sostenible, lo identifica como:

Escasez ambiental, que es aquella causada por degradación, al fallar el manejo sostenible del recurso que generalmente se ha considerado renovable;

Física, cuando el recurso es limitado en cantidad o calidad;

Geopolítica, en el caso que los recursos no estén distribuidos de manera equitativa entre países, regiones, generando grados de dependencia no deseados entre ellos y;

Socioeconómica, se plantea como consecuencia de una distribución espacial y acceso desigual a los recursos requeridos por los diferentes grupos sociales involucrados.

Apoyándose en las ideas expuestas Libiszewski (2004) plantea una definición de lo que debe ser considerado como un *conflicto ambiental*:

“...Es toda aquella disputa entre individuos, comunidades o países, causados por escasez ambiental de un recurso, originada por perturbación de origen humano que altera el normal proceso regenerativo del recurso. La escasez puede ser producto del uso excesivo de los recursos naturales; sobrepasar la capacidad de la naturaleza de actuar como sumidero de la contaminación y empobrecimiento del espacio vital.”

Por lo tanto un *conflicto ambiental* puede escalar desde un sencillo enfrentamiento entre individuos o comunidades, hasta guerras entre regiones o países. En la figura XII.1 se muestran los diferentes elementos involucrados en un conflicto, así como sus relaciones.

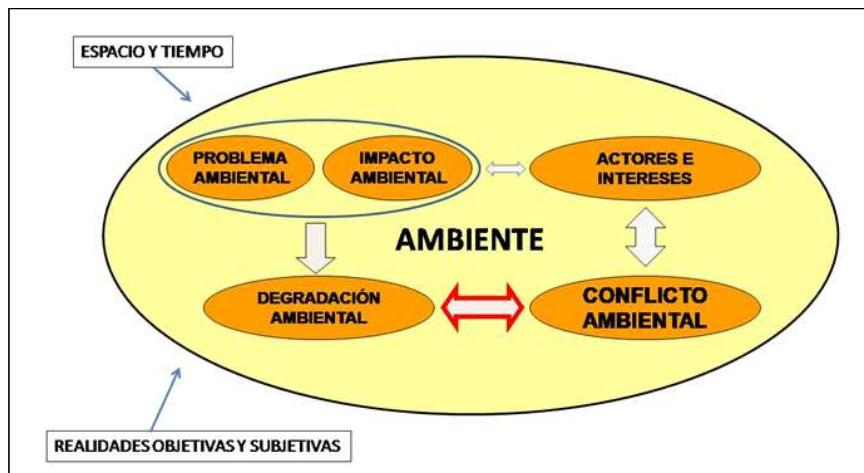


Figura XII.1. Elementos y relaciones en un conflicto ambiental. (**Fuente:** Elaboración propia).

3 Los conflictos ambientales

Un conflicto ambiental parte de una controversia que se presenta entre actores sociales como consecuencia del uso o manejo de recursos naturales y de espacios territoriales, o como resultado del impacto ambiental de proyectos.

3.1 ¿Cómo ocurren los conflictos ambientales?

Los conflictos surgen como resultado de disputas por diferentes razones, todos los individuos tienen derechos y responsabilidades, entendiendo como tales:

Derechos. El derecho a sobrevivir es un constructo legal basado en el sentido del privilegio moral. Los derechos son creados por los individuos u organizaciones dentro de la sociedad. Por lo tanto ese derecho le da al individuo la suficiente autoridad para garantizar su supervivencia (Maser, 1996).

Responsabilidades Los derechos están ligados a responsabilidades. De hecho el derecho a la supervivencia se desarrolla dentro de los límites de la ley (Maser, 1996).

Ambas razones pueden ser manejadas por los involucrados en el conflicto a través de:

Las herramientas del amenazado. Los derechos son compartidos por igual por todos los miembros de la sociedad, sin embargo el acceso a esos derechos *no está igualmente distribuido*.

El rol del temor. El temor es una de las emociones inalienables del ser humano que aparece en muchas de las facetas de la vida.

Seguridad y selección. La seguridad en el derecho a los recursos naturales, es inversamente proporcional al número de oportunidades de las cuales disponemos asociadas a ellos y cuánto control podamos ejercer.

3.2 Características de los conflictos ambientales

Los conflictos ambientales se caracterizan por:

1. Involucrar a más de una persona, grupo de personas u organizaciones, razón por la cual son considerados como acciones colectivas.

2. Son complejos e interdependientes debido a las diferencias en cuanto a:

- > Realidad económica, social y política
- > Complejidad de los temas
- > Multiplicidad de intereses

3. Ocurren en variedad de escenarios

4. Son procesos dinámicos

5. Ocurren en el ámbito público.

6. Trascienden los límites políticos y geográficos.

7. Se enfrentan posiciones que son el resultado de diferencias de percepción, valoración e intereses de las partes involucradas.

8. Derivan de incertidumbre técnica.

Los Conflictos Ambientales son considerados destructivos cuando los recursos naturales involucrados reciben daños irreversibles. Sin importar el tipo de conflicto no se debe permitir que continúen, ya que cuanto más duren más difícil será su resolución.

3.3 Tipos de conflictos

En trabajos como el de Gudynas y Santandreu (1999) y basado en la experiencia en el manejo de conflictos ambientales se identifican siete tipos de conflictos:

De hecho. Cuando la actividad que genera el conflicto está en desarrollo.

Manifiestos. Son aquellos en los cuales las partes involucradas manifiestan de manera pública la disputa y sus posiciones.

De acecho. Cuando la acción que puede generar el conflicto está en fase de planificación, y la información es del conocimiento de los posibles afectados antes de ser hecha pública.

Latentes. Son aquellos en los cuales una de las partes o ambas dejan de manifestar públicamente sus posiciones, aunque no necesariamente implica un abandono de las mismas.

Post morten. Cuando el conflicto se genera en la fase terminal de una actividad.

Simétricos. Cuando los actores tienen un acceso similar a los instrumentos de manejo del conflicto, como la capacidad de realizar pruebas técnicas, mecanismos jurídicos, a medios masivos de comunicación, o cuando el manejo del “poder” no influye en el proceso de toma de decisiones en relación al conflicto.

Asimétricos. Cuando el acceso a los instrumentos de manejo del conflicto no es equitativo y la influencia y el poder, están en manos de uno de los grupos involucrados.

3.4 Actores involucrados en el conflicto

El análisis de todo conflicto se debe iniciar, además de la identificación del problema y el conflicto ambiental *per se*, con el reconocimiento de los actores involucrados sean estos individuos o grupos de individuos, comunidades o países.

Los actores en un conflicto ambiental son las partes, personas o colectivos que de alguna manera están involucrados o afectados. Los actores pueden ser receptores, iniciadores, generadores o reguladores, así como pueden ser considerados como principales o secundarios en cada una de las clases indicadas. Así, en un conflicto encontramos:

El receptor: Que puede ser un país, una comunidad, una organización, conjunto de personas o un solo individuo que se consideran afectados por un impacto de carácter ambiental.

El generador: Es la organización, comunidad, conjunto de personas o un solo individuo que por acción u omisión ocasionan la situación, problema o impacto ambiental.

El iniciador: Corresponde a la organización, comunidad, conjunto de personas o un solo individuo que dan inicio al conflicto ocasionado por el generador.

El regulador: Es la organización a la cual le corresponde la acción de regular o administrar la materia ambiental.

La experiencia acumulada en el manejo de conflictos ambientales permite identificar a los actores que generalmente están involucrados. Entre estos se pueden citar:

1. El Gobierno en sus diferentes niveles (actores obligados);
2. Comunidades rurales organizadas o no;
3. Organizaciones en pro de la preservación, protección y conservación del ambiente;
4. Organizaciones no Gubernamentales locales e Internacionales;
5. Grupos de base organizados (grupos de choque);
6. Empresas de sector público o privado;
7. Iglesia; y
8. Universidades y centro de investigación.

Los actores despliegan un conjunto de características que deben ser reconocidas y las más significativas en los conflictos de carácter ambiental son: 1. Involucran principalmente a grupos de actores organizados en colectivos; 2. Heterogéneos entre otras razones por una marcada diferencia en el nivel de conocimiento, en el nivel de recursos y poder y en aspectos culturales; y 3. Nivel de representatividad en el conflicto.

3.5 El conflicto como proceso

El conflicto es en esencia un proceso, y como tal puede ser analizado de esa manera. Todo conflicto tiene un inicio un desarrollo y una finalización.

1. Inicio del conflicto. Corresponde al acto mediante el cual las partes involucradas, manifiestan intereses encontrados.

2. El desarrollo del conflicto. Por sus características los conflictos son eventos dinámicos. Como lo indican Padilla y San Martín (1996), esta característica permite clasificar los conflictos en base a su duración como: fugaz, dilatado, intermitente, recurrente y endémico.

Siendo sus principales características:

- > Fugaces. Cuando no logra mantenerse en el tiempo.
- > Dilatados. Es aquel conflicto que logra mantenerse por la falta de una normativa jurídica ambiental precisa que permita una adecuada toma de decisiones, los intereses económicos que están en juego, la debilidad evidente del ente regulador de la materia ambiental o una posición enérgica de los grupos involucrados.
- > Intermitentes. Aquel conflicto que ocurre a intervalos temporales desiguales o que varía en intensidad.
- > Recurrentes. Cuando los intervalos de ocurrencia del conflicto se regularizan, como consecuencia de los requerimiento de una de las partes.
- > Endémico. Son conflictos similares a los recurrentes pero con comportamiento cíclico y en períodos largos.

3.6 Terminación del proceso de conflicto

La solución del conflicto se da cuando las causas del impacto son eliminadas, los daños ambientales son reparados y las razones en general que lo generan desaparecen.

Las soluciones pueden ser de diferentes tipos:

1. Negociada: cuando las partes involucradas decidieron abrir un proceso de Negociación para resolver sus diferencias y se atiendan al resultado de este.
2. Por vía judicial: cuando se implementa el dictamen judicial.

4. El interés e intereses sentimientos, valores y percepción. Elementos fundamentales en el manejo de conflictos

Se denomina **interés o intereses** a los sentimientos de las partes acerca de lo que es básicamente deseable y que se han identificado como realida-

des subjetiva naturales y humanas. Se encuentran en el centro del pensamiento y la acción de los individuos formando el núcleo de muchas de sus actitudes, metas e intenciones. Se trata de aquellos puntos que importan a las personas y que involucran no sólo aspectos cuantitativos, monetarios, materiales y prácticos, sino también cuestiones de imagen, prestigio, temores, expectativas y de relación. Entre otros está conformado por los elementos de seguridad, pertenencia, bienestar y control que subyacen, generalmente, a las posturas de cada una de las partes involucradas.

Los problemas y conflictos ambientales han generado y generan una experiencia subjetiva y cotidiana que ha traído como consecuencia malestar, insatisfacción, incomodidad, en resumen disgusto colectivo e individual como manifestación clara de malestares sociales.

El sociólogo Güell (2002) define subjetividad como:

“...la trama de percepciones, aspiraciones, memorias, saberes y sentimientos que impulsan y orientan nuestra actuación en el mundo.”

Además sostiene que un desarrollo que no apoye la confianza, reconocimiento y sentidos colectivos no contará con una sociedad que lo sustente, razón por la cual la sostenibilidad social garantiza la viabilidad y éxito de un programa de desarrollo, y el éxito también estará ligado a la percepción que la sociedad tenga en cuanto a que la subjetividad colectiva sea reconocida y fortalecida.

5 Los procedimientos de resolución de conflictos

La resolución de conflictos es un tema que se pierde en el tiempo, en la Biblia se mencionan métodos para dirimir diferencias. En la China milenaria se desarrollaron los recursos para mejorar el trato entre los ciudadanos y evitar enfrentamientos. En el siglo XX surgieron procedimientos para resolver diferencias entre individuos, grupos de individuos, comunidades y países, como producto del surgimiento de enfrentamientos violentos entre personas, patronos y empleados cuando surgían diferencias en materias sindicales y entre países como las dos Guerras Mundiales y los conflictos que han surgido en los últimos años.

En Venezuela desde la época pre-descubrimiento, las diferencias entre individuos y grupos de individuos eran resueltos por medio de conciliación, con la participación de los ancianos de los grupos originarios. Ya en la época de la Colonia y durante la Guerra de Independencia se usó la figura de los Hombres Buenos Conciliadores y los Jueces de Paz, esta última figura es referida en las Constituciones desde la de 1811 y siguientes.

Los procedimientos más conocidos para enfrentar conflictos son: negociación, facilitación, conciliación, mediación, consenso, arbitraje y la decisión judicial, que se describirán a continuación.

5.1 La negociación

El más utilizado de los procedimientos es la negociación que se entiende como:

“...un proceso que tiene lugar directamente entre las partes, sin ayuda ni facilitación de terceros y no necesariamente implica disputa previa. Es un mecanismo de solución de conflictos de carácter voluntario, predominantemente informal, no estructurado, que las partes utilizan para llegar a un acuerdo mutuamente aceptable.” (Návarro y García, 2007)

Negociar es la actividad que despliegan las partes involucradas cuando, a pesar de tener intereses en conflicto, poseen también una zona de conveniencia mutua donde las diferencias pueden resolverse.

Existen un conjunto de condiciones o estilos de actuar de las partes involucradas que se deben conocer antes de proceder a un proceso de negociación, estos son:

El Poder. Es la habilidad que una de las partes tiene para implementar o evitar la implementación de la decisión sin el acuerdo de los otros.

La Influencia. Es la presión indirecta que una parte puede traer para apoyarse debido al poder que tiene para ofrecer sanciones o beneficios de otras áreas relacionadas o no.

La Persuasión. Es un proceso para asegurar decisiones que ya hayan sido tomadas y aplicarlas a puntos no negociables donde una parte es incapaz de conceder o comprometerse. La persuasión puede involucrar el uso de poder o la influencia, o una combinación de ambas.

La Posición. Es aquello que cada parte reclama en una situación de conflicto, en función de su visión particular o punto de vista que cada una de ellas tiene del problema que ocasionalmente las enfrenta. Como estilo de negociación conduce a que cada parte pretenda hacer prevalecer su punto de vista asumiendo una postura inflexible, aun en perjuicio de su verdadero interés. Este estilo de negociación basado en posiciones presenta múltiples inconvenientes que se pueden agrupar en dos categorías: a) con frecuencia

conduce a resultados pobres; b) el proceso de negociación basado en posiciones contribuye con frecuencia al deterioro de las relaciones entre las partes.

5.2 Modelos de Negociación

Cada persona tiene su teoría implícita de negociación, aunque existen distintos métodos que son aplicados por otras tantas escuelas.

Son estilos de negociación específicos los siguientes:

- a) Ganar a toda costa (H. Cohen);
- b) Ganar-Perder;
- c) Negociar sin ceder (R. Fisher y W. Ury);
- d) Negociación eficaz (D. Seltz y A. Modica);
- e) Modelo de las ocho fases (G. Kennedy; J. Benson y J. McMillan);
- f) Ganar-ganar (F. Jandt y P. Gillette);
- g) Negociación efectiva (Huthwaite Research Group);
- h) Negociar para satisfacción mutua (H. Cohen);
- i) Modelo cooperativo (G.Nierenberg);
- j) Negociación mediante consulta previa (Schilling-Vacaflor, A. y Flemmer R.); y
- k) Negociar a la venezolana (A. Ferguson), que el editor y sus colaboradores encontraron que no es un modelo particular de negociación, sino un archipiélago de “estilos negociadores” según el grupo social de que se trate.

5.3 Tipos de negociación

Los tipos de negociación listados no agotan la totalidad de los existentes en materia de negociación. A continuación se describen alguno de ellos:

Negociación asistida: Es aquella en la cual las partes involucradas en un conflicto intentan resolverlo por sí mismas con la ayuda de un tercero imparcial que actúa como favorecedor y conductor de la comunicación.

Negociación colaborativa: Es aquella en la que se contrapone la negociación basada en posiciones a otra basada en intereses, donde se manejan dos alternativas conocidas como MAAN Y PAAN:

¿Qué es el MAAN? Abreviatura de la “*mejor alternativa al acuerdo negociado*”. Es una expresión que define a la mejor solución que cada uno tiene fuera de la negociación para la preservación de sus intereses, si no llega a un acuerdo. Es el último paso de la segunda etapa de la negociación colaborativa. Es una variable que debe ser considerada para saber cuál es la opción que se tiene fuera de la negociación, es decir, para saber si es más conveniente procurar un acuerdo o abandonar el proceso de resolución de disputas.

¿Qué es el PAAN? Es la sigla que describe la “*peor alternativa al acuerdo negociado*”, es decir, a la peor solución que cada uno tiene fuera de la negociación para la preservación de sus intereses en caso de no arribar a un acuerdo. También debe considerarse esta variable a los mismos fines expuestos precedentemente (MAAN).

Negociación competitiva: Es aquella en la cual el negociador trata de ganar a cualquier precio. En general, este tipo de negociación tiende a provocar una escalada del conflicto antes que su resolución. Por otro lado, es un proceso que conduce a una ira, cuyas consecuencias pueden ser mucho peor que los beneficios obtenidos por una pequeña transacción.

Negociación cooperativa: En ella se tratan de identificar los reales intereses de las partes, conciliando los comunes. Ambos participantes buscan una solución, lo más satisfactoria posible para cada uno de ellos, en primer lugar explorando juntos las preocupaciones y aspiraciones de cada uno, para que el conflicto se resuelva por la simple mejora de la comunicación o, de lo contrario, identificando y creando modos para que sus intereses puedan satisfacerse con el menor costo posible para la otra parte, o eventualmente sin ningún costo. Para ello es indispensable tener en cuenta la diferencia existente entre posición e interés.

Negociación integrativa: También denominada nueva teoría de la negociación, procura redefinir el problema a través de un intercambio de intereses para lograr ampliar los resultados positivos para ambas partes.

Se trata de que las partes manifiesten deseos de ganancias mutuas y una alta cooperación. Las razones para dar una orientación integrativa a una negociación son las siguientes:

- a) Se apoya y tiende a desarrollar un clima de confianza;
- b) Al disminuir los riesgos de revisar posteriormente el acuerdo, se asegura una mayor estabilidad a la solución negociada;
- c) Se presta para tomar en cuenta las relaciones entre los negociadores en el futuro.

- d) Valoriza la creatividad, la búsqueda de opciones constructivas y dinámicas, la movilización de ideas y de acciones nuevas, puesto que se trata de persuadir a la otra parte de trabajar juntos.
- e) En un plano más general, es susceptible y se transforma en un modo cotidiano de solución de problemas, de enriquecer la cultura, de emprender y completar los modelos tradicionales de “autoridad” y de “acuerdo”.

Negociación de fuerza: Se basa en el poder, entendido éste como un fenómeno que se presenta en la mente de los sujetos que participan de una negociación. El poder se reconoce como un aspecto que puede incidir en el resultado del proceso negociador. Las fuentes del poder son múltiples. Según su origen, pueden ser:

- a) Institucionalidad: la ley y la jerarquía, las que distribuyen el poder entre las personas.
- b) La fuerza: la capacidad de coacción, presión y coerción. Los grupos dotados de poder por la ley o por la acción, como los sindicatos.
- c) El influjo personal: que puede ser multiforme, se puede tratar de un influjo psicológico (“carisma”), de un influjo funcional (competencia, experiencia), así como puede surgir de la capacidad de inducción de un individuo o de un grupo, para demostrar y persuadir.
- d) El poder económico: asociado a la capacidad de controlar procesos basados en el poder del dinero.

Negociación tradicional: Básicamente es un proceso de regateo en el cual el énfasis se pone exclusivamente en el reparto de aquello que se negocia. Entonces no es más que un presupuesto del acto de negociar, y es lo que uno gana y lo pierde el otro.

Negociación distributiva: Es aquella en la cual los negociadores demuestran una débil cooperación e incluso, en casos extremos, ésta es nula. Se prioriza la ganancia personal, hasta en detrimento de los objetivos contrarios comunes. En este tipo de negociación los poderes de que gozan las partes entran en juego a fin de desempatar la posición de los negociadores.

Negociación razonada: Es la que se asienta en la buena fe, abriendo la comunicación y la voluntad de arribar a un acuerdo aceptable para ambas partes, teniendo en cuenta los valores y los objetivos de cada una.

Ampliar la torta: En ocasiones la negociación gira en torno a un problema único, supuesto en el cual los problemas son más difíciles -sino imposibles- de resolver. Una disputa sobre dinero, puede que no sea más que un aspecto de una controversia que incluye otras cuestiones que también deben ser resueltas, como por ejemplo cuestiones sociales, personales e incluso dentro de éstas últimas, emociones profundas. El negociador también debe poner esos problemas sobre la mesa, ampliando de este modo los temas en discusión.

El Bogey: Es una táctica de negociación que implica una medida temporal utilizada para evaluar el comportamiento de la otra parte. Se basa en ciertos principios fundamentales de la negociación:

- a) Siempre que se eleve el ego de la otra parte se procura obtener algo a cambio.
- b) Esperar la oportunidad de mostrar lo que las partes saben.
- c) Siempre existe la posibilidad de lograr un buen acuerdo, si las partes tienen la voluntad de buscarlo.

El Torbellino de ideas o Brainstorming: Se trata de un proceso mediante el cual se procura, sobre la base de los intereses, generar distintas aproximaciones a una solución del problema. Para generarlo se debe contar con un: clima informal, permisivo al máximo, sin críticas y sin exigencias metódicas donde existe la posibilidad de que en el conjunto disperso e inco-nexo de ideas, aparezca la solución que justifique todo lo demás. El objetivo es desarrollar y ejercitarse la imaginación creadora dar lugar a la capacidad de establecer nuevas relaciones entre las opciones e integrarlas de una manera distinta y producir ideas originales o soluciones nuevas.

5.4 El Proceso de Negociación

Las fases de todo proceso de negociación son:

El preludio: Idea sobre la cual se da inicio o establece un planteamiento que puede generar una situación, problema o conflicto.

La posición inicial: Las diferentes partes involucradas definen sus puntos de arranque, demandas u ofertas.

Concesiones de intercambio: El proceso en el cual las partes intercambian ideas relativas al enfrentamiento y se describe como “actividad de toma y dame”.

El o los compromisos: Donde las partes se acercan lo suficiente unos a otros en uno o más puntos para que la diferencia sea insignificante.

La conclusión: Donde los compromisos y las concesiones son consolidados y el acuerdo es alcanzado.

El epílogo o continuación: Cuando el acuerdo es confirmado y promulgado.

5.5 La secuencia del proceso de negociación

Todo proceso de negociación debe seguir la siguiente secuencia:

1. Póngase en el lugar del contrario;
2. Prepárese;
3. Identifique claramente sus “elementos claves” y las “variables claves”;
4. Planifique su posición inicial muy cuidadosamente;
5. “Apunte” alto y muestre confianza en sí mismo y en su oferta;
6. Haga que el contrario revele su posición inicial y su “lista de compras” completa tan pronto como sea posible;
7. Negocie concesiones (preferiblemente con beneficio), pero justifique cada una que usted dé o pida;
8. Muévase firmemente y progresivamente hacia su objetivo;
9. Mantenga el paquete completo en mente todo el tiempo, permaneciendo flexible y manténgase buscando las variables;
10. Resuma claramente en la conclusión;
11. Permita a la otra persona sentir que ha hecho el mejor negocio a pesar de ser usted un buen negociante;
12. Hágale seguimiento continuo al proceso y confirme pronta y enteramente los acuerdos alcanzados; y
13. Nunca cierre la puerta completamente, incluso si la negociación parece haber fallado.

5.6 Preparación para una Negociación

La preparación meticulosa es la base de la cual van a depender los escenarios subsecuentes de cualquier negociación.

La preparación debe incluir: El establecimiento de objetivos claros; Investigación meticulosa de todos los temas relacionados; Evaluación de las personalidades de las partes involucradas; Planificar la sincronización y el

paso del proceso; Preparación del lugar de la reunión y Decidir el estilo, estrategia y la táctica a seguir.

El establecimiento de objetivos claros es una fase importante en el proceso de negociación. A continuación se indican sus características de los objetivos tomando como ejemplo las asociadas a la gestión empresarial pero aplicable a procesos de negociación de conflictos en materia ambiental:

- > *Objetivos Generales.* Identificar todos los puntos y sus potenciales implicaciones, así como si existen demasiados objetivos que lograr en una negociación; determinar si algunos asuntos serían mejor tratarlos en negociaciones separadas y evaluar si existe un balance apropiado entre las varias categorías de objetivos; precisar cuáles son los resultados mínimos, ideal y máximo esperado por cada parte; identificar hasta qué punto los objetivos de cada grupo son delineados por la lógica o la emoción, y sobre todo cerciorarse que todos los objetivos planteados son claramente anotados para referencia futura.
- > *Objetivos personales.* Plantear las siguientes interrogantes: ¿algunos de mis objetivos personales son incompatibles con otros?; ¿mis resultados ideales son realistas y alcanzables?; ¿he solicitado la crítica constructiva de amigos y colegas de confianza?; ¿puedo lograr mi objetivo sin desmejorar mis relaciones con los demás?; ¿cómo evaluaré mi actuación y aprenderé de la experiencia?
- > *Objetivos Económicos* apoyados en las respuestas a las siguientes preguntas ¿he considerado los objetivos económicos de largo y corto plazo?; ¿he estimado las implicaciones económicas de todos mis objetivos? y ¿las consideraciones económicas deberían ser mis más altas prioridades?
- > *Objetivos Organizacionales* que incluye aquellos referidos a: ¿cuál sería el “efecto de onda” de mi resultado para otros?; ¿son mis objetivos compatibles con amplias metas organizacionales? y ¿he verificado que todos mis relacionados entiendan o concuerden con mis objetivos?
- > *Objetivos relacionados a los asociados* ¿quién sería afectado directa o indirectamente por el resultado probable?; ¿qué actitudes estoy tratando de promover?; ¿los asociados entienden / comparten / apoyan totalmente mis objetivos?; ¿qué otros objetivos podrían tener los asociados?; ¿qué efecto tendrá el resultado probable en las relaciones con los asociados?

Algunos aspectos menos relevantes para la consecución de mi objetivo ¿están afectando el clima general de las relaciones?; ¿qué efectos específicos estoy intentando lograr en las relaciones? y ¿cómo verán los representantes de cada grupo involucrado mis objetivos?

- > *Objetivos relacionados con el público o cliente:* Los puntos en discusión ¿serán evidentes fuera de la organización?; ¿qué imagen pública estoy intentando proyectar?; ¿qué imagen pública estoy más propenso a proyectar? y ¿cómo reaccionarían los clientes / suplidores / futuros asociados / inversores?

6 Procedimientos alternativos para la resolución de disputas (PARD)

Además de la Negociación, el procedimiento más comúnmente utilizado en la resolución de Conflictos, existen otros como la Facilitación, la Conciliación, la Mediación, la Consulta y la Construcción del Consenso.

La EPA (*Environmental Protection Agency-USA*) define los PARD como:

“...aquellos procedimientos que son utilizados para resolver asuntos de una controversia que incluye, pero no está limitada, a la conciliación, facilitación, mediación, arbitraje, la consulta, el consenso y la utilización de un obdusman (Defensor del Pueblo) o la combinación de cualquiera de ellas.”

Todas las técnicas involucran a una tercera parte neutral, una persona que asiste a las otras en el diseño y conducción del proceso para alcanzar el acuerdo.

Todos los aspectos de estos procedimientos son de carácter voluntario, incluyendo la decisión de participar, el tipo de procedimiento a utilizar, así como el contenido de cualquier acuerdo final.

Todos ellos pueden también ser utilizados como parte de un proceso de Negociación.

6.1 Prevención de Conflictos

En algunas oportunidades es posible prevenir las disputas antes de que ellas ocurran, mediante la creación del fortalecimiento de la comunicación entre los interesados en relación a temas importantes, la interacción entre ellos y sus relaciones.

Los Procedimientos Alternativos para la Resolución de Disputas (PARD) ya mencionados son utilizados en una variedad de contextos para asistir en la prevención de los conflictos.

6.2 Evaluación de Conflictos

La Evaluación del Conflicto involucra el uso de la tercera parte neutral como ayuda en la búsqueda de las causas del conflicto, identificar las personas u organizaciones que pudieran verse afectadas por el resultado del conflicto, y ayudar a los involucrados en considerar la mejor vía para enfrentarlo.

El responsable de la convocatoria podría también ayudar a preparar a los involucrados que participarán en el proceso de resolución de la disputa, mediante el adiestramiento de las partes en los diferentes componentes del procedimiento seleccionado.

6.3 Los Procedimientos Alternativos para la Resolución de Disputas (PARD)

6.3.1 La Conciliación: Es el procedimiento mediante el cual las partes alcanzan acuerdos, satisfactorios para ambas partes, e inclusive la resolución del conflicto, mediante la intervención de un tercero neutral, calificado y aceptados por los involucrados que es denominado “conciliador”. El proceso de conciliación generalmente es una acción o cosa juzgada, por lo tanto la conciliación es una forma de resolver directa y amistosamente los conflictos que surgen entre individuos o grupo de individuos (por voluntad de las partes) y suscribiendo mediante un acta conciliatoria lo acordado.

6.3.2 La Facilitación: Es el procedimiento usado para ayudar al grupo de involucrados en el conflicto a sostener discusiones constructivas con relación a aquellos puntos que son considerados complejos y potencialmente controversiales.

El facilitador provee asistencia ayudando a las partes en la búsqueda de reglas para la discusión, promoviendo la comunicación efectiva, seleccionando y produciendo opciones creativas y manteniendo a los involucrados enfocados y en línea con el problema a resolver.

La facilitación puede ser utilizada en momentos en que las partes no hayan llegado a un acuerdo para resolver el conflicto.

6.3.3 El Arbitraje: El arbitraje es una opción en la que las partes, de hecho, contratan a un individuo o a un grupo de individuos para que tomen una decisión sobre su conflicto, de manera muy parecida a como lo haría un

juez. Las partes escogen al árbitro basándose en sus antecedentes y en su experiencia. El proceso avanza de manera formal pero con mayor flexibilidad que un proceso judicial. En un principio el árbitro escucha y estudia las pruebas y los argumentos de las partes. Finalmente, apoyándose en lo anterior, emite una decisión definitiva y vinculante sobre el conflicto llamada laudo. El laudo es inapelable salvo en muy contadas excepciones. Las decisiones arbitrales son generalmente apoyadas y consideradas obligatorias por los tribunales de la mayoría de los países.

Las ventajas del arbitraje son: elección de los árbitros por las partes; apelación limitada; posibilidad de elección del derecho sustantivo (conjunto de normas y preceptos que reglamentan el comportamiento de una sociedad); informalidad procesal; posibilidad de ejecución del laudo asimilable a una sentencia; simplicidad; celeridad; certeza; ausencia de publicidad; y especialización en la materia.

El árbitro es un profesional independiente, experto e imparcial, que las partes eligen libremente para que las escuche y tome una decisión sobre el asunto y no tiene por qué ser necesariamente un abogado en ejercicio. En otros términos, el árbitro ejerce su profesión cotidianamente como cualquier persona y sólo se desempeña como tal cuando las partes lo eligen entre un panel que se les ofrece, y toma oficialmente el cargo de árbitro manifestando documentadamente su imparcialidad respecto de las partes y sus representantes. Los pronunciamientos, los laudos que dictan, son equivalentes a las sentencias judiciales.

La decisión sobre este punto corresponde exclusivamente a las partes. En caso de que no exterioricen su voluntad en ese sentido se interpretará que el arbitraje será de equidad.

El arbitraje puede ser:

- > **De derecho:** La decisión se toma de conformidad con las leyes vigentes. En general es un cargo desempeñado por abogados en ejercicio.
- > **De equidad:** La decisión es la que el árbitro considera más justa, según su leal saber y entender. En este caso está capacitado para ser árbitro cualquier persona que, al momento de aceptar el cargo, no se encuentre inhabilitada para el ejercicio de sus derechos.

6.3.4 La Mediación: Proceso en el cual la tercera parte neutral (el mediador), ayuda a aquellos en disputa a lograr un acuerdo satisfactorio a las partes en la solución de sus diferencias. La mediación constituye un procedimiento no adverso y pacífico de resolución de conflictos, tendiente a lograr

un acuerdo rápido y económico en términos de tiempo, dinero y esfuerzo, objetivo difícil de conseguir cuando los conflictos deben dirimirse en sede judicial.

La mediación es voluntaria, informal y confidencial. El mediador ayuda a los involucrados a comunicarse con claridad, a escuchar cuidadosamente, y a considerar vías creativas para alcanzar la solución, por lo que no debe efectuar juicios en relación a las partes o al conflicto y no genera decisiones. Cualquier acuerdo alcanzado debe satisfacer a las partes involucradas

Las principales ventajas de la mediación como método alternativo de resolución de disputas, a partir de su comparación con la vía judicial tradicionalmente utilizada para dirimir los conflictos, son las siguientes:

- > Es más rápida.
- > Es menos onerosa.
- > Es privada y confidencial.
- > Se desarrolla en un entorno y un clima adecuado para el tratamiento del conflicto.
- > Brinda a los participantes la posibilidad de gestionar su propio acuerdo.
- > Es efectiva, voluntaria y neutral (el mediador no toma partido).

Existen un conjunto de diferencias entre la mediación y el resto de los PARD que se explican a continuación:

A. Entre mediación y arbitraje. En la *mediación* las partes conservan el control de la controversia sin delegar el poder de la toma de decisiones en el mediador. Por esa misma razón, cualquier resultado al que se arribe tendrá origen en la voluntad de los participantes. En el *arbitraje* el resultado del proceso deriva del árbitro, quien resuelve según las normas que resulten de aplicación al caso concreto (marco de ganador-perdedor).

B. Mediación y conciliación. La *conciliación* es el mecanismo mediante el cual las partes buscan, por sí mismas, con la ayuda de un tercero imparcial, la resolución de su disputa. Se diferencia de la *mediación* en que, por medio de la conciliación, se puede arribar a un acuerdo mediante una transacción, vale decir, a través de una renuncia recíproca de derechos.

C. La Consulta. Es el proceso de búsqueda del consejo experto y los puntos de vista y opiniones de aquellos que pudieren verse afectados por una decisión tomada, pero reservando el derecho de tomar una decisión final sin el acuerdo de aquellos consultados.

7 La Construcción del Consenso

Se entiende como construcción de consenso al proceso mediante el cual los involucrados están de acuerdo en trabajar conjuntamente para resolver problemas comunes de una manera relativamente informal y en cooperación.

Es una técnica que permite acercar lo antes posible a representantes de los intereses involucrados en el proceso de toma de decisiones.

La parte neutral ayuda a los involucrados a diseñar e implantar su propia estrategia para desarrollar variadas soluciones grupales a los problemas.

La experiencia identifica ciertas características que son fundamentales en el logro del consenso y son referidos como principios guías:

Principio 1: Razón: Los involucrados deben tener una razón para participar en el proceso.

Principio 2: Incluyente no excluyente: Todos aquellos involucrados con un interés en el conflicto deben involucrarse en el proceso de consenso.

Principio 3: Participación voluntaria: Los involucrados en el proceso participan en él voluntariamente.

Principio 4: Diseño propio: Los involucrados deben diseñar el proceso de consenso.

Principio 5: Flexibilidad: La flexibilidad debe ser considerada en el proceso.

Principio 6: Igualdad de oportunidades: Todas las partes involucradas deben tener acceso a la información relevante al proceso y la oportunidad de participar efectivamente a lo largo del mismo.

Principio 7: Respetar los intereses diversos: La aceptación de los valores, intereses y conocimiento de las partes involucradas en el proceso de consenso es esencial.

Principio 8: Responsabilidad (Accountability): Las partes son responsables tanto por los constituyentes como por el proceso que ellos han acordado en participar.

Principio 9: Límite de tiempo: En el proceso deben establecerse plazos realistas.

Principio 10: Implantación: Lograr la implantación y el seguimiento efectivo son partes esenciales del proceso.

8 El Ombudsman

El ombudsman es un oficial con suficiente autoridad para recibir las quejas y ayudar a resolverlas. En el caso específico de la EPA – USA cuenta con varios “ombudsmen” o “Defensores del Pueblo” en muchos de sus programas. Son empleados con la habilidad para observar independientemente las preocupaciones de los ciudadanos y facilitar la comunicación y consideración que pueden llevar a la solución del problema.

9 Ejemplos de conflictos ambientales

En esta parte del capítulo se presentarán ejemplos (no es una lista exhaustiva) de conflictos de carácter ambiental, que han ocurrido en el mundo y en Venezuela, algunos de ellos están en proceso y por sus características se mantendrán en el tiempo. También se han considerado aquellos que por su relevancia hayan sido motivo de estudios científicos y tratamiento por parte de los medios de comunicación serios a nivel local, regional y en algunos casos hasta mundial.

Muchos de los casos que se mencionan han estado asociados a eventos naturales mayores, que han rebasado la capacidad de respuesta de las autoridades responsables del manejo de desastres, a nivel local, regional o de países (en los cuales se han generado conflictos, entre las autoridades y la comunidades afectadas) que percibe una falta de la capacidad de respuesta de esas organizaciones ante tales eventos, según opinión de líderes comunitarios.

9.1 Desastres. (definiciones y ejemplos).

Para este análisis se considera un desastre:

“Grave perturbación del funcionamiento de la sociedad, que causa amplias pérdidas humanas, materiales o ambientales, que exceden la capacidad de la sociedad afectada para afrontarla utilizando sólo sus propios recursos.” (UNDHA, 1993:21).

Esta perturbación suele estar concentrada en el tiempo y el espacio.

Para Pérez de Armiño (2000), la *catástrofe* es causada por un evento natural, como una sequía, inundación, huracán o inducido por el hombre como conflicto armado, accidente nuclear o de carácter ambiental que actúa como detonante de una crisis. El “*desastre*” es el impacto generado por esa crisis con los efectos negativos esperados sobre la sociedad, desde el punto de vista humanitario, social, económico y ambiental. Se produce por la existencia de una vulnerabilidad y se puede representar por la expresión.

Desastre = Vulnerabilidad + Catástrofe

Las catástrofes o eventos extremos son:

- > Terremotos: mayores a 8.0 grados en la escala de Richter. Valdivia Chile (1960), Alaska (1964), Océano Índico (2004) y maremoto, Chile (2010), Japón (2011) y maremoto, Indonesia (2012), Sumatra (2005), Chile (2015).
- > Olas de calor: en Chicago Estados Unidos (1995), Francia (2003), Rusia (2010), India (2015).
- > Sequías: África (1981-1984), Sur oeste de Estados Unidos (2014-2015).
- > Volcanes: Nevado del Ruiz, Colombia (1985); Erupciones límnicas lagos Nyos y Monoun Camerún (1984 y 1986), Pinatubo, Filipinas (1991), Merapi, Indonesia (2010).
- > Ciclones y Huracanes: Katrina, Estados Unidos (2005); Sandy Nueva York, Estados Unidos (2012).

Inducidos por la actividad humana serían:

- > Explosiones: explosión en una planta de plaguicidas en Seveso, Italia (1976), explosión plataforma Ixtoc I, bahía de Campeche, México (1979), derrame de petróleo producto de la explosión de la plataforma Deepwater Horizon en el Golfo de México (2010).
- > Derrames de instalaciones petroleras: derrame de petróleo del Exxon Valdez, Alaska, Estados Unidos (1989); derrame del Mega Borg tanquero, Galveston, Estados Unidos (1990).
- > Derrames de sustancias tóxicas: escape de Isocianato de metilo en una planta de la Unión Carbide, Bohpal en la India (1984).
- > Accidentes nucleares: mayores según la escala logarítmica de INES (Escala Internacional de Eventos Nucleares, International Nuclear Event Scale) del 1 al 3 catalogado como incidente y de 4 a 7 como accidente. Los más importantes son los de la Planta Nuclear de Three Mile Island, magnitud 5, Estados Unidos (1979), explosión reactor nuclear en Chernóbil, magnitud 7, Ucrania Rusia (1986) y Fukushima, magnitud 7, Japón.
- > Fallas en infraestructura industrial mayores: incendio en un depósito de la empresa suiza Sandoz en Basilea (1989), explosión en una fábrica de juguetes, Tailandia (1993), explosión en la planta de fertilizantes en Azote, Francia (2001).

Cada uno de esos eventos (naturales o inducidos por la acción humana) generaron problemas que derivaron en enfrentamientos algunos de ellos violentos, que han sido clasificados como conflictos ambientales mayores.

9.2. Conflictos a nivel mundial

Además de los conflictos generados por los eventos mencionados arriba, hay que mencionar los que son producto de impactos en el ambiente de proyectos mayores de ingeniería y en las comunidades ubicadas en su área de influencia, así como los derivados de la explotación de recursos naturales renovables y extracción de aquellos no renovables, que pueden también ser la causa de conflictos ambientales que Urmilla y Bronkhorst (2010) y otros autores señalan que se vinculan a desacuerdos relativos a:

La tierra entre los cuales están aquellos asociados a:

- > daños (fragmentación) de espacios naturales y sus efectos en la biodiversidad;
- > pérdida en la calidad del aire, suelos y el agua;
- > minería e industrias extractivas (petrolera):

Como ejemplos se citan:

- > exploración y explotación petrolera en el “Parque Nacional Yasuní” en la República del Ecuador,
- > explotación petrolera mediante “fracking” en el yacimiento “Vaca Muerta” en el territorio Mapuche, Argentina, y otros casos de “fracking” en Europa, conflictos que en algunos casos han llegado a procedimientos legales como la moratoria de autorización de proyectos hasta que se mejore la tecnología, estos casos están ampliamente referidos en la literatura científica y en la prensa seria internacional.
- > Luchas por los espacios de tierras de buena calidad entre la agricultura convencional y las transnacionales promotoras de los monocultivos.

Efectos del cambio climático donde puede citarse el caso de las Maldivas como consecuencia del incremento del nivel del mar y sus efectos, o aquellos que están surgiendo por la pérdida de grandes volúmenes de hielo en glaciares continentales (muchos de ellos fuente de agua potable para varios millones de habitantes) en Groenlandia, la Antártida, en los hielos en el Ártico, y por sequías extremas como los casos del sudoeste de los Estados Unidos (California), Bolivia y Perú.

En lo social destacan aquellos conflictos que rodean los grandes desarrollos de grandes proyectos energéticos e industriales que son percibidos como potenciales causantes de riesgos y conflictos socioambientales.

Los conflictos por los recursos hídricos, que han sufrido una escalada por la desigual distribución y limitada accesibilidad a estos, reconocido como un recurso vital que garantiza la vida como la conocemos.

Para el *Global Economic Forum* en su Reporte del 2015 los cinco riesgos principales que afrontamos en el planeta son:

- 1- crisis del agua (social y ambiental) como el mayor riesgo que enfrenta el mundo,
- 2- la propagación rápida y masiva de enfermedades infecciosas (riesgo social),
- 3- las armas de destrucción masiva (riesgo de carácter geopolítico),
- 4- conflictos entre Estados con consecuencias regionales (riesgo geopolítico) y
- 5- la falta de adaptación al cambio climático (ambiental y social).

Solberg (2012) citado en Laiet (2013), plantea que a nivel mundial se está incrementando la lucha por muchos de los recursos naturales, entre los cuales menciona petróleo, carbón, oro, cobre y maderas duras (que ha causado la pérdida de grandes superficies de cobertura natural junto con la biodiversidad que lleva asociada). Las luchas por los recursos mencionados han planteado situaciones que en ocasiones han terminado en enfrentamientos, y hay muchos autores que aseveran que en un futuro no muy lejano el agua, traerá algunos nuevos y más profundos conflictos.

Los problemas asociados a la gestión del agua en muchos casos transformados en conflictos, han generado y generan una experiencia subjetiva y cotidiana que ha traído como consecuencia malestar, insatisfacción, incomodidad, en resumen disgusto colectivo e individual como manifestación clara de malestares sociales, como lo asevera el sociólogo Pedro Güell (2002).

En el caso de los recursos hídricos las situaciones planteadas han generado enfrentamientos entre usuarios y los usos del recurso destacándose aquellas entre países que cuentan con cuencas hidrográficas compartidas, disputas que se han transformado en conflictos, como lo indica la publicación *Aguas del Mundo* del Instituto Pacífico (The World's Water of the Pacific Institute) Fig. XII.3, donde se señala que desde el año 3000 A.C., y

hasta el año 2014 (Conflicto IRAK-ISIS Presa de Haditha) se han identificado y analizado unos 343 conflictos mayores asociados al agua, que han involucrado el uso de este recurso como instrumento de guerra y objetivo militar entre países limítrofes, así como su utilización como arma bien sea política, o del terrorismo armado y cibernético, aprovechando el poder de control y distribución de información maliciosa por la intervención de grupos a nivel nacional o internacional.



Figura XII.3. Ubicación (Google Map) de los 343 (3000 A.C., hasta 2013) conflictos mayores, asociados al agua, a nivel mundial. (**Fuente:** The World's Water of the Pacific Institute, 2014).

Entre los problemas internacionales asociados al agua que han generado importantes enfrentamientos puede mencionarse el ocurrido entre la India y Bangladesh por el uso de las aguas del río Ganga-Ganges, que terminó afortunadamente en un acuerdo entre las partes para un manejo equitativo de los volúmenes transportados por el río.

Los conflictos asociados al agua se presentan en cuatro niveles interdependientes:

- > Locales: entre grupos sociales por acceso al recurso en zonas específicas.
- > Nacionales: entre grupos de interés en relación a las políticas nacionales que afectan la administración del agua.
- > Internacionales: por el uso del recurso compartido.

- > Global: entre las llamadas poblaciones o países marginales y aquellos considerados como prósperos cuando se da una distribución no equitativa del recurso.

Pero en algunas partes del mundo, las disputas por el agua ya son sanguinarias. Y lo serán más aún a juzgar por el presente y el futuro del agua dulce en el planeta.

A continuación se listan los conflictos asociados al agua que ha ocurrido en Latinoamérica en el período 1962 al 2004, según Aguas del Mundo del Instituto Pacífico (2011):

1. Enfrentamiento entre Brasil y Paraguay por el Río Paraná (1962–1967)
2. Disputa entre Argentina, Brasil, y Paraguay por el Río Paraná (1970s)
3. En Guatemala matan a personas que protestaban por construcción de una presa (1982)
4. Ecuador y Perú disputa por el Río Cenepa (1995)
5. Revueltas en Cochabamba, Bolivia, por la privatización del Servicio del Agua (2000)
6. Rebeldes Colombianos colocan bomba en una presa (2002)
7. Colocan bomba en planta de agua en Colombia (2003)
8. Campesinos mexicanos mueren en disputa por fuentes de agua (manantial) (2004)

9.3. Venezuela

En el país han ocurrido situaciones y problemas que se han transformado en conflictos ambientales. Según la estructura planteada por Urmilla y Bronkhorst (2010) y otros autores, los conflictos más importantes son:

La tierra entre los cuales están aquellos asociados a:

Daños (fragmentación) de espacios naturales y sus efectos en la biodiversidad y situación de las ABRAE's:

- > En el sureste del estado Bolívar (en las cercanías del Parque Nacional Canaima), se ha desarrollado un conflicto entre las comunidades aborígenes (Pemón) que habitan el área, ONG's por la protección del ambiente, comunidades científicas, y la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), por la construcción de la línea de transmisión eléctrica.

trica (200 Kv) que parte desde la central hidroeléctrica Macagua II, cerca de Puerto Ordaz en el Estado Bolívar, y llega hasta Boa Vista, capital del estado de Roraima en la frontera norte de Brasil. Las manifestaciones empezaron en respuesta a la decisión de la firma en 1997 por dos empresas estatales de electricidad, EDELCA de Venezuela y ELECTRONORTE de Brasil, para la construcción del tendido eléctrico de alto voltaje. Las obras han implicado deforestación, movimientos de tierra y edificación de instalaciones que afectan unas 1600 hectáreas de territorio venezolano, pues el trayecto del tendido posee una franja ininterrumpida de 140 metros de ancho que va entre sus puntos de origen y destino. Las comunidades indígenas Pemón, que viven en la Gran Sabana de Venezuela son las más afectadas. En el 2015 el proyecto fue paralizado del lado venezolano, ya que inclusive una comisión parlamentaria aseveraba que no se respetaron las leyes vigentes y no fueron respetadas las comunidades indígenas del sudeste del país. El tendido atraviesa parte del Parque Nacional Canaima y de la Reserva Forestal de Imataca.

- > En el sudeste del estado Bolívar se plantea otro conflicto dilatado e intermitente entre la comunidad Pemón y EDELCA en representación del Estado venezolano. En la temporada de sequía ocurren numerosos incendios de vegetación que son causados principalmente por los miembros de la etnia Pemón. Las quemas periódicas las realizan a fin de preparar el conuco, cazar, limpiar los caminos, alejar y espantar animales peligrosos, para la comunicación entre comunidades, así como para la limpieza y mantenimiento de las sabanas con la finalidad de prevenir incendios de mayores magnitudes (Rodríguez, 2004). En el trabajo de Rodríguez se señala que no se pretende modificar las visiones de científicos sobre el impacto negativo de los incendios, pero resalta el hecho evidenciado, también en otras partes del mundo, que la visión de las comunidades indígenas sobre el manejo del fuego no son menos validas que la de los científicos, a pesar que la comunidad científica tiene mayor acceso a los medios de comunicación y por consiguiente a exponer su punto de vista. Rodríguez (2004) indica que:

“La transformación a largo plazo de este conflicto requiere de un mayor equilibrio entre las visiones de los Pemón, científicos y técnicos sobre el fuego, su uso e impacto ambiental, así como de un diálogo que les permita discutir y clarificar sus diferentes perspectivas.”

Para ello es necesaria una mayor disposición de parte de científicos y técnicos para comprender la lógica Pemón en el uso del fuego.

Para los abuelos el fuego es el centro de su identidad cultural, por lo que cualquier modificación o inclusive medida de control puede ser vista como una amenaza a su sobrevivencia cultural.

- > La propuesta de desafectar 3.500 hectáreas del Parque Nacional el Ávila y modificar los linderos del Parque, fue conocida a través de los medios de comunicación el 6 de septiembre de 2005 mediante declaraciones del Arquitecto Pietro Vallone, Presidente del Instituto Nacional de Parques (INPARQUES), con la intención de utilizar esos terrenos para expansión urbana y así poder dotar de viviendas a desplazados por los eventos meteorológicos extremos ocurridos desde 1999. Este planteamiento generó uno de los conflictos más virulentos de los últimos años enfrentando al Estado venezolano con los grupos ambientalistas que fijaron posición al respecto y se pronunciaron en contra de esta medida, entre ellos organizaciones como Tierra Viva, la Federación de Organizaciones y Juntas Ambientalistas de Venezuela, VITALIS, el Colegio de Ingenieros de Venezuela, profesores universitarios, ex funcionarios de INPARQUES y un ex Ministro del Ambiente. Los grupos opuestos a la medida señalaron que los parques nacionales fueron creados para proteger ecosistemas, resguardar importantes recursos escénicos, evitan el crecimiento urbano en zonas inestables y dotar de espacios para la recreación de la población además de garantizar las fuentes de agua potable.
- > El 24 de febrero de 2016 el Gobierno Nacional promulga el Decreto N° 2.248 por: *“la necesidad de impulsar la transición del rentismo petrolero con esfuerzos sostenidos y coherentes de gestión pública, planificación estratégica y estímulo de actores económicos, políticos y sociales con una visión geoestadística definida en el Plan de la Patria, en función de lograr un sistema económico productivo, diversificado e integrado funcional y territorialmente; para lo cual se ha considerado el apalancamiento del sector minero.”*

Desde la promulgación del decreto mediante el cual el ejecutivo propone el desarrollo del Arco Minero del Orinoco para la certificación/exploración de recursos minerales estratégicos (hierro, oro diamantes, aluminio y coltán entre otros), se produjo una situación conflictiva que enfrentó al Estado con

la Asamblea Nacional, Academias, Universidades, asociaciones gremiales, organizaciones ambientalistas de Venezuela, grupos de investigadores a nivel de universidades, comunidades criollas e indígenas de la región del norte del estado Bolívar. Sin duda alguna el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y culturales de la región, a través de la implementación de tecnologías y procesos productivos de bajo impacto, lograrían impulsar el desarrollo económico y el bienestar social tan necesario en el país en estos momentos. Las dudas han surgido por la falta de divulgación por parte del Estado de información sobre el mencionado proyecto generando incertidumbres importantes en los medios científicos, porque lo que no se conoce, no se puede medir, no puede ser gestionado. Todo proceso de desarrollo se debe iniciar por la identificación, estimación y valuación de los bienes y servicios derivados de los ecosistemas y de los recursos que se encuentran en el territorio del Arco Minero del Orinoco, así como en su área de influencia.

La Planificación y posterior Gestión de las actividades que conforman el mencionado desarrollo deben iniciarse con una evaluación de los efectos el desarrollo en el Plan Nacional de Ordenación del Territorio (PNOT) y en particular del estado Bolívar. Así mismo se debe dar cumplimiento a lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), Decretos y Resoluciones ministeriales asociados a los procesos de consulta previa tales como las evaluaciones ambientales (estudios de impacto ambiental) que deben ser informados a las comunidades afectadas, garantizando que las actividades que se desarrollen en el área incluyan las medidas de mitigación y control para minimizar los impactos de estas en el ambiente. Las evaluaciones de impacto ambiental, estratégicas o aquellas a proyectos específicos requeridos por Ley, deben incluir la identificación de los pasivos ambientales e impactos sociales que se generen y establecer las obligaciones de remediación, restauración e indemnización necesarias basadas en información científica, a fin de que éstas sean objetivas y justas para el ambiente y las comunidades que hacen vida en la región.

Pérdida en la calidad del aire, el agua y los suelos

- > Degradación de la calidad de vida para los habitantes de la Vega por la contaminación de la planta Cementos la Vega (Noriega y Machillanda, 1978).
- > La quema de basura (desechos domésticos, comerciales e industriales con presencia de plásticos) en vertederos, lo que en ocasiones genera fuertes protestas de la ciudadanía.

- > Disminución de la calidad de vida por contaminación atmosférica, en los alrededores del Complejo Industrial José Antonio Anzoátegui en Jose estado Anzoátegui.
- > Contaminación por mercurio del Caño Alpargatón, producto de las descargas desde la Planta Cloro-Soda perteneciente al Complejo Petroquímico de PEQUIVEN, en Morón, estado Carabobo.
- > Descargas y fugas de sustancias contaminantes como el amoníaco, cloro, cloruro de amonio y mercurio en las cercanías de la población del Hornito, estado Zulia, como consecuencia de la entrada en funcionamiento de las Planta de Nitroven y Cloro-Soda de PEQUIVEN. La lucha del pueblo comienza en 1985 por razones de salud. El problema se agudiza con la explosión de la Planta de Química VENOCO en marzo de 1990, que trae como consecuencia el Proyecto de reubicación de la población del Hornito de unas tierras que habían ocupado por más de dos siglos. El conflicto sigue y la comunidad no ha sido reubicada.

Minería legal e ilegal e industrias extractivas:

- > Descargas mercuriales y otros metales pesados a las aguas de los ríos como producto de desecho de la minería del oro y otro metales en Guayana (estados Amazonas y Bolívar), que han sido denunciadas por grupos ambientalistas, e investigadores de la prensa nacional e internacional.
- > Conflictos latentes entre los pescadores y la industria petrolera por los derrames y fugas de hidrocarburos en las aguas del Lago de Maracaibo, con efectos sobre la actividad pesquera (principal medio de sustento para los habitantes de las costas del lago).
- > El día 4 de febrero de 2012, vertido de aproximadamente 80.000 barriles de crudo al río Guarapiche por una fisura en una de las líneas del Complejo Operacional Jusepín, causando graves daños ambientales a lo largo de 77 kilómetros del cauce del río Guarapiche y afectando el suministro de agua a la población de Maturín, capital del estado Monagas.

En lo social:

Destacan en el país los relacionados a los casos de conflictos ambientales descritos en este documento. Se pueden extraer aquellos que afectaron directamente a las comunidades, tanto en la reducción de su calidad de vida

producto de la contaminación o por cambios en sus rutinas diarias, que en algunos casos ha llegado a perturbar sus nexos con la tierra por acciones de reubicación. Las comunidades de pobladores originarios al sureste del estado Bolívar por los impactos directos derivados de la construcción del Tendido Eléctrico Guri-Boa Vista y el conflicto relacionado al manejo del fuego en el Parque Canaima por los Pemón en el cual se afectan realidades subjetivas en lo cultural como indica Rolston (1982). Por otra parte la reducción en la calidad de vida de los habitantes ubicados en las áreas de influencia de instalaciones industriales como el caso de Cementos Nacionales La Vega que obligó al Estado a reubicar la instalación Industrial y las que se están presentando en la actualidad en los alrededores del Complejo Industrial de Jose, como consecuencia de la contaminación atmosférica a los centros poblados en su área de influencia.

Los conflictos por los recursos hídricos:

- > Según Lairet (2012) la situación de la Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca del Lago de Valencia, trajo como consecuencia que la Comisión de Ambiente de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat venezolana tomara posición sobre la situación planteada, la cual es considerada como uno de los conflictos ambientales de mayor envergadura en Venezuela. Este conflicto está asociado a la Gestión Integral del Recurso en dos aspectos: el primero relacionado a las variaciones del nivel de las aguas del Lago en los últimos años y el segundo corresponde a los problemas asociados a la calidad de las aguas que se distribuyen en los estados Aragua y Carabobo, que han generado violentas manifestaciones por parte de los habitantes de la cuenca.

La zona más afectada por el incremento del nivel de las aguas corresponde a las urbanizaciones La Punta y Mata Redonda, donde sus habitantes debían ser desalojados y era necesario resarcir los daños causados mediante la cancelación de un precio justo por sus propiedades, como lo indicó el dictamen del Tribunal Supremo de Justicia en el 2006. Esta sentencia no se ejecutó y solo ahora en vista de la emergencia se ha comenzado a una reubicación de los pobladores, pero, sin el pago acordado en la sentencia.

Las medidas referentes a la construcción del dique y el desalojo de la población de las áreas posiblemente afectadas son pertinentes desde el punto de vista técnico. Pero no se puede obviar que estas deben ser complementadas con obras de justicia social, compensación económica, protección de propiedades, y restablecimiento de calidad de vida de las personas involucradas.

En la cuenca, además de la situación asociada al efecto del incremento del nivel de las aguas del Lago, se observa otra situación grave relacionada con la calidad de las aguas que son surtidas a las poblaciones en la cuenca del Lago de Valencia. Es evidente el deterioro de las aguas en el Sistema Pao-Cachinche como consecuencia de los desvíos de fuentes con aguas no tratadas adecuadamente. A esta situación se suma la falta de capacidad de la Planta Alejo Zuloaga que no fue diseñada para tratar aguas con esas características.

En el caso de transvasar las aguas hacia la cuenca del río Guárico a través del río Tucutunemo se pondría en riesgo la calidad de las aguas del embalse Camatagua, principal fuente de la zona metropolitana de Caracas. El Movimiento por la Calidad de las Aguas así como el resto de los movimientos sociales y agrupaciones que hacen vida en el país, han mostrado su preocupación en relación al tema, lo que ha desencadenado una lucha de opiniones en la cual HIDROCENTRO garantiza la calidad del agua, mientras expertos y laboratorios indican lo contrario. Edison Durán del Movimiento por la Calidad del Agua del estado Carabobo, denunció que la situación se estaba presentando desde el año 2007 debido a la contaminación del Lago de Valencia, y advirtió que los niveles de contaminación han aumentado. Detalló que las plantas de tratamiento no estaban funcionando de manera correcta.

El Presidente de la República califica como “*terroristas del agua*” a decenas de miles de venezolanos que en Valencia y otras poblaciones del estado Carabobo protestan por la mala calidad del agua del Pao-Cachinche. El periodista Gustavo Azocar, refiriéndose a la situación de la calidad de las aguas señala -ahora resulta que protestar y exigir agua potable de calidad, para evitar que nuestros hijos se enfermen y se mueran, es terrorismo-. El 11 de octubre 2007 en la mañana se dio una respuesta violenta del Estado, cuando se realizó una manifestación por parte de los habitantes de la localidad de Paraparal II y III en la avenida Los Aviadores, al sur de Maracay, en rechazo al colapso de aguas servidas que enfrentan debido al crecimiento del lago de Valencia, situación que afecta a un promedio de 400 familias. La manifestación fue disuelta con el uso de gases lacrimógenos de la Brigada Antimotín de la Policía de Aragua. Carlos Montilla habitante de la zona refirió:

“Estamos en esta situación desde hace 12 años, pero en los últimos meses se ha agudizado el problema porque el Lago de Valencia crece de uno a dos centímetros diarios y cada vez nuestra calidad de vida es amenazada.”

10 Consideraciones finales

Según Lairet (2012):

“...la Planificación y Gestión Ambiental son fundamentales para lograr el tan deseado Desarrollo Sostenible, y como parte de esas disciplinas el conocer y saber utilizar las herramientas para el Manejo de Conflictos Ambientales, sobre todo en un período de cambios ambientales globales como los que enfrenta la humanidad, es necesario.”

Según Castells (1998) los movimientos sociales son acciones de carácter colectivo conscientes, que permiten o coadyuvan en la transformación de valores y de las instituciones de la sociedad. En los últimos años el surgimiento de grupos y movimientos ambientalistas desde la base de la sociedad, están enfrentando los modelos de desarrollo que de forma equivocada la humanidad ha promovido.

Los desarrollos urbanos no planificados, proyectos industriales sin acuerdos con la comunidad en su área de influencia, la degradación y contaminación ambiental, el incumplimiento de la normativa legal vigente y el cambio climático claramente señalan que la humanidad debe modificar su actitud hacia una más positiva para resolver las diferencias, un comportamiento que según Lairet (2012) se ha comenzado a reflejar por los movimientos paralelos a las reuniones de la Naciones Unidas sobre el tema Ambiental o al Cambio Climático, lo que muestra que hay una sociedad que aspira cambios y que está comenzando a estructurarse y más temprano que tarde, obligará a las organizaciones tomadoras de decisiones a cambiar su actitud.

Los movimientos que han surgido han pasado de una identidad de resistencia a una de proyecto con misiones muy claras, convencidos de que esa es la senda a seguir.

El camino es claro pero los resultados no son tan evidentes ya que no solo estamos enfrentando problemas internos producto de la interacción del hombre con el ambiente, sino que ahora debemos considerar externalidades, el cambio climático, que no están en escalas espacio-temporales que la humanidad pueda manejar, obligándonos a trabajar como una unidad, de lo contrario la viabilidad de la sostenibilidad pudiese estar en un camino sin retorno.

BIBLIOGRAFÍA*CASTELLS, M.*1998. *El Poder de la Identidad. La era de la Información* Madrid: Alianza Vol. 2.*COHEN, H.*1981. *Todo es negociable*. 1^a. ed. español. Barcelona, Planeta, Traducción del inglés de Marcelo Covian, 1980.2004. *Negocie y gane... pero sin involucrarse tanto que pierda de vista su objetivo original*. Bogotá, Norma, 366 p. ISBN 958-04-8454-6.*ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)*2003. *Alternative Dispute Resolution Law*. Office/Conflict Prevention and Resolution Center (MC 2388A), Ariel Ríos Building, Room 2415, 1299 Pennsylvania Avenue, NW Washington, DC, USA.*FAO*2009a. *How to Feed the World in 2050*. Rome, Italy.*FERGUSON, A. y COL.*2012. *El Arte de la Negociación en Venezuela* Publicación patrocinada por BANCOEX, Ediciones Punto de Encuentro A.C., Caracas.*FISHER, R. y U. WILLIAM*1986. *Obtenga el sí. El arte de dialogar sin ceder*. 5^a. Reimpresión. México, Continental, ISBN 968-26-0490-7. Traducción del inglés de G. De Alba Guerra, 1981. 1a edición.*GÜELL, P.*2002. *Subjetividad Social: Desafío para el nuevo siglo*. POLIS, Revista Latinoamericana: Desolación y nuevos vínculos sociales 2, 2002. Versión digital recuperada en: <http://polis.revues.org/7853> ; DOI : 10.4000/polis.7853*GUDYNAS, E. y A. SANTANDREU*1999. *Balance de la gestión legislativa en temas ambientales, 1995-1999*. Documentos de Trabajo, CLAES, No. 48.*HAGMANN, T.*2005. *Confronting the Concept of Environmentally Induced Conflict*. Peace, Conflict and Development: Issue Six, Swiss National Centre of Competence in Research [NCCR].*HOMER-DIXON A. AND F. THOMAS*1994. *Environmental scarcities and violent conflict: Evidence from cases* Peace and Conflict Studies Program, University of Toronto International Security, Vol. 19, No. I (Summer 1994), pp. 5-40.*HUTHWAITE RESEARCH GROUP AND HUTHWAITE INC.*1982. *The Behavior of Successful Negotiators*, Reston, VA, USA.

JANDT, F. y P. GILLETTE

1987. *Ganar ganar negociando. Cómo convertir el conflicto en acuerdo.* México, Compañía Editorial Continental, ISBN 986-26-0704-3. Traducción del inglés de A. Díaz Mata.

KENNEDY, G., J. BENSON y J. MCMILLIAN

1985. *Cómo negociar con éxito.* Bilbao, Deusto, ISBN 84-234-0531-1. Traducción del inglés de R. Jiménez Larrea.

LAIRET, R.

2012. *Los movimientos sociales ambientales asociados a la gestión del agua, sus alcances y limitaciones, en Venezuela y el mundo.* Los Estudios sobre la Globalización y los Nuevos Malestares Globales en el Doctorado de Desarrollo Sostenible, Universidad Simón Bolívar.

2013. *El Agua: ¿Objeto de Estudio para la Geoeconomía?* Seminario sobre Geoeconomía Internacional en el Doctorado de Desarrollo Sostenible, Universidad Simón Bolívar.

LIBISZEWSKI, S.

2004. What is an Environmental Conflict. In Spillman: K. R. y Bächler, *Environment and Conflicts Project*, ENCP Occasional Papers, Center for Security Studies, ETH Zurich/Swiss, Peace Foundation.

MASER, C.

1996. *Resolving Environmental conflict: Towards Sustainable Community Development.* Delray Beach, FL: St. Lucie Press, 220 p. (ISBN: 1-57444-007-1).

NAVARRO, M. C. y L. GARCÍA LEAL

2007. *La Mediación: Modelo bioético-hermenéutico para la resolución de los conflictos en las organizaciones humanas* Frónesis versión impresa ISSN 1315-6268, Frónesis v.14 ,1 Caracas abr. 2007. Versión digital Scielo http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-62682007000100007

NIERENBERG, G.

1968. *Principios fundamentales de la negociación.* Buenos Aires, Sudamericana, Traducción del inglés de Luis Justo, Editorial Sudamericana Buenos Aires, 1984.

NORIEGA, Y. y M. MACHILLANDA

1978. *Costos sociales de la contaminación atmosférica: Un estudio del impacto ambiental de la Fábrica Nacional de Cemento La Vega en la comunidad de la Vega.* Tesis de grado para optar al Título de Licenciado en Relaciones Industriales, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.

PADILLA, C. y P. SAN MARTÍN

1996. *Conflictos Ambientales. Una oportunidad para la democracia.* Observatorio Latino Americano de Conflictos Ambientales, Santiago, Chile.

PÉREZ DE ARMIÑO, K.

2000. *Definición de Desastre* Diccionario (on line) de Acción Comunitaria y Cooperación al Desarrollo, dirigido por Karlos Pérez de Armiño y editado por Icaria y Hegoa. Versión digital en:<http://www.dicc.hegoa.ehu.es/>

REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA

(2014). *Diccionario*. Versión digital publicada en octubre 2014, disponible en lema.rae.es/drae/?val

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, ASAMBLEA NACIONAL

(2002). *Definición de Ambiente*. Comisión Permanente de Ambiente, Recursos naturales y Ordenación Territorial, Caracas, Venezuela.

RODRÍGUEZ, I.

(2004). Conocimiento Indígena vs Científico: El Conflicto por el uso del fuego en el Parque Nacional Canaima, Venezuela. *Interciencia*, marzo 2004, volumen 29, No 3.

ROLSTON III, H.

(1982). Are Values in Nature Subjective or Objective? *Environmental Ethics*.

SELTZ, D. y A. MODICA

(1988). *La negociación eficaz. El arte de obtener sin forzar*. 4^a. ed. española. México, Sayrols, ISBN 968-403-417-2. Traducción del inglés de M. Pérez Gavilán.

SCHILLING-VACAFLOR, A. AND R. FLEMMER

(2013). *Why is Prior Consultation not yet an Effective Tool for Conflict Resolution? The case of Perú*. GIGA Research Programme: Legitimacy and Efficiency of Political Systems, No 220, April 2013. Versión digital en: <http://www.giga-hamburg.de/workingpapers>

SOLBERG SØILEN, K.

(2012). *Geoeconomics*. Klaus Solberg Søilen & Ventus Publishing ApS, ISBN 978-87-403-0128-1. Versión digital en: <http://bookboon.com/en/textbooks/economics/geoeconomics>

THE WORLD'S WATER OF THE PACIFIC INSTITUTE

(2012). *The World's Water*. Water Conflict Chronology. Versión digital en: <http://www.worldwater.org/index.html>

UNDHA

(1993). *Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management*, United Nations Department of Humanitarian Affairs, Ginebra, Suiza.

UNITED NATIONS

(2013). *Demographic Components of Future Population Growth* Technical Paper No. 2013/3, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. United Nations, New York, USA.

URMILLA, B. AND S. BRONKHORST

(2010). Environmental conflicts: Key issues and management implications. *African Journal on Conflict Resolution* Volume 1, Number 2, 2010, in partnership with the School of Environmental Sciences, University of KwaZulu-Natal, South Africa.

WEIDNER, H.

2002. Capacity Building for Ecological Modernization: Lessons From Cross-National Research. In: David A. Sonnenfeld and Arthur P. J. Mol (Hg.), *Globalization, Governance, and the Environment*, Special Issue: *American Behavioral Scientist*, Vol. 45(9):1340-1368.

WORLD ECONOMIC FORUM

2015. *The Global Risk 2015- Report*

Rafael Lairet Centeno

Geógrafo Universidad Central, MSc Universidad Mac Master (Canadá), Doctor en Desarrollo Sostenible, USB. Trabajó en los Ministerios de Obras Públicas y de Ambiente, como experto en Geomática, en la Industria Petrolera Asesor Mayor en Ambiente para proyectos Faja Petrolífera del Orinoco y Condominio Industrial Jose. Autor de libros de más de 45 publicaciones y capítulos de libros sobre ambiente. Profesor universidades Experimental de las Fuerzas Armadas, Simón Bolívar, Metropolitana y Central de Venezuela. Miembro de la Comisiones de Ambiente de la Academias Nacionales de la Ingeniería y el Hábitat, y la de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.

CAPÍTULO XIII

ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

1 La Ordenación del Territorio (Principios rectores)

Toda actividad asociada a los procesos del desarrollo tiene repercusiones en el Territorio en el que se ejecuta, es decir el asentamiento de la población y sus actividades implican cambios en la plataforma territorial que le sirve de soporte e inciden en el ambiente como un todo, en lo físico natural y en lo socio cultural. Estas modificaciones conllevan en consecuencia el establecimiento de un patrón u “orden” por muy incipiente e inconsciente que este sea.

Entendido el “Ambiente” como:

“.....Conjunto o sistema de elementos de naturaleza física, química, biológica o sociocultural, en constante dinámica por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia de los seres humanos y demás organismos vivos, que interactúan permanentemente en un espacio y tiempo determinado.” (Ley Orgánica del Ambiente, 2006, Art.2).

La búsqueda de una relación equilibrada y armónica entre el ambiente y las actividades económicas que una sociedad desarrolla en un determinado espacio físico constituye la ordenación del territorio.

El territorio como espacio geográfico está constituido por el marco natural y el construido por la sociedad y genera sentimientos de territorialidad asociado a acciones de posesión, dominio y pertenencia. En este contexto la plataforma territorial la conforman el medio físico natural, elementos socioeconómicos-culturales, el ambiente y el marco jurídico-institucional.

De acuerdo a Soja, tanto el espacio y el territorio y los procesos derivados de sus dinámicas, constituyen la esencia de la espacialidad de la vida social, son creados socialmente y son reflejos de las interacciones entre espacio/poder/saber. (Soja, 1989).

Partiendo de este concepto, el Territorio se asocia al dominio o gestión en un espacio determinado, ligado a la idea de poder ya sea público o privado en todas las escalas (Correia de Andrade, 1996).

El territorio cumple múltiples funciones; en primer lugar es soporte de todas las actividades humanas, provee de los recursos necesarios para el desarrollo económico, es receptor de todas las acciones que en él se ejecuten y a la vez es limitante de las actividades humanas. En él tienen lugar todas las interacciones socioeconómicas, culturales y políticas de los diversos asentamientos humanos. (Fig. XIII.1).



Figura XIII.1. Funciones del Territorio. Fuente: Elaboración propia.

Lograr la conjunción armónica de todas las actividades humanas respecto a las potencialidades y restricciones de este vasto territorio, ha sido preocupación temprana del hombre en sociedad, que ha instrumentado a lo largo del tiempo vías y medios para alcanzar el bien colectivo mediante una relación equilibrada entre Hombre - Sociedad - Naturaleza.

Geiger (1996), define al Territorio como:

“Extensión terrestre delimitada que incluye una relación de poder o posesión por parte de un individuo o un grupo social, este contiene límites de soberanía, propiedad, apropiación, disciplina, vigilancia y jurisdicción, y transmite la idea de cerramiento”.

Según Méndez (2005, pág. 2),

“El Territorio es la totalidad o parte sustantiva del espacio geográfico objeto de poder del Estado, perteneciente a una nación o asociación de ellas, región, estado o municipio y posee atributos que lo identifican: condiciones físico-naturales, población usos y actividades, sistema de centros poblados, redes viales y de servicios, sistema de transporte estructura político-institucional.”

El territorio como espacio geográfico está constituido por el marco natural y el construido por la sociedad y genera sentimientos de territorialidad asociado a acciones de posesión, dominio y pertenencia. En este contexto la plataforma territorial la conforman el medio físico natural, elementos socioeconómicos-culturales y el marco jurídico-institucional.

2 La Ordenación del Territorio

Según Castellano (1992), la disciplina que se ocupa de establecer el lugar más adecuado para cada cosa se denomina Ordenación del Territorio derivada de la expresión francesa “*l'aménagement du territoire*”. Esta parte de la valoración del papel que juega la localización en los procesos del desarrollo y requiere de la comprensión del Territorio como la base física que provee recursos, es soporte de los ecosistemas y de las relaciones funcionales, producto del intercambio de bienes y servicios, de los asentamientos poblacionales de un determinado espacio geográfico.

Analizando el significado de Orden se entiende por “Orden” un conjunto constituido por una pluralidad de componentes que cumplen determinadas funciones y ocupan ciertas posiciones con arreglo a un sistema de relaciones relativamente estables o pautadas. (Manuel García Pelayo, 1991).

“Orden” es un término polisémico y se utiliza en relación a la distribución física de los hechos en el espacio con el sentido de indicar cómo se localizan. Incluye, con frecuencia un matiz positivo de disposición y distribución adecuada, que llega a convertirse en canon o regla.

Ordenar se deriva del Latín *ordinare*, que significa poner orden y concierto e implica acciones entre las cuales se pueden citar dirigir, estructurar y adecuar.

En términos generales la Ordenación del Territorio se ocupa de analizar, evaluar, adecuar y canalizar la incidencia, de las actividades del hombre en un determinado territorio, a fin de lograr, una mejor calidad de vida, la protección del ambiente, el uso racional de los recursos, de los ecosistemas, y un desarrollo económico integral.

Lograr la conjunción armónica de todas las actividades humanas respecto a las potencialidades y restricciones de un territorio, ha sido preocupación temprana del hombre en sociedad, que ha instrumentado a lo largo del tiempo vías y medios para alcanzar el bien colectivo mediante una relación equilibrada entre Hombre - Sociedad - Naturaleza.

Estos esfuerzos se concretan en planes a partir de la segunda década del siglo XX mediante la formulación de planes de desarrollo regional y posteriormente en planes de ordenación del territorio como resultado del intento de integrar la planificación física con la socioeconómica.

Las demandas socioeconómico-culturales de un colectivo, someten al territorio a transformaciones. Si mismo busca responder a estas demandas en función a la oferta territorial y a las condiciones de la base de sustentación ecológica; a tal efecto se generan una serie de interrelaciones que involucran acciones destinadas a lograr una relación armónica entre ambiente y desarrollo. (Fig. XIII.2).

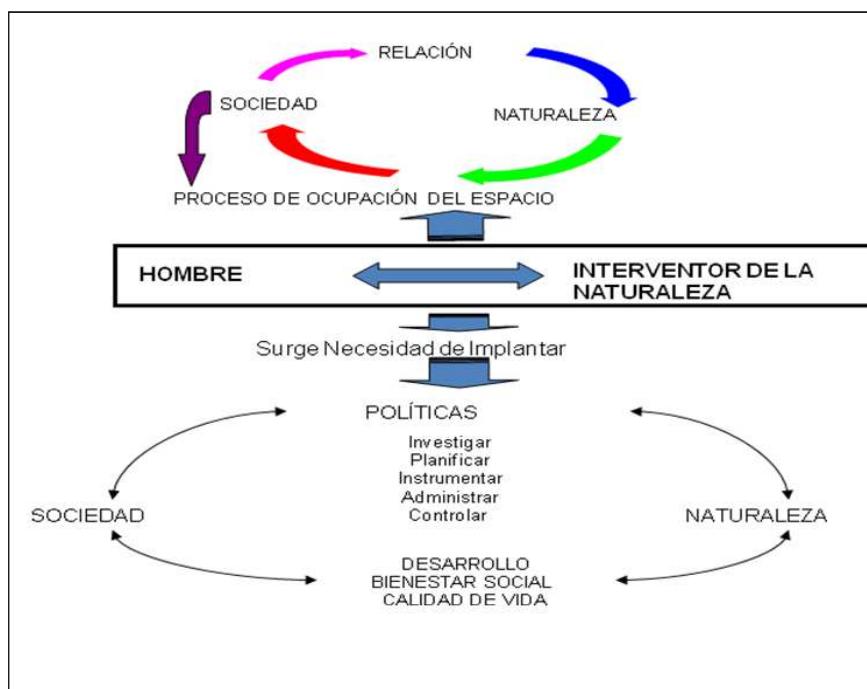


Figura XIII. 2. Gestión Ambiental y Ordenación del Territorio. (**Fuente:** E. Méndez V., 1992).

Hasta la primera mitad del siglo XX, la OT fue un tema sectorial muy asociado a la planificación urbana; a partir de la década de los sesenta, se constituye en un instrumento de planificación integral. Según Gómez Orea (1994):

“La importancia del enfoque moderno de la Ordenación Territorial se inicia, a partir de un intento por integrar la planificación socioeconómica con la física, superar la parcialidad del enfoque temático en la planificación sectorial y ampliar la reducida escala espacial del planeamiento municipal.”

La Carta Europea de Ordenación del Territorio (1983), la define como:

“...la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de una sociedad y a la vez una disciplina científica, una técnica administrativa y una política concebida como una aproximación interdisciplinar y global tendente a un desarrollo equilibrado y a la organización física del espacio guiada por una concepción matriz.”

La Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (1983), en su artículo 2, establece como ordenación del territorio a:

“La regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población así como el desarrollo físico-espacial con el fin de lograr una mejor armonía entre el bienestar de la población, la optimización del aprovechamiento de los recursos naturales y la protección y valorización del ambiente como objetivo fundamental del desarrollo integral.”

Massiris (1993) la define como:

“Proceso y Estrategia de planificación, de carácter técnico-político, con el que se pretende configurar en el largo plazo una organización del uso y ocupación del Territorio, acorde con las potencialidades y limitaciones del mismo, las expectativas y aspiraciones de la población y los objetivos sectoriales de desarrollo. Se concreta en planes que expresan el modelo territorial de largo plazo que la sociedad percibe como deseable y las estrategias mediante las cuales se actuará sobre la realidad para evolucionar hacia dicho modelo.”

La ordenación territorial refleja el intento de integrar la planificación socioeconómica con la planificación física, en logro de una estructura espacial adecuada para un desarrollo eficaz y equitativo de las políticas socioeconómica - culturales - ambientales. Intenta superar parcialidades de enfoques temáticos en la planificación sectorial y la reducida escala espacial del nivel municipal. (Gómez Orea 1994).

Según Méndez (2002), la ordenación del territorio es:

“un proceso planificado o una política del Estado, de naturaleza sociopolítica, técnica y administrativa que se plantea el análisis de la estructura y dinámica socioterritorial, con la finalidad de promover, regular, administrar y controlar la ocupación y uso del territorio, la localización de actividades productivas, de los asentamientos humanos y de infraestructura y servicios, teniendo en consideración los recursos y condiciones naturales, para prevenir y mitigar los efectos ambientales o socioterritoriales adversos que provocan las actividades socioeconómicas de la población e instrumentar estrategias y acciones, que contribuyan al logro de una mejor calidad de vida y a un crecimiento económico sostenible.”

Al orientar la distribución geográfica de la población y de sus actividades de acuerdo con las restricciones y potencialidades de los recursos humanos, físicos y bióticos, la ordenación territorial constituye una vía para alcanzar el desarrollo humano sostenible.

En consideración a los factores analizados en Nuestra Propia Agenda (1991, 71); este documento señala a la ordenación del territorio como una de las estrategias para alcanzar el desarrollo sostenible, por cuanto es una vía para distribuir geográficamente a la población y sus actividades, de acuerdo con la integridad y potencialidad de los recursos naturales que integran el entorno físico - biótico, para alcanzar mejores condiciones de vida.

Igualmente, la Sección II de la Agenda 21 “Conservación y Gestión de Los Recursos para el Desarrollo”, Capítulo 10; señala a la “La planificación y ordenación del recurso tierra” como uno de los medio que contribuirían al logro del desarrollo sostenible.

“Normalmente la tierra se define como una entidad física, en términos de su topografía y naturaleza espacial; si se adopta una visión integrada más amplia, incluye además los recursos naturales: los suelos, los minerales, el agua y la biota que comprende la tierra. Estos componentes están organizados en ecosistemas que proporcionan una variedad de servicios indispensables para mantener la integridad de los sistemas sustentadores de la vida y la capacidad productiva del medio ambiente.”

Más aún señalan que:

“Examinando todos los usos de la tierra de manera integrada, se pueden reducir al mínimo los conflictos y obtener el equilibrio más eficaz y se puede vincular el desarrollo social y económico con la protección y el mejoramiento del medio ambiente, contribuyendo así a lograr los objetivos del desarrollo sostenible.”

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), en su Capítulo IX “De los Derechos Ambientales” establece la necesidad de proteger el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos y las áreas naturales protegidas a objeto de garantizar un desarrollo ecológico, social y económicamente sostenible.

La carta magna en su artículo 128, señala:

“El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sostenible, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.”

El texto constitucional reafirma el carácter integral de la Ordenación del Territorio y su importancia como una estrategia clave a considerar en los procesos económicos y socio ambientales.

La Ordenación del Territorio constituye un medio para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, formulados por Naciones Unidas en 2015:

1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en el mundo
2. Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible.
3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
4. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
5. Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.
6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

7. Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos.
8. Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
9. Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
10. Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos.
11. Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
12. Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles.
13. Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
14. Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible.
15. Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra y frenar la pérdida de diversidad biológica.
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
17. Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Todos los ámbitos de acción asociados a estas metas se consideran en el proceso de la planificación y gestión del territorio, en especial los subrayados en el texto.

En este mismo orden de ideas, las propuestas contenidas en los diferentes planes de Ordenación del Territorio, que orientan la mejor localización de la población y sus actividades, definen lineamientos para el uso racional de los recursos del planeta y establecen pautas de protección y conservación del ambiente, constituyen medidas preventivas o mitigantes y pueden ser consideradas como medidas de adaptación a los efectos consecuencias del Cambio Climático

En conclusión se puede definir a la Ordenación del Territorio como una **Política de Estado y Metodología de Planificación** que mediante la ca-

racterización, evaluación y jerarquización de un determinado territorio, organiza y administra el uso del espacio basado en las limitaciones y potencialidades de los recursos naturales, de la población y sus actividades económicas, a efectos de lograr, el manejo racional de los recursos naturales, la ocupación armónica del espacio y la protección del ambiente, en aras de una mejor calidad de vida y por ende del desarrollo sostenible, mediante la **Gestión Territorial**.

Como política de Estado la Ordenación del Territorio, pauta acciones específicas para los entes del Estado, demanda instituciones de gestión y control territorial, concierne a públicos y privados y es un instrumento fundamental para orientar la estructuración de los espacios nacionales y la organización socio-territorial de la Imagen Objetivo del Modelo Nacional.

Como Proceso de planificado la “OT”, articula diferentes sectores en el marco de los objetivos de desarrollo de un país, interviene los sistemas físico naturales, ecológicos y socioeconómicos culturales de un territorio, tiene carácter prospectivo y se expresa mediante planes a largo plazo, Estos instrumentos están sujetos a los procesos intrínsecos de la planificación, que contemplan análisis del pasado reciente y del presente, prognosis, estudios prospectivos, formulación de objetivos y de la Imagen Territorial, diseño de estrategias y construcción de las vías y medios para implementación de las propuestas.

Como técnica administrativa de Gestión la Ordenación del Territorio requiere, la estructuración de los elementos de las Plataforma Espacial e Institucional de la Gestión Territorial a efectos de la instrumentación de las políticas, estrategias, acciones y programas propuestos.

3 Objeto de la Ordenación del Territorio

La Ordenación del Territorio tiene como objeto el análisis, evaluación y estructuración de la localización de la población y de las actividades en un determinado espacio y su consiguiente modificación o adecuación, considerando al territorio como proveedor de recursos naturales, condicionante de los procesos del desarrollo y soporte del sistema de centros poblados como la concreción de las interrelaciones físico - espaciales.

La Ordenación del Territorio da oportunidad de incidir en los procesos del desarrollo sostenible, mediante el manejo racional de los recursos de un conglomerado y la participación de los actores sociales. Este proceso requiere de la voluntad política de los niveles de toma de decisión y del apoyo

de un marco normativo que rija los procesos de planificación territorial. Respecto a esto Felipe Montes Lira (2001) afirma:

“resulta fundamental aceptar que para el diseño de una política de ordenamiento territorial, es preciso conjugar dos enfoques, el primero relacionado con la gestión de políticas sectoriales, las que deben estar integradas a diferentes escalas territoriales; el segundo, relacionado con un proceso de integración territorial que tome en cuenta las distintas formas de organización política y espacial de cualquier región.”

Igualmente Lira y Riffó (2006), afirman;

“La ordenación del Territorio es un proceso y un instrumento de planificación de carácter técnico administrativo.”

Para abordar este proceso y contextualizar la relación hombre - sociedad - territorio, se requiere dar respuesta a las siguientes preguntas:

¿Que se ha de ordenar?

Se ordenan los usos y actividades resultado de la interacción de una sociedad con su entorno y son reflejos de los patrones históricos de poblamiento. Para dar respuesta a esta pregunta, es necesario el conocimiento y comprensión de las características del territorio objeto de estudio.

¿Para qué se ha de ordenar?

Para lograr los fines y objetivos del Ordenamiento Territorial deseado por un colectivo y así alcanzar la Imagen Objetivo propuesta para la consecución del Desarrollo Sostenible.

¿Cómo se ha de ordenar?

Se refiere a la aplicación de métodos, desarrollo de pautas y criterios y formulación estrategias que permitan la viabilidad del Plan y por ende el logro de los objetivos propuestos.

Para lograr el objetivo de la Ordenación del Territorio, este proceso debe ser: **Integral y Holístico, Sistémico, Planificado, Prospectivo, Diverso, Democrático, Flexible, Viable, y Globalizado.**

> **Integral y Holístico:** La realidad territorial se considera y se estudia como un todo. Los componentes se analizan y se sintetizan integralmente teniendo en cuenta las relaciones que existen entre ellos y se enfatiza la importancia del todo considerado en su globalidad, que es mayor a la suma de las partes y sus interacciones.

- > **Sistémico:** El territorio es un espacio geográfico compuesto por los diferentes sistemas jerárquicos: Administrativo - biofísico - social-económico - funcional.
- > **Planificado:** Expresado en planes y por lo tanto, sujeto a procesos y técnicas de planificación que involucran diversos actores (sociales, políticos, institucionales etc.); así como orientador y coordinador de la gestión del territorio.
- > **Prospectivo:** Contemplando visiones de largo plazo con objetivos, acciones, programas que apoyen el modelo de desarrollo territorial planteado en la Imagen Objetivo deseada y concertando acciones en el presente para alcanzar el modelo de territorio que se requiere.
- > **Diverso:** Reconociendo diferencias de las cualidades naturales y culturales, así como potencialidades y restricciones de un territorio en particular y el tipo de plan.
- > **Democrático:** el proceso debe ser participativo y concertado para conjugar los diversos intereses (económicos, políticos, sociales y ambientales) de un colectivo y dotado de una estructura organizativa y de participación para que el proceso de ordenamiento territorial sea auténtico, legítimo y realizable.
- > **Flexible:** Capaz de ajustarse a los cambios y dinámica de los procesos del desarrollo y adecuarse armónicamente a los programas de gobierno y planes de desarrollo.
- > **Viable:** Construyendo bases de apoyo a la implantación de los objetivos propuestos y formulando propuestas factibles de ser ejecutadas
- > **Globalizado:** Considerando la dinámica de las diferentes regiones geográficas e insertando en sus procesos los problemas globales: Cambio Climático, Conservación de Bosques Naturales y de la Diversidad Biológica, Contaminación de Océanos y Mares, etc.

4 Alcances de la Ordenación del Territorio

Como alcances del Ordenamiento Territorial, Méndez 2005 señala entre otros:

1. La concepción de un desarrollo integral y sostenible y de los objetivos conexos.
2. El conocimiento de los Recursos Naturales y continuidad de su potencial natural, las áreas protegidas y los factores potenciales de riesgo.

3. Ocupación y distribución espacial de la población, su estructura y dinámica.
4. Caracterización de uso de la tierra y la asignación de usos.
5. Localización de actividades económicas básicas de acuerdo a las potencialidades y restricciones físicas naturales, socioculturales y de mercado.
6. Organización del sistema de centros poblados, infraestructura de servicios y sistema transporte.
7. Señalamiento de usos y organización del espacio rural.
8. Adecuación de la estructura institucional, legal técnica de apoyo a la gestión territorial.

El Ordenamiento Territorial es una disciplina que intenta dar espacialidad y sustentabilidad ecológica-ambiental al desarrollo; al orientar la distribución geográfica de la población y de sus actividades de acuerdo con la integridad y potencialidad del ambiente y de los recursos físicos y bióticos, la Ordenación del Territorio constituye una vía para alcanzar el desarrollo humano sostenible; esto implica la instrumentación de técnicas de planificación, análisis socioculturales y de políticas públicas para lograr la Imagen Objetivo o Visión del Modelo de Desarrollo de una Sociedad. A tal efecto deben considerarse aspectos Jurídicos - Institucionales, Ecológicos, Físico - Naturales, Socioeconómico - culturales del Territorio. El análisis integral de todos estos componentes permitirá construir líneas de acción que guíen las actuaciones de la sociedad para el logro del desarrollo humano sostenible.

En síntesis ordenación territorial constituye una política de Estado a largo plazo, que concierne a públicos y privados, debe conciliar los procesos del desarrollo económico con el ambiente, se expresa en planes de carácter multiescalar y cuyo fin último es elevar el nivel de calidad de vida de la población

5 Marco Jurídico en apoyo a la Ordenación del Territorio

La instrumentación de la Política de Ordenación del Territorio se apoya en las normas jurídicas que rigen la materia, las instituciones de apoyo a la gestión y los instrumentos de planificación.

Venezuela cuenta con un extenso cuerpo de leyes que dan soporte a la Ordenación del Territorio, este marco jurídico abarca desde la carta magna, leyes orgánicas, leyes ordinarias, decretos, reglamentos, resoluciones, providencias y actos administrativos. Previo a la sanción de este cuerpo de

normas la ocupación del territorio se apoyó en las actividades de planificación urbana; así como en planes regionales y sectoriales desarrollados por el Ministerio de Obras Públicas y Corporaciones de Desarrollos; a partir de 1958, con la creación de la Oficina Central de Coordinación y Planificación (CORDIPLAN), órgano auxiliar de la Presidencia de la República en materia de planificación; a partir de esta fecha se formulan los Planes de Desarrollo Económico y Social de la Nación, se regionaliza el territorio y se crean las corporaciones regionales de desarrollo. Dentro de las funciones de CORDIPLAN cabe mencionar la coordinación de actividades asociadas al desarrollo regional a efectos de garantizar el cumplimiento, por parte de los organismos públicos, de las políticas, planes, programas y proyectos de Ordenación del Territorio y de Desarrollo Regional (De Los Ríos 1993). En 1976 se sanciona la primera Ley Orgánica del Ambiente, la cual señala a la Ordenación del Territorio como componente de la Conservación Defensa y Mejoramiento del Ambiente; por primera vez en Venezuela el texto de una Ley menciona la Ordenación del Territorio (LOA 1976, Artículos 3 y 7), la Ley Orgánica del Ambiente de 2006, en sus artículos 9, 26 y 29 ratifica la Ordenación del Territorio como herramienta de la gestión ambiental.

5.1 Marco Constitucional

La base constitucional de la Ordenación del Territorio reposa en el artículo 128 de la carta magna que establece:

“...El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.”

Este artículo reafirma el carácter integral de la OT y su importancia como estrategia a considerar en los procesos económicos y socio ambientales que coadyuven al logro del desarrollo sustentable. De Los Ríos (2008), señala además los artículos 304 y 307, relativo el primero a la protección de las aguas respetando el ciclo hidrológico y criterios de ordenación del territorio y el segundo sobre la ordenación sustentable de las tierras de vocación agrícola

5.2 Marco Legal

Venezuela cuenta con numerosas Leyes que tratan aspectos de Ordenación del Territorio. Este amplio compendio abarca: Leyes de Tratados o

Acuerdos Internacionales ratificados por la Nación, Leyes Orgánicas específicas que rigen la materia: Ley Orgánica del Ambiente (LOA-2006), que establece a la Ordenación del Territorio y al sistema de planes territoriales como elementos de planificación y gestión ambiental, insertando en la planificación ambiental el sistema de planes territoriales; la Ley Orgánica de Planificación Pública y Popular (2014), establece en su artículo 20 la vinculación espacial entre los planes estratégicos y operativos y los de ordenación del territorio en sus diferentes escalas. La Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (LOOU), esta Ley sancionadas en 1987, establece los objetivos y lineamientos específicos de la ordenación del territorio en ámbitos urbano:

“...tiene como objetivo fundamental articular, en sede de planificación, los diversos elementos físico-espaciales; económicos-sociales; urbanos-rurales y ambientales necesarios para el desarrollo integral del país.” (Garrido, 1988 pag.31).

La LOOU estipula en su artículo 3 la compatibilidad entre las actuaciones urbanísticas y las políticas de ordenación del territorio, igualmente su artículo 16, señala la integración de la ordenación urbanística al sistema de planes de ordenación del territorio y reconoce el rango jerárquico superior del Plan Nacional de Ordenación del Territorio y de los Planes Regionales y Estadales. Los literales 1 y 2 de su artículo 17 definen como objetivos de los planes de ordenación urbanísticas:

“.... Desarrollar las políticas urbanísticas establecidas en el Plan de la Nación o formuladas por el Ejecutivo Nacional...”

“.....Concretar en el correspondiente ámbito espacial urbano, el contenido del Plan Nacional del Territorio y de los planes regionales de ordenación del territorio.”

El artículo 119 de la LOOU establece la prelación en materia urbanística sobre las contenidas en la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio.

Las Leyes Ordinarias contienen normas y pautas para la conservación y defensa de los recursos naturales y orientan la planificación y gestión del Ordenamiento Territorial. Igualmente los variados instrumentos jurídicos de rango sub-legal dictan acciones en el proceso de ocupación del territorio.

La Tabla XIII.1, resume los instrumentos jurídicos que rigen la Ordenación del Territorio en Venezuela.

Tabla XIII.1. Instrumentos jurídicos para la ordenación del territorio.

Leyes - Tratados Internacionales Convención de Washington Convención CITES Convenio RAMSAR Convenio para Protección y Desarrollo del Medio Marino del Gran Caribe Convención de Diversidad Biológica Convención de Cambios Climáticos - Acuerdo de París Convención para Protección de Patrimonio Mundial Convención Protección de Maderas Tropicales.
Leyes Orgánicas Ley Orgánica del Ambiente Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio Ley Orgánica de Ordenación Urbanística Ley Orgánica de Planificación Pública y Popular
Leyes Ordinarias Ley de Protección de la Fauna Silvestre Ley de Diversidad Biológica Ley de Aguas Ley de Suelos Ley de Zonas Costeras Ley de Bosques
Decretos – Reglamentos y Resoluciones Reglamento Parcial de la LOPOT. Decreto 276 sobre Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales. Reglamento Parcial de la LOA y la LOPOT Decreto 1257 Planes y Reglamentos de ABRAE Decreto 2945 Plan Nacional de Ordenación del Territorio (PNOT). Decretos Estatales de los Planes de Ordenación del Territorio Actos Jurídicos Individualizados sobre Ordenación del Territorio Providencias Administrativas Autorizaciones Aprobaciones

Fuente: Elaboración propia

5.2.1 Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio.

Promulgada en Agosto de 1983, fue la primera Ley Orgánica en materia de Ordenamiento Territorial de Latinoamérica. Previo a la sanción de esta Ley, la Ordenación del Territorio constituía “*el mejor marco conceptual, metodológico y operativo para la conservación del ambiente.*” (Castellano, 2005: 28)

La Ley para la Ordenación del Territorio (LOPOT) delinea las disposiciones que regirán el Ordenamiento Territorial en concordancia con la Estrategia de Desarrollo Económico y Social a largo Plazo y a los principios rectores para la Conservación, Defensa y Mejoramiento del Ambiente. La Ordenación del Territorio se constituye en una Política de Estado de obligatorio cumplimiento para los sectores públicos y privados.

A lo largo de su articulado, la Ley detalla el significado, objeto y ámbito de aplicación de la Ordenación del Territorio, definiéndola como

“... *La regulación y promoción de las localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población así como el desarrollo físico - espacial con el fin de lograr una mejor armonía entre el bienestar de la población, la optimización del aprovechamiento de los recursos naturales y la protección y valorización del ambiente como objetivo fundamental del desarrollo integral.*” (LOPOT, Artículo 2).

De esta definición se deduce que la OT es un conjunto de decisiones políticas, económicas, socioculturales y ambientales para orientar el uso óptimo del territorio nacional; un territorio, que constituye la plataforma en la que se asienta la población, sus actividades y actúan los sectores públicos y privados y en el que se construyen relaciones socio-ambientales.

Los Artículos 3 y 4 de la Ley, señalan las actuaciones de los órganos públicos en materia de Ordenación del Territorio: Elaboración y aprobación de Planes, ejecución, seguimiento y control; así como la adopción de normas y reglamentos.

Los Artículos 5 al 19 de la ley, delinean los instrumentos de planificación para instrumentación de las políticas territoriales de apoyo al desarrollo integral de la nación, establecen el sistema de planes territoriales, estipulan los ámbitos de actuaciones: Nacional, Regional, Sectoriales, de Ordenación Urbanística y de las Áreas de Administración Especial y acotan el contenido de estos instrumentos.

Los artículos 15 y 16 definen como “Áreas de Régimen de Administración Especial” (ABRAE), aquellas porciones del territorio que por sus características excepcionales o limitaciones ecológicas requieren de un ordenamiento específico; estos artículos reúnen por primera vez en un texto jurídico, todas las figuras jurídicas objeto de protección y manejo existentes en el país. El artículo 15 recoge diez categorías creadas previamente por Tratados Internacionales y Leyes: Parques Nacionales, Zonas Protectoras, Reservas Forestales, Áreas Especiales de Seguridad y Defensa , Reservas de Fauna Silvestre, Santuarios de Fauna Silvestre, Monumentos Naturales, Zonas de Interés Turísticos. En el artículo 16, se establecen otras categorías de protección especial: Zonas de Reserva de Manejo Integral de Recursos, Costas Marinas de aguas profundas, Hábitats Acuáticos Especiales para Explotación o Uso Intensivo Controlado, Áreas Terrestres y Marítimas con Alto Potencial Energético y Minero, Zonas de Aprovechamiento Agrícola, Planicies Inundables, Áreas Rurales de Desarrollo Integrado, Áreas de Protección y Recuperación Ambiental, Sitios de Patrimonio Histórico-Cultural o Arqueológicos, las Reservas Nacionales Hidráulicas, las Áreas de Protección de Obra Pública, Áreas Críticas con Prioridad de Tratamiento, Áreas Boscosas Bajo Protección, Reservas de Biosfera y Áreas de Frontera.

Estas áreas se declaran y desafectan vía decreto presidencial a excepción de aquellas figuras jurídicas reguladas por la Convención de Washington: *Convención para la Protección de La Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países De América*, ratificada por Venezuela en 1941.

Con la creación de las áreas Bajo Régimen de Administración especial, la LOPOT establece diferencia de ordenación y manejo entre las porciones del territorio (ABRAE) sujetas a Régimen Especial, por limitaciones de uso y manejo para su conservación defensa y mejoramiento y el resto del territorio sujeto a un Régimen Ordinario con menores restricciones de acuerdo a los usos y actividades establecidos en los diferentes planes territoriales.

Los Artículos 20 al 30, delinean la estructura institucional para la gestión del territorio, mediante la creación de las instancias para la administración de la Ordenación del Territorio a tal efecto; reconoce al Presidente de la República, en Consejo de Ministros, como máxima autoridad de la Ordenación del Territorio y establece la Comisión Nacional para la Ordenación del Territorio y las Comisiones Regionales y Estadales encargadas de la planificación y gestión del territorio a estos niveles. Los artículos 31 al 48, pautan los procesos de coordinación interinstitucional para la formulación y

aprobación de los planes. Así como la obligatoriedad de la realización de consultas públicas y los mecanismos para su ejecución y control.

Una vez aprobados los planes, su obligatoriedad está señalada en el artículo 42. Los artículos 49 y 53 estipulan la verificación del uso conforme, para aquellas actividades que tengan incidencia espacial e impliquen ocupación del territorio por parte de entes públicos y privados. El control previo lo ejercen las autoridades encargadas del control de los planes. Verificado el uso conforme, las autoridades emitirán las respectivas aprobaciones y autorizaciones.

Los usos normados en los planes de ordenación del territorio constituyen una limitación al uso y disfrute de la propiedad. En caso de que estas regulaciones desnaturalicen las facultades del derecho de propiedad, se prevén mecanismos para la indemnización, de acuerdo a la ley que rige la materia.

La Ley contempla sanciones y multas derivadas de la contravención de las disposiciones contenidas en los planes y en las Autorizaciones o Aprobaciones de Ocupación del Territorio.

Sancionada en el marco de la Constitución de 1961, la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio ha sido objeto de revisiones para su actualización; no obstante continua vigente, por cuanto la Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio, sancionada en el año 2005, contempló tres *vacatio legis* y fue derogada por la Ley Orgánica Derogatoria de la Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio, en febrero de 2007.

6 Instrumentos para la Ordenación Territorial. (Planes Nacionales /Regionales/ Estatales / Municipales).

Al ser un proceso planificado la Ordenación del Territorio se concreta en Planes, que constituyen la expresión espacial de la política territorial a largo plazo y conjuntamente con el marco jurídico y la organización Institucional conforman los instrumentos para la gestión del territorio.

Planificar es una técnica y ejercicio de sentido común, mediante la cual se intenta entender la realidad, para luego proyectarla, diseñando escenarios que intentan obtener el mayor provecho del colectivo. En la planificación de un territorio, mediante la formulación del diagnóstico integral, se detectan tendencias y a partir de análisis prospectivos se diseñan los posi-

bles escenarios futuros. Este proceso tiene carácter táctico y estratégico; no sólo trata de predecir el camino a transitar una sociedad, sino que intenta anticipar el rumbo y modificarlo en aras del bien común.

Los planes de ordenación del territorio, son concebidos para orientar los procesos del desarrollo económico y social. Estos planes son instrumentos a largo plazo y multiescalar, que integran la planificación socioeconómica cultural con la planificación física - ecológica y ambiental, son transversales y toman en consideración los antecedentes históricos y las características actuales de un determinado territorio para construir la viabilidad de la Imagen Objetivo deseada.

Gómez Orea (2002), afirma:

“El ordenamiento del territorio requiere diagnosticar el sistema territorial actual, prever el futuro y gestionar su consecución; está por tanto vinculado a la realización de planes y de su aplicación.”

De acuerdo a Méndez Vergara

“El plan de ordenamiento es un instrumento mediante el cual los miembros de la sociedad en una unidad territorial, organiza el conjunto de argumentos para dar respuesta a las necesidades esenciales de la población, para potenciar recursos...y para racionalizar la continuidad del potencial natural.” (Méndez, 2005:26)

En Venezuela, los planes de Ordenación del Territorio, constituyen la base espacial para los planes de desarrollo económico y social, deben ser compatibles con los planes nacionales de desarrollo económico y social de la nación y adecuarse cada vez que se promulgue un nuevo Plan de Desarrollo Económico.

La Planificación de la ordenación del Territorio, involucra diversas y múltiples instituciones y actores sociales. El proceso requiere de la construcción consensuada de propuestas de usos y actividades expresadas en una imagen objetivo que refleja las aspiraciones del colectivo y el proyecto político que guie al desarrollo deseado. De acuerdo a la LOPOT, (Artículos 9 y 11) estos instrumentos de planificación y gestión contendrán ajustadas a las cada uno de los niveles de desagregación las siguientes directrices:

1. Los usos primordiales y prioritarios a que debe destinarse el territorio.
2. Localización de actividades industriales, agropecuarias, mineras y servicios.

3. Lineamientos generales del proceso de urbanización y el sistema de ciudades;
4. Señalamiento de los espacios sujetos a regímenes de conservación, defensa y mejoramiento del ambiente y las medidas a adoptar con o tales objetivos;
5. Señalamiento de las áreas de seguridad y defensa;
6. Las políticas para la administración de los recursos naturales;
7. La identificación y régimen de explotación de los recursos naturales en función de la producción energética y minera;
8. El señalamiento y localización de las grandes obras de infraestructura relativas a energía, comunicaciones terrestres, marítimas y aéreas; aprovechamiento de recursos hidráulicos; saneamiento de grandes áreas y otras análogas;
9. Los lineamientos generales de los corredores viales y de transporte;
10. Armonización de los usos rurales y turísticos;
11. La Política de incentivos que coadyuve a la ejecución de los planes de ordenación.

La planificación territorial debe considerar de manera integral todas estas pautas y conciliar los procesos socioeconómicos del desarrollo con la conservación del ambiente y el manejo racional de los recursos.

La formulación de los planes de Ordenación del Territorio conlleva la evaluación y análisis de los sistemas físico natural, ecológico, sociocultural y económico; el desarrollo de ejercicios prospectivos para seleccionar la Imagen Objetivo deseada y la definición de políticas y estrategias para su implantación. A lo largo del proceso de planificación es necesario tener presente, la condición de política pública de la Ordenación del Territorio, cuyo fin es dar una respuesta espacial a los intereses y aspiraciones del colectivo, para lograr una mejor calidad de vida. Igualmente, el proceso requiere validar los resultados de cada fase mediante la participación de los diversos actores a efectos construir la viabilidad del plan.

En este contexto, el territorio objeto del plan, conformado por los medios físico-biótico, socioeconómico-cultural, el ambiente y el marco jurídico-institucional, se evalúa para obtener un diagnóstico síntesis, que permite construir la visión prospectiva del territorio, definir el escenario posible y formular políticas y estrategias que orienten la gestión del plan para la consecución de la Imagen Objetivo deseada. (Fig. XIII.3).

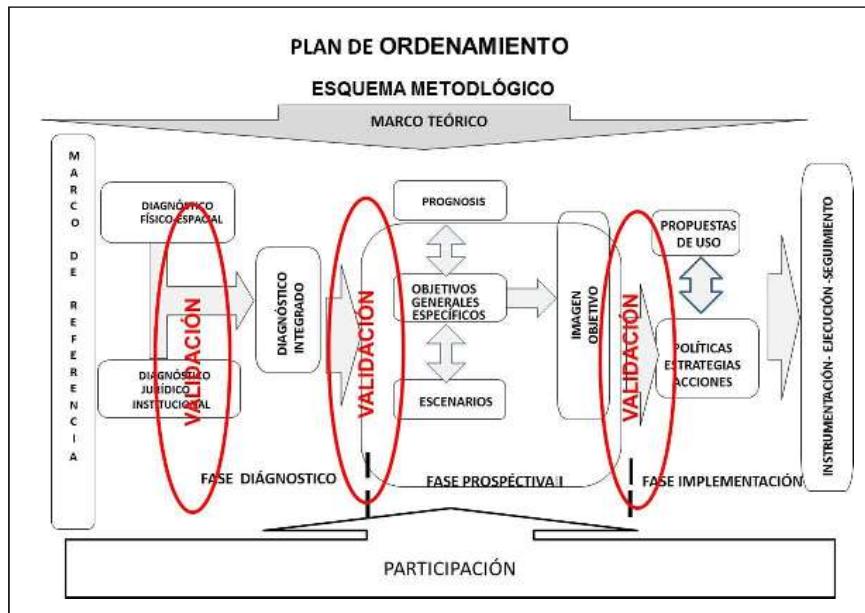


Figura XIII.3. Plan de ordenamiento del territorio. Esquema metodológico. **Fuente:** Elaboración propia.

Por lo antes expuesto, la formulación de los planes de ordenación del territorio demanda conocer el presente y el pasado reciente, considerar escenarios alternativos a largo plazo y seleccionar la Imagen Objetivo, formular estrategias y construir su viabilidad, con la participación activa de los entes públicos y privados; así como de la sociedad organizada.

En la etapa de implementación del Plan es necesario el desarrollo de herramientas de seguimiento que apoyen su adecuación y garanticen su vigencia.

La fase de pre-diagnóstico y diagnóstico ayuda a responder la pregunta ¿**Que se ha de Ordenar?**; la formulación de los Objetivos del Plan y la Imagen Objetivo responden el ¿**Para qué?** o ¿**Por Qué?**; el diseño de los instrumentos de evaluación y la formulación de Políticas, Estrategias y Acciones responden al ¿**Como se ha de Ordenar?**

Las propuestas contenidas en los planes de ordenación del territorio son medidas mitigantes, correctivas o preventivas de posibles impactos por ocupación e intentan modificar las estructuras de la plataforma territorial para lograr una relación armónica y equilibrada entre sociedad y naturaleza. En la norma que rige las Evaluación de las Actividades Susceptibles de Degrado el Ambiente (Decreto 1257), los usos y actividades permitidos o prohibi-

dos en los planes de ordenación del territorio, constituyen instrumentos guías en la evaluación de la localización de actividades.

Respecto a los efectos del Cambio Climático, los planes de ordenación del territorio, al orientar la ocupación de los espacios territoriales de acuerdo a las restricciones y limitaciones climáticas, contribuyen en el diseño y formulación de las medidas de adaptación a este fenómeno

6.1 El Sistema de Planes de Ordenación del Territorio

La implantación de las políticas territoriales requiere de instrumentos de gestión interdependientes. La Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio contempla un sistema de planes multiescalar (Fig. XIII. 4); es decir planes a diferentes niveles de desagregación, los cuales se complementan entre sí, demandan la acción coordinada de los distintos niveles de gobierno y se expresan a diferentes escalas: nacional, regional, subregional, estadal y local:

1. Plan Nacional de Ordenación del Territorio (PNOT)
2. Plan Regional de Ordenación del Territorio (PROT) y Planes Estadales de Ordenación del Territorio. (PEOT).
3. Planes Sectorial de Ordenación del Territorio (PSOT)
4. Planes de Ordenamiento de las Áreas de Administración Especial (ABRAE).
5. Planes de Ordenación Urbanística (POU)
6. Planes de Desarrollo Urbano Local. (PDUL).

Cada nivel territorial contiene las propuestas de usos y actividades que orientan las actuaciones públicas y privadas a efectos de alcanzar la Imagen Objetivo del respectivo ámbito territorial.

- > Los planes a Nivel Nacional, contienen los lineamientos marcos que orientan las políticas nacionales y constituyen marco de referencia para los planes de desarrollo económico y sus directrices son vinculantes para los planes territoriales de rango menor. En general se expresan a escala de gran visión (1:100.000- 1: 500.000).
- > Los Planes a Nivel Regional y Estadal, se enmarcan dentro de las directrices pautadas por el nivel nacional y contienen las propuestas de usos y actividades que orientan las actuaciones públicas y privadas a efectos de alcanzar la Imagen Objetivo a nivel regional o estadal; constituyen marco de referencia para los niveles subregionales y locales y estos planes se expresan a escalas 1:500.000- 1:100.000.

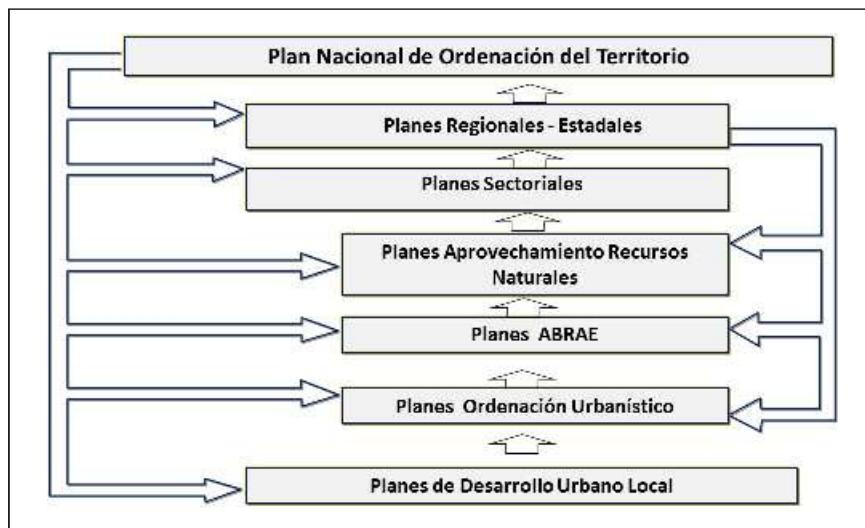


Figura 4.,Sistema de Planes de Ordenación del Territorio. (**Fuente:** MARNR Elaboración propia).

- > Los planes a Nivel Local. Expresan y concretan a detalle los lineamientos contenidos en los planes de mayor jerarquía; contienen propuesta específicas para cada uno de los componentes territoriales y tienen expresión cartográfica a detalle en escalas 1:50.000- 1:10.000.

Los planes de ámbitos inferiores están sujetos a los lineamientos y directrices de los planes de ámbito superior, sus propuestas son complementarias a los lineamientos y pauta de los planes de rango superior. Cada nivel desarrolla pautas referente a limitaciones y potencialidades, problemas territoriales propios y específicos de su rango, desarrollando a detalle propuestas de uso y actividades, así como las políticas y estrategias para la implementación y gestión del plan. La ausencia o inexistencia de un plan de rango superior no impiden la formulación de planes de menor ámbito, no obstante los niveles de menor jerarquía no pueden tratar materias pertenecientes a un rango superior.

6.2 El Plan Nacional de Ordenación del Territorio. (PNOT)

El Plan Nacional de Ordenación del Territorio, es un instrumento a largo plazo que contiene los lineamientos, políticas y estrategias de uso del espacio, para ordenar el territorio en función de los objetivos que estructuran la imagen del modelo de desarrollo territorial a alcanzar una Nación.

De acuerdo al marco jurídico que rige la materia, el “PNOT” pauta las actuaciones de los órganos del estado en lo concerniente a la Ordenación del Territorio y constituye el marco de referencia espacial de los planes de Desarrollo Económico de Mediano y Corto plazo y a los planes sectoriales adoptados por la Nación y contiene directrices en las siguientes materias: (LOPOT, 1983, art.9).

1. Los usos primordiales y prioritarios, a que deben destinarse las áreas del Territorio nacional, su litoral y los espacios marinos de su influencia, de acuerdo a las potencialidades económicas, condiciones específicas con énfasis en el aspecto sociocultural y capacidades ecológicas.
2. Localización de las principales actividades económicas.
3. Lineamientos generales del proceso de urbanización y del sistema de centros poblados.
4. El señalamiento de los espacios sujetos a Régimen Especial de conservación, defensa y mejoramiento del ambiente y de las medidas de protección a adoptar.
5. Definición de las áreas con limitaciones de seguridad y defensa
6. Las Políticas para la administración de los recursos naturales.
7. La identificación y régimen de explotación de los recursos naturales en función de la producción energética y minera.
8. Localización de áreas para grandes obras de infraestructura: energía, hidrocarburos y petroquímica, transporte terrestre, marítimo, lacustre, fluvial y aéreo; comunicaciones, aprovechamiento de aguas, saneamiento, corredores de servicio y minería.
9. Los Lineamientos Generales de los corredores viales y de transporte.
10. La armonización de uso de los desarrollos rurales y turísticos
11. La política de incentivos que coadyuve a la ejecución de los Planes de Ordenación del Territorio.

El párrafo único de este artículo establece la formulación de las bases técnicas y económicas de apoyo a la ejecución del PLAN.

A escala nacional, el Plan, proporciona el conocimiento en materia de: ambiente, recursos naturales, condiciones socioeconómicas-culturales y aspectos políticos administrativos. Mediante ejercicios prospectivos establece una visión compartida a futuro o Imagen Objetivo que se aspira alcanzar, identifica objetivos y estrategias para su consecución y formula acciones específicas a tal fin.

Las propuestas del Plan promueven la integración vertical y horizontal de las actividades productivas y una ocupación eficiente y eficaz de cada uno de los espacios que integran el Territorio Nacional para revertir los efectos negativos generados por la ocupación inadecuada del espacio y contribuir al desarrollo sostenible

El PNOT es el instrumento de mayor jerarquía en el sistema de planes territoriales y sus disposiciones son prelativas para el resto de planes, los cuales deben desarrollar a mayor detalle los lineamientos nacionales en cuanto a la estructuración del territorio y demás políticas de desarrollo territorial. A este nivel se establece la estructuración del territorio y se formulan lineamientos macros que orienten las acciones del Estado que guíen la formulación de estrategias de los planes sectoriales de desarrollo económico que apoyen la construcción de la Imagen Territorial deseada.

Méndez Vergara (2005:28), señala las siguientes previsiones a contener el Plan Nacional:

- > “*La significación de la Ordenación del Territorio como proceso de planificación y gestión del Estado para organizar de manera eficiente el cuerpo territorial....*
- > *Los objetivos superiores que orientan la actuación del Estado y la visión a futuro del país en materia socio-territorial....*
- > *La estructuración del Territorio y los espacios mayores de ordenación territorial....*
- > *La distribución del potencial de recursos naturales, la ubicación de sistemas estratégicos y el sistema de área bajo régimen de administración especial.*
- > *La jerarquización del sistema de ciudades, los grandes ejes de desarrollo y su funcionalidad en el cuerpo territorial.*
- > *La localización de las actividades económicas claves....*
- > *Las grandes obras de infraestructura, las redes de comunicaciones y transporte la conectividad interregional.*
- > *Las zonas de frontera, las áreas estratégicas y las áreas de programación especial.*
- > *Los mecanismos de gestión y control del plan, el papel de los actores sociales en la puesta en marcha de las estrategias y acciones del Plan.*
- > *La expresión cartográfica, a gran escala, de los atributos resaltantes.”*

La formulación, seguimiento y control de este instrumento recae en la Comisión Nacional de Ordenación del Territorio y su Secretaría Técnica; esta Comisión presidida por el Presidente de la República constituyen la máxima autoridad en Ordenación del Territorio. La implementación, seguimiento y actualización del Plan recae en la Comisión Nacional y la Secretaría Técnica Nacional.

El Plan Nacional de Ordenación del Territorio, “PNOT”, sancionado mediante el decreto 2945 de Octubre de 1998, tiene como objetivo fundamental, promover la localización de la población y sus actividades de acuerdo a las potencialidades y limitaciones del Territorio Nacional para lograr el mayor bienestar de la población, la protección y valoración del ambiente y la seguridad y defensa nacional.

La exposición de motivos del Decreto 2945 señala los lineamientos generales para logro de estos objetivos, (MARNR, 1998):

- a) Orientaciones a entes públicos y privados en cuanto la localización y tecnologías de las actividades económicas y sociales que coadyuven al logro de las meta de producción, productividad, equidad territorial y calidad de vida de la población.
- b) Directrices para el logro de un sistema de centros poblados eficiente y funcional, que integre la variable ambiental en la planificación del desarrollo de las ciudades del país para el elevar los niveles de calidad ambiental en el medio urbano.
- c) Prioridades en las actuaciones del estado para lograr la mayor racionalidad, eficiencia y equidad en la dotación de servicios básicos.

En relación a la protección y valoración del Ambiente, el PNOT propone:

- a) Orientar la acción del Estado para garantizar el mejor aprovechamiento del espacio y de los recursos naturales.
- b) Considerar las limitaciones ambientales del Territorio, en la asignación de usos a efectos de propiciar el uso sostenido de los recursos naturales.
- c) Propiciar el uso de tecnologías productivas que prevengan al máximo la degradación del ambiente.
- d) Plantear, la recuperación, valorización y protección de los recursos naturales en situación de deterioro por acciones antrópicas.

Respecto a la Seguridad y Defensa Nacional se propone:

- a) Inserción de esta variable en todas las propuestas del Plan
- b) Desarrollar propuesta específicas en zonas de fronteras y espacios adyacentes a la zona en Reclamación.

El Plan Nacional de Ordenación del Territorio, fue el resultado de un largo proceso de planificación, multidisciplinario, coordinado y participativo en los que intervinieron entes del estado que inciden en la ordenación del territorio y sociedad civil organizada. El Plan sancionado en 1998 tomó como referencia el Proyecto de Plan elaborado en 1985, sus bases técnicas del PNOT elaboradas a partir de la información de numerosos estudios ambientales, económicos socio-territoriales; estos documentos fueron actualizado y complementado en especial los análisis relativos a Población, Actividades Económicas, Proyectos Estructurantes, Calidad Ambiental y Sistema de Ciudades. Previos a su sanción en consejo de Ministros, se desarrolló un proceso de consulta pública a lo largo del territorio nacional; en total se realizaron 39 consultas en las que participaron aproximadamente seis mil personas, estas consultas se realizaron una por cada entidad federal y por grupos de interés. Como resultado de este proceso se recibieron 2020 observaciones que fueron procesadas, evaluadas, compatibilizadas e incorporadas a la propuesta.

El Decreto 2945 presenta al PNOT, como el instrumento clave para superar las desigualdades en los niveles de calidad de vida, mediante el logro de la competitividad territorial, la diversificación de la economía nacional y mejorar la localización de la población y sus actividades. La Imagen Objetivo a lograr en un horizonte a 20 años plantea:

“Venezuela se habrá orientado hacia el desarrollo sostenible y equitativo sin grandes conflictos en la localización de los asentamientos humanos, las actividades productivas y la infraestructura física, lo que permitirá mejorar la eficiencia general de la economía y la equidad del sistema social, minimizando los impactos negativos sobre el ambiente y maximizando los positivos.” (Decreto N° 2945, Art.3)

A tal efecto se estructura el Territorio en cinco grandes áreas, a las cuales se les señalan objetivos y directrices para su desarrollo territorial. El Plan incorpora por primera vez consideraciones y pautas para el espacio territorial constituido por las áreas marinas y submarinas y el espacio aéreo. (Fig. XIII.5).

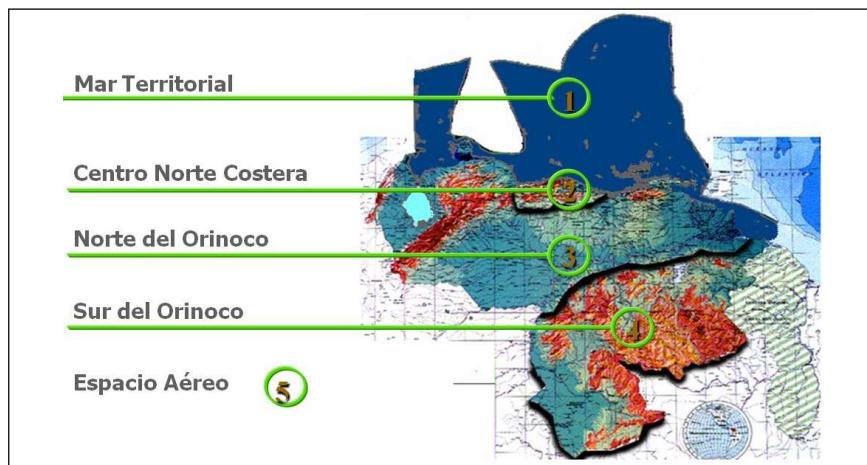


Figura XIII.5. PNOT -Estructuración del Territorio. (Fuente: DGSPON-MARNR.1998).

Aunque la expresión cartográfica de las propuestas del PNOT se reflejó en la imagen territorial del Plan de Desarrollo Regional 2001-2007, este plan de desarrollo regional, no considera los lineamientos asociados a la estructuración del territorio.

El PNOT sancionado en 1998, fue diseñado con un horizonte de planificación a 20 años, (Decreto 2945, Art. 37), este artículo prevé la revisión del Plan en el momento de la sanción de un nuevo plan de desarrollo regional. Aunque el PNOT ha sido objeto de revisión y se han elaborado nuevos proyectos, a la fecha, no se ha sancionado una nueva versión que responda a la realidad nacional y considere la problemática global del siglo XXI.

La obsolescencia del PNOT, limita las posibilidades de una relación armónica entre ambiente y desarrollo para lograr los objetivos de la Ordenación del Territorio.

6.3 *Planes Regionales –Estadales de Ordenación del Territorio.*

Estos instrumentos desarrollan en mayor detalle las directrices y políticas nacionales, contenidas en el PNOT o en su ausencia las orientaciones en materia de ordenación del territorio contenidas en estudios y estrategias de desarrollo regional. Por desarrollarse a mayor detalle estos planes fijan prioridades de acción en el ámbito de su competencia, apoyan la formulación de planes sectoriales de interés en cada región o estado y permiten establecer líneas de acción específicas acorde a las prioridades y especialización de la entidad objeto de estudio.

Elías Méndez (2005) señala:

“El plan de Ordenación del Territorio de una Estado toma en consideración las orientaciones y acciones que le proporciona el plan nacional, conjuntamente con las políticas de desarrollo económico y social especialmente consideradas.”

En este de nivel de desagregación los planes pautan objetivos y estrategias territoriales en cuanto a:

- > Los usos a que debe destinarse prioritariamente el territorio, de acuerdo a las potencialidades económicas, condiciones específicas y capacidades ecológicas;
- > Localización de las principales actividades industriales, agropecuarias, mineras y del sector servicios;
- > Los lineamientos generales del proceso de urbanización y la estructuración del sistema de centro poblado, sus relaciones funcionales enmarcado dentro las directrices a nivel nacional.
- > El señalamiento de los espacios sujetos a un régimen especial de conservación, defensa y mejoramiento del ambiente;
- > La armonización de los usos del espacio con los planes de seguridad y defensa;
- > Las políticas para la administración de los recursos naturales;
- > La política de incentivos para la ejecución de los planes de ordenación del territorio;
- > La identificación y régimen de explotación de los recursos naturales, en función de la producción energética y minera;
- > La localización de los proyectos de infraestructura de carácter regional y estatal;
- > Los lineamientos generales de las redes regionales de transporte y comunicaciones
- > Lineamientos de políticas nacionales contextualizadas en el Territorio de la Entidad
- > Directrices en materia sociocultural.
- > Orientaciones para la consolidación de la base económica de la entidad.
- > Acciones correctivas para solventar problemas asociados al mal uso del espacio.
- > Pautas para la organización institucional, la gestión territorial y la protección ambiental.

Las propuestas contenidas en estos instrumentos permiten establecer prioridades en los procesos del desarrollo, orientan la implementación de políticas y facilitan la identificación de proyectos de inversión y la formulación de planes operativos para el desarrollo económico de la entidad.

La formulación de estos planes estadales recae en las Comisiones Regionales o Estadales de Ordenación del Territorio y las respectivas Secretarías Técnicas. Una vez aprobados y publicados en Gaceta Estadal, el control de la ejecución de estos planes corresponde a los Gobernadores de Estado, con apoyo de la Secretaría Técnica Estadal. (LOPOT, art.44). Este nivel de planificación territorial, involucra a las autoridades estadales en la toma de decisiones sobre la ocupación del espacio en el ámbito de su competencia.

La formulación de planes estadales de ordenación del Territorio, se desarrolló en Venezuela a partir del año 1984; entre 1985 y 1990 las comisiones estadales para la ordenación del territorio elaboraron los planes y los proyectos de decretos de todas las entidades federales. La formulación de estos planes se realizó en base a la información de los Sistemas Ambientales Venezolano y la primera versión del Plan Nacional de Ordenación del Territorio y sus bases técnicas. En el año 1998 se habían aprobado, mediante publicación en Gaceta Estadal, 18 planes estadales: Anzoátegui, Aragua, Apure, Barinas, Bolívar, en gaceta estadal los planes de las siguientes entidades: Carabobo, Cojedes, Delta Amacuro, Falcón, Guárico, Lara, Mérida, Monagas, Nueva Esparta, Portuguesa, Trujillo, Yaracuy, Zulia. De este total, los planes de los Estados Falcón, Táchira, Zulia, Cojedes, Portuguesa y Lara fueron objeto de revisión y actualización. Los planes correspondientes a las entidades Falcón, Táchira, Zulia cuentan con actualizaciones sancionadas vía decreto estadal.

Posterior al año 2000 se elaboró el plan del Estado Vargas, el cual cuenta con un proyecto de decreto en espera de aprobación. En el año 2011, se sancionó el Plan de Ordenación del Territorio del Estado Miranda.

La obsolescencia la mayoría de los planes estadales de ordenación del territorio representa una limitante para una eficiente administración y gestión del Territorio. Estos instrumentos no reflejan la realidad socioeconómico-cultural actual, ni consideran proyectos los estructurantes formulados en el siglo XXI.

6.4 Planes de áreas Bajo Régimen de Administración Especial.

Las creación de las áreas Bajo Régimen de Administración Especial responde a objetivos de protección y conservación específicos, en conse-

cuencia los planes de Ordenamiento de las ABRAEs estan condicionados por los objetivos de manejo propios de cada categoría jurídica. De acuerdo a lo establecido por la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio, en el territorio venezolano se diferencian dos grandes categorías de uso : los espacios geográfico sometidos a régimen de protección, conservación, administración y manejo especial y las áreas de régimen ordinario.

Los planes de ordenación del territorio de mayor jerarquía (Nacional, Regional, Estadal), consideran a las ABRAEs como una Unidad de Ordenamiento o Categoría de Uso y señalan lineamientos generales en cuanto a su objetivos de protección y manejo, remitiendo la concreción de estas pautas a planes específicos de las ABRAES.

Como se señaló en el marco Jurídico las áreas bajo régimen de administración especial constituyen porciones del territorio de interés nacional. Bevilacqua y Méndez (2000), acotan :

“Gondelles(1992) define a las áreas protegidas del país (ABRAE) como:espacios geográficos, sitios y elementos del medio con sus características biofísicas singulares o con otras cualidades y potencialidades en lo sociocultural, las cuales ameritan recibir del estado una protección efectiva y permanente bajo un régimen de administración sui géneris que garantice la integridad física sin merma de sus valores, mediante una utilización acorde con esos objetivos y una protección y manejo adecuados a dichas características.”

La Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio establece en su artículo 17:

“Las áreas bajo el régimen de administración deberán establecerse por Decreto adoptado por el Presidente de la República en Consejo de Ministros, en el cual deberá determinarse con la mayor exactitud los linderos de la misma.”

En el respectivo Decreto se ordenará la elaboración del Plan respectivo, en el cual se establecerán los lineamientos, directrices y políticas para la administración de la correspondiente área, así como la orientación para la asignación de usos y actividades permitidas.

“En todo caso los usos previstos en los planes de las áreas bajo régimen de Administración Especial deben ser objeto de un Reglamento Especial, sin cuya publicación aquéllos no surtirán efectos.”

Acorde con estas estipulaciones los planes de ordenamiento de las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial son instrumentos Técnico-Jurídicos, que desarrollan a detalle los lineamientos de protección y manejo señalados en los planes de mayor jerarquía y en las Leyes Especiales que rigen las diferentes figuras jurídicas. Estos planes y sus reglamentos de uso establecen uso y actividades así como políticas y directrices para la administración de la ABRAE.

De acuerdo Bevilacqua y Méndez. (2000, 30) El Plan de Ordenación de las ABRAEs, denominado en otros países Plan Maestro o Plan de Manejo

“es un instrumento técnico-legal dirigido a garantizar la conservación a perpetuidad de los recursos en las áreas protegidas concebidas tanto para la protección de recursos, como para el aprovechamiento racional o manejo sustentable cuando la función principal del área es el aprovechamiento y producción de recursos.”

Según Gabaldón López (1997):

“El Plan de Ordenamiento y Manejo es un instrumento dinámico, viable práctico y realista que fundamentado en un proceso de planificación ecológica, plasma en un documento técnico y normativo, las directrices generales de conservación distribución y usos del espacio natural, para constituirse en el instrumento rector para la ordenación territorial, gestión y desarrollo de las áreas naturales protegidas.”

El Artículo 32 de la LOPOT, estipula que corresponde a los organismos competentes de la administración de una ABRAE, la coordinación y formulación de los planes de ordenamiento con sujeción a los lineamientos y directrices del Plan Nacional de Ordenación del Territorio. Durante el proceso de su formulación, de estos planes deben ser del conocimiento público con el objeto de oír la opinión de los interesados y recibir los aportes de la comunidad debidamente organizada. Efectuada la consulta pública del Proyecto de Plan y Reglamento de una ABRAE, su sanción es por vía de Decretos presidencial el cual es publicado en Gaceta Oficial.

Los Planes de Ordenamiento y Reglamento de Uso de una ABRAE, se desarrollan enmarcados en sus objetivos de creación. Los niveles de desagregación de estos planes dependen de la extensión territorial de la figura jurídica y la información básica disponible, expresándose generalmente a escalas 1:100.000 – 1:25.000. Las propuestas de estos planes

definen zonas o unidades de ordenamientos, las cuales detallan los usos y actividades permitidos y prohibidos. La estructura del Documento Técnico en líneas generales contiene:

1. Objetivos del Plan
2. Marco Jurídico- Institucional
3. Caracterización y Diagnóstico Síntesis de la Figura Jurídica
4. Propuesta de Unidades de Ordenamiento y Asignación de Uso.
5. Programas de Manejo
6. Programas Operativos
7. Reglamentos de Uso
8. Expresión cartográfica de las Unidades de Ordenamiento.

Venezuela cuenta con un total de 395 Áreas Bajo Régimen de Administración, de este total, según datos del Ministerio del Ambiente en 2010, solo el 22% de este total contaba con planes de ordenamiento y reglamentos de uso; aunado a esta situación la mayoría de estos instrumentos fueron elaborados y sancionados en los años 90 por lo que se requiere su actualización para una efectiva administración y manejo de las ABRAEs.

6.5 Planes de Ordenación Urbanística

La Planificación Urbanística forma parte del proceso de ordenación del territorio. Los Planes de Ordenación Urbanística (POU), integran el sistema de planes de ordenación del territorio y tienen entre sus objetivos el desarrollo de políticas urbanas de apoyo a la ordenación del territorio y al desarrollo económico y social de la nación. El artículo 21 de la Ley Orgánica de Ordenación Urbanísticas, establece la vinculación de estos planes, con los Planes Territoriales de mayor jerarquía:

“Los Planes de Ordenación Urbanística representan la concreción espacial urbana del Plan Nacional de Ordenación del Territorio y del Plan Regional de Ordenación del Territorio correspondiente y establecerán los lineamientos de la ordenación urbanística en el ámbito territorial local, pudiéndose referirse a un Municipio o Distrito Metropolitano o Municipios o Distritos Metropolitanos agrupados en Mancomunidades.”

En este nivel de concreción espacial, los planes de ordenación urbanística deben reflejar la inserción del área urbana objeto de estudio, en el sistema nacional de ciudades, considerando su jerarquía, su rol y relaciones funcionales, que pauta el Plan Nacional de Territorio.

De acuerdo a Garrido Rovira (1988).

“La planificación urbanística está vinculada a la consecución de objetivos en relación a: la política urbanística, la ordenación del territorio, las acciones e inversiones públicas, los usos del suelo, sus intensidades, los estándares urbanísticos, los servicios públicos necesarios, los estímulos para la participación ciudadana y la necesaria coordinación intrapública con el sector privado.”

La planificación urbana implica el enfoque integral de las actividades socioculturales, económicas, políticas y ambientales de las ciudades y su entorno, a efectos de definir la estructura territorial del ámbito en estudio, las características de orden urbano - espacial considerando la ciudad como recurso y potencial del desarrollo y las relaciones urbano - rurales.

A este nivel de planificación es fundamental la coordinación interinstitucional entre los diferentes organismos que actúan en el ámbito urbano; así como el desarrollo de estrategias para lograr la consideración de criterios de pertenencia y participación de la sociedad en aras de concretar su viabilidad.

El Plan de Desarrollo Urbanístico (POU), debe establecer la visión a futuro de las variables urbanas fundamentales en función de los objetivos de desarrollo urbano y de los objetivos del Ordenamiento Territorial a escala nacional y regional. Estos planes en general contienen:

- > La definición estratégica del área urbana objeto de análisis, en relación a población, base económica, calidad ambiental y límites del área urbana.
- > Delimitación de las áreas de crecimiento.
- > Los usos del suelo y sus intensidades
- > Pautas de conservación y protección Ambiental y parámetros de calidad ambiental.
- > El sistema vial primario y las redes de servicios básicos.
- > Identificación de zonas de riesgo natural y tecnológico.
- > Los equipamientos básicos de servicios comunales
- > Los proyectos estructurantes.
- > Definición de los plazos de ejecución de las acciones y programas propuestos.
- > Medidas económicas financieras.
- > Pautas de coordinación Institucional.

La formulación y gestión de estos planes recae en la autoridad urbanística nacional. Previa a la aprobación de los POU se requiere de la opinión “del o los” Municipios en cuyos territorios se formula el plan; a tal efecto la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística, en su artículo 27, contempla un lapso de sesenta días continuos para recibir aporte y observaciones. La aprobación de estos planes, a diferencia del resto de planes del sistema de ordenamiento territorial, se efectúa mediante Resolución del órgano competente, publicada en gaceta oficial.

Las políticas y lineamientos contenidos en los POUs, constituyen prelación para los planes de desarrollo urbano local. Como se ha señalado anteriormente, la ausencia de los planes de nivel jerárquico superior no impide la formulación de planes a nivel urbano.

6.6 Planes de aprovechamiento de los recursos naturales y demás Planes Sectoriales.

De acuerdo al artículo 3 de la LOPOT, la Ordenación del Territorio comprende entre otros: a) El desarrollo agrícola y el ordenamiento rural integrados; b) La desconcentración y localización industrial; c) La conservación y racional aprovechamiento de las aguas, los suelos, el subsuelo, los recursos forestales y demás recursos naturales renovables y no renovables en función de la ordenación del territorio; d) La definición de los corredores viales y las grandes redes de transporte. Igualmente la Ley determina, como ya se ha señalado anteriormente, que el Plan Nacional de Ordenación del Territorio constituye el marco de referencia espacial para los planes de desarrollo y demás planes sectoriales.

Esta definición incorpora a la planificación espacial-territorial los planes sectoriales de las actividades económicas básicas para el desarrollo del país. En este contexto los Planes Sectoriales deben incorporar en sus propuestas una visión integral que relacione el sector objeto de planificación al resto de componente del sistema territorial y tomar como referencia las propuesta de uso y actividades contenidas en el Plan Nacional de Ordenación del Territorio a considerar como marco de referencia.

El Capítulo IV de la Ley “De los Planes Sectoriales”, define pautas a desarrollar en este nivel de planificación territorial;

“Artículo 14.- Los Planes Sectoriales y, en particular, los planes de desarrollo agrícola y reforma agraria, de aprovechamiento de los recursos hidráulicos, de los recursos naturales energéticos o mine-

ros, de desarrollo industrial, de transporte, de construcciones y de equipamientos de interés público, en su dimensión espacial, deberán sujetarse a los lineamientos y directrices del Plan Nacional de Ordenación del Territorio y a los desarrollos del mismo contenidos en los otros planes de ordenación del territorio. ”

El cumplimiento de estas pautas implican la formulación de los planes de ordenación del territorio por recurso natural y por sectores económicos: Forestal, Hídricos, Ganadero, Minero, de Hidrocarburos, Turístico, Agrícola, etc. La formulación de estos instrumentos debe enmarcarse en el contexto de las propuestas de uso del Plan Nacional de Ordenación del y los planes Regional y Estadal que corresponda. El 31 de la LOPOT, establece la responsabilidad para su formulación

“Los planes sectoriales serán elaborados por los Despachos ministeriales competentes en cada sector conforme a la Ley Orgánica de la Administración Central, y en su elaboración deben seguirse, conforme lo determine el Reglamento, las previsiones de participación y consultas previas en los artículos 27 y 28. ”

Tomando como referencia el contenido de los Planes Regionales/Estadales de Ordenación del Territorio, esta categoría de planes comprenden:

- > Lineamientos de las políticas nacionales contextualizadas para sector o recurso objeto del Plan y lineamientos específicos para el desarrollo del Recurso Natural.
- > Asignación de Usos y Actividades y Criterios para su manejo racional.
- > Identificación y régimen de explotación del recurso, en función de la producción energética y minera;
- > Relaciones funcionales y estructura del sistema de centro poblado.
- > Directrices en materia sociocultural asociadas al Recurso
- > Delimitación de las áreas bajo régimen de administración especial.
- > Orientaciones para la consolidación de la base económica del Sector Objeto del Plan.
- > Grandes Proyectos de Infraestructura y Proyectos Estructurantes.
- > Acciones correctivas para solventar problemas derivados del mal uso del espacio.
- > Zonas con restricciones por seguridad y defensa.
- > La política de incentivos que coadyuve a la ejecución de los planes regionales de ordenación del territorio.

BIBLIOGRAFÍA

BEVILACQUA, M. y Y. MÉNDEZ

2000. *Manual Técnico para la creación, ordenación y reglamentación de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. DGSOA. Caracas

CASTELLANO, H.

1992. *El Oficio del Planificador*. Vadell Hermanos Editores. Caracas.

2005. *La Planificación del Desarrollo Sostenible* UCV-CENDES, Caracas.

COMISIÓN DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE PARA EL DESARROLLO Y EL MEDIO AMBIENTE

1990. *Nuestra Propia Agenda sobre Desarrollo y Medio Ambiente*. México.

COMISIÓN NACIONAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO-COMITÉ OPERATIVO

1998. *Plan Nacional de Ordenación del Territorio. Exposición de Motivo*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas.

CONSEJO DE EUROPA

1983. *Carta Europea de Ordenación del Territorio*

CORREIA DE ANDRADE, M.

1996. *Territorialidades, desterritorialidades, novas territo-rialidades: os limites do poder nacional, e do poder local*, en Tdario: Globalizacao e Fragmentacao, Editora Hucitec, Sao Paulo, Brasil, pp. 213-220.

GABALDÓN, M.

1997. *Manual para la Formulación de Planes de Manejoen las áreas Protegidas de la Amazonía*. Fundación Parques Nacionales y otros Patrimonios. Caracas.

GARCÍA PELAYO, M.

1991. *Orden, Ordenación y Organización*. Fundación García Pelayo. Caracas.

GARRIDO, R. J.

1988. *Ordenación Urbanística*. Editorial Arte, Caracas.

GEIGER, P.

1996) *Des-territorializacao e espacializacao*, en Territorio: Globalizacao e Fragmentacao, Editora Hucitec, Sao Paulo, Brasil, pp. 233-246.

GÓMEZ OREA, D.

1994) *Ordenación del Territorio: Una aproximación desde el Medio Físico*. Madrid, Instituto Tecnológico Geominero de España, Editorial Agrícola Española.

LAIRET, R.

2015. Síntesis histórica de las ciencias ambientales en Venezuela, Capítulo 2 En: *Desarrollo de los Estudios Ambientales en Venezuela 2000-2012*. Colección Documentos de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela.

LIRA, I. y L. RIFFO

2006. *Restricciones y Potencialidades de la Estructura Territorial Político Administrativa para el Desarrollo Territorial.* I Encuentro Nacional: Ordenación del Territorio en Honduras. Disponible en: <http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas71/35691/othonduras-lira-riffo>

MASSRIS, A.

1993. Bases teórico metodológicas para estudios de ordenamiento territorial. Publicado en: *Revista Misión Local*, No. 2, enero/marzo. Bogotá, Instituto de Desarrollo del Distrito Capital y la Participación Ciudadana IDCAP. pp. 43-87. Disponible en: <http://www.massiris.com/2012/09/bases-teorico-metodologicas-para.html>

MÉNDEZ VERGARA, E.

1992. *Gestión Ambiental y Ordenación Territorial.* Consejo de Publicaciones. Consejo de Estudios de Postgrados.ULA. Mérida.

2005. Ordenación del Territorio y el Plan de Ordenamiento Territorial. CIDIAT, Mérida.

MONTES LIRA, F.

2001. *El Ordenamiento Territorial como Opción de Políticas Urbanas y Regionales en América Latina y el Caribe.* CEPAL. Serie Medio Ambiente y Desarrollo. Santiago de Chile.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS

1992. *Agenda 21* Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil.

2000. *Objetivos del Milenio 2015.*

2015. *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030.*

REPÚBLICA DE VENEZUELA

1983. *Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio* publicada en gaceta Oficial de la República de Venezuela, 11 de agosto de 1983 Número 3.238 Extraordinario, Caracas, Venezuela.

1999. *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela,* publicada en Gaceta Oficial jueves 30 de diciembre de 1999, Número 38.860, Caracas, Venezuela.

SOJA, E.

1989. *Postmodern Geographies: The Reassertion of Space in Critical Social Theory.* Verso, London, New York, 259 p.

María Antonieta Febres

Arquitecto FAU-UCV. MSc Urban and Regional Planning, Cornell University, Ithaca, New York. Planificador ambiental. Profesora de la Maestría Gestión del Territorio y de la Maestría Análisis Espacial y Gestión del Territorio de la Escuela de Geografía de la Facultad de Humanidades y Educación de la UCV. Profesora de la Maestría Planificación del Desarrollo Mención Global. CENDES-UCV. Profesora de Planificación, Ambiente y Desarrollo de la Especialización en Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable-CENDES-UCV. Integrante del Comité de Estudios Ambientales del CENDES-UCV. Profesional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Centro de Procesamiento Digital de imágenes, Fundación Instituto e Ingeniería para Investigación y Desarrollo Tecnológico, Ministerio del Poder Popular para la Educación Superior, Ciencia y Tecnología. Coautor del libro: La ordenación del Territorio, situación actual y desafíos. 2017. Ed. ANIH. Trabajó en el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables ocupando diversos cargos en ordenación del territorio.

CAPÍTULO XIV

LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Introducción

En Capítulos anteriores se han tratado suficientemente los temas relacionados con ambiente, ecosistemas, recursos bióticos y abióticos, los desequilibrios que un mal entendido desarrollo ha producido en la naturaleza; las herramientas para no seguir aumentando ese desequilibrio, los medios para ejercer el control ambiental, etc. En este capítulo se tratará de resumir la Legislación Ambiental Venezolana comenzando por reconocer que se han firmado convenios, tratados y acuerdos para mejorar la salud del ambiente en el planeta y sin embargo, se siguen interviniendo negativamente los ecosistemas, el agua no ha dejado de envenenarse, los bosques desaparecen y con ellos la biodiversidad; el suelo se contamina y pierde su capacidad agroalimentaria, las poblaciones siguen ocupando espacios con graves riesgos para su vida y sus bienes y el aire en algunos lugares empieza a ser irrespirable. La humanidad aumenta su población en medio de una gran crisis ecológica y está en vías de la misma extinción con la que ha condenado a otras especies.

Como el problema es mundial, la solución debería serlo también, para lo cual será necesario llegar a una globalidad basada en la cooperación y la solidaridad universal, que permita el desarrollo armónico de los pueblos, garantice el alimento, el agua y la salud a todas las poblaciones y preserve el ambiente para las generaciones venideras; mientras se logra esa utopía deben dictarse regulaciones locales, regionales, nacionales e internacionales que minimicen el impacto que produce el sistema social sobre el ambiente, entendiendo por sistema social:

“una estructura interactuante de elementos capaz de soportar, mantener, limitar, reparar y reproducir sus propios objetivos.” (Deutsch, 1992),

en un entorno natural, con conocimientos y valores, recursos materiales, actividades económicas e instituciones sociopolíticas, entre las que está el sistema jurídico, dirigido a regular las relaciones entre los distintos integrantes de la sociedad y dentro del sistema jurídico, se tratará especialmente no sólo la Legislación, sino el Derecho Ambiental.

1 Derecho Ambiental

El Derecho es un objeto de cultura que se ha dado a lo largo de la historia y es propio del hombre “*ubi societas ibi ius*” que significa que donde hay sociedad surge el derecho, es decir, las reglas de convivencia en sociedad que conforman el Derecho, sin predicados como justo o injusto, ya que la justicia o injusticia se refiere a los hechos, a la conducta humana que se corresponde con lo que establecen las leyes, subsumiéndose en ella o violando lo preceptuado. Quiere esto decir que el :

“Derecho no es la letra muerta de los códigos, sino las conductas humanas que interpretan y reviven sus disposiciones, los actos de los órganos del Estado-Justicia, Administración- que las aplican y de los particulares que las cumplen.” (Aftalion, 1943).

El Derecho, como muchas otras ciencias, se ha dividido en ramas relativamente independientes, en razón de su especificidad y esta división histórica tiene que ver con la creciente complejidad de las relaciones jurídicas nacidas de nuevas actividades, nuevos conocimientos y tecnologías. Así, los relativamente recientes conocimientos de la responsabilidad humana sobre la alteración ambiental que pone en peligro la supervivencia de la vida en el planeta, han puesto de manifiesto la necesidad de regular la conducta individual y colectiva en su relación con el ambiente, a través, de la sanción de normas jurídicas y la aprobación de principios y preceptos ambientales llamados, en su conjunto, Derecho Ambiental.

La filosofía subyacente al Derecho Ambiental está en el convencimiento de que existen sistemas y subsistemas ecológicos, cuya intervención genera desequilibrios y es esa intervención la que necesita de una serie de regulaciones igualmente sistémicas que como dijera Martín (1991):

“tome en cuenta no sólo el comportamiento de los elementos naturales sino, sobre todo, las interacciones en ellos provocadas como consecuencia de las acciones del hombre.”

Esta filosofía del Derecho Ambiental, con un sustrato biológico, es “crudamente materialista” y “con perfiles revolucionarios” (Martín, 1991) lo que no obstante para que también se alimente de principios éticos como solidaridad con otros pueblos, respeto a los derechos ajenos, responsabilidad compartida, responsabilidad individual de protección de los bienes comunes, etc.

De lo antedicho queda claro que la expresión Derecho Ambiental no está referida únicamente al conjunto de disposiciones que conforman la

Legislación Ambiental que tutela el ambiente en forma integral o sectorialmente, sino que lo constituye también, la jurisprudencia emanada de los jueces con competencia en la materia y los principios éticos ambientales generados en Acuerdos, Convenios, Tratados y Declaraciones Internacionales, suscritos por los países asistentes a dichas convocatorias.

Igualmente el Derecho Ambiental está conformado por instituciones pertenecientes a otras disciplinas jurídicas, que sin ser propiamente ambientales tocan lo ambiental, tal es el caso del derecho de propiedad que estando regulado por el Derecho Civil, puede estar limitado por regulaciones ambientales conforme a la Constitución y la Ley.

2 Fines del Derecho Ambiental

Antes de establecer los fines del Derecho Ambiental es preciso señalar cuales son los del Derecho en general.

Los fines del Derecho son los valores que el Derecho realiza o trata de realizar a través de normas de conducta; en forma simplificada puede decirse que estos valores son:

- a) Justicia.
- b) Bien Común.
- c) Seguridad Jurídica.

Resulta difícil definir que es Justicia por la carga de subjetividad que le pone cada uno de los que lo intentan conceptualizar, en vista de lo cual, se recurrirá a la definición clásica de Ulpiano que dice:

“Justicia es la constante y perpetua voluntad de dar a cada uno lo que le corresponde.”

Si justicia es de difícil definición, lo es aún más el Bien Común, por lo que habrá de recurrirse, nuevamente, a una definición clásica, en este caso, Aquino quien expresó:

“El que busca el Bien Común de la sociedad, consiguentemente busca también su propio bien.”

En cuanto a Seguridad Jurídica es la garantía dada al individuo de que su persona, sus bienes y sus derechos no serán objeto de ataques violentos, o que si éstos llegaren a producirse, le serán asegurados por el Estado, protección y reparación.

Los fines del Derecho Ambiental son asimismo la justicia, el bien común y la seguridad jurídica:

La justicia porque todo ciudadano, tiene derecho a desarrollar su vida en un ambiente sano y cualquier ciudadano en forma individual o colectivamente, puede recurrir ante la Administración o ante los Tribunales de Justicia en procura de que se le dé lo que le corresponde, es decir, un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos de conformidad con la ley.

El bien común, porque es de interés colectivo la calidad de vida y esta calidad supone que el ambiente donde se desarrolla la vida humana sea sano y ecológicamente equilibrado.

La seguridad jurídica porque ante una eventual concurrencia del derecho que todos los ciudadanos tienen a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado les garantiza que les será restituido.

3 Objeto del Derecho Ambiental

También en torno al objeto de esta disciplina hay discrepancias, Jaquenod (2004) considera que “su interés es supraindividual por tratarse de fuentes de riqueza insustituibles y necesarias, no solo para el desarrollo de la humanidad sino también para la existencia de todos los seres”; para otros, está limitado a la protección del entorno físico natural, mientras que los más modernos autores incluyen en el objeto de esta rama del Derecho, además del entorno natural y los elementos biológicos, el ambiente construido por el hombre y los factores culturales como bienestar, calidad de vida, educación, desarrollo, paisaje etc. Para Brañez (2000) el Derecho Ambiental tiene un objeto específico que es regular la conducta humana que puede incidir en el campo de la protección del ambiente.

4 Caracteres del Derecho Ambiental.

Toda rama del Derecho se ubica en la gran división entre Derecho Públíco y Derecho Privado. Ante el Derecho Ambiental surgen discrepancias sobre donde ubicarlo, ya que si bien regula las relaciones entre las personas naturales y jurídicas con el poder público, tiene igualmente disposiciones que impactan, por ejemplo, al derecho de propiedad, institución regida por el Derecho privado; sin embargo, por ser aplicado, primordialmente, por el Estado en todos sus niveles territoriales y por regular las actividades huma-

nas en espacios públicos y privados y por tutelar “derechos difusos”, resulta pertinente concluir que es un Derecho eminentemente público.

Sus caracteres principales son:

- 1 Sistemicidad, pues aunque norma sectorialmente el uso y aprovechamiento de algún recurso natural, el Derecho Ambiental atiende sistemáticamente a todo el ecosistema y a cada uno de los elementos existentes interactuando entre sí y con el entorno inanimado.
- 2 Sustrato científico, en cuyo conocimiento se basa para definir parámetros y establecer límites que determinarán la calidad ambiental.
- 3 Dimensión espacial indeterminada, pues los ecosistemas no reconocen fronteras, como tampoco las reconoce la contaminación atmosférica, o la de los mares o las cuencas compartidas.
- 4 Preeminencia de los intereses colectivos sobre los individuales, lo que implica que el derecho colectivo a una calidad ambiental priva sobre el derecho individual de ejercer una actividad que puede ser contaminante para todos aunque la actividad se desarrolle en terrenos de propiedad privada.
- 5 Prevención, pues aunque establece sanciones, su objetivo principal no es sancionar sino lograr que la conducta humana respete las leyes ambientales y ejerza sus actividades en armonía con el ambiente.
- 6 Multidisciplinariedad, pues en el Derecho Ambiental se conjugan conceptos, técnicas y parámetros que son prestados de las disciplinas científicas, así como conceptos e instituciones pertenecientes a otras disciplinas jurídicas que yuxtapuestas conforman el cuerpo doctrinario y normativo.

5 Los Derechos Ambientales de rango Constitucional en el Mundo

Los derechos ambientales, reconocidos internacionalmente por convenios y acuerdos, deben estar, como todos los demás derechos, respaldados en los ordenamientos internos de cada país, sin embargo éstos, por sus especiales características son difícilmente asimilables por las Constituciones contemporáneas, ya que suponen derechos para los individuos mientras que es el Estado el garante de su disfrute y su responsabilidad no se agota en su ámbito espacial y temporal, sino que los intereses implicados son compartidos por todos los habitantes del planeta de la presente y futuras generaciones.

Esto apoya la tesis de que el rango al que pertenecen los derechos ambientales excede el que suministran las Constituciones y su ubicación natu-

ral debería ser en un escalón superior de carácter supranacional, porque los derechos ambientales suponen un control al ejercicio de las actividades humanas, que deberán estar limitadas por la sostenibilidad del desarrollo, a través del aprovechamiento racional de los recursos y cuyo megaprincipio, con intenciones de ordenamiento terráqueo, debe implantarse a escalas nacionales mientras se cumple la utopía de su globalidad.

En 1972 se realizó en Estocolmo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, la cual se centró en 3 temas fundamentales:

- 1 Necesidad de proteger el ambiente
- 2 Aprovechamiento racional de los recursos naturales
- 3 Necesidad de emprender una lucha mundial contra la contaminación

Se aprobó una Declaración de 26 principios, uno de los cuales, expresaba:

“Principio 23. Sin perjuicio de los criterios que puedan acordarse por la comunidad internacional y de las normas que deberán ser definidas a nivel nacional, en todos los casos será indispensable considerar los sistemas de valores prevalecientes en cada país y la aplicabilidad de unas normas que, si bien son válidas para los países más avanzados, pueden ser inadecuados y de alto costo social para los países en desarrollo.”

Luego de esta Conferencia, Venezuela se convirtió en el primer país latinoamericano y uno de los primeros del mundo en darle jerarquía ministerial al organismo rector de la política ambiental, el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, semillero del saber ambiental y responsable de proponer la mayoría de las normas ambientales del país.

20 años después de la Conferencia de Estocolmo se celebró en Río de Janeiro la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, con el objeto de tratar los alarmantes índices de la degradación ambiental mundial manifestada en la contaminación de aire, agua y suelo, la deforestación, la desaparición de ecosistemas y de hábitat naturales de flora y fauna así como el deterioro de la capa de ozono, entre otras. Los resultados más importantes de esta Conferencia fueron El Convenio Marco sobre Cambio Climático, el Convenio sobre Diversidad Biológica, el Plan de Acción Mundial conocido como Agenda 21 y la adopción del término “Desa-

rrollo Sustentable o Sostenible” como aporte al objetivo común de detener el avance del deterioro ambiental.

El Principio 11 de la Declaración final expresa:

“Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico injustificado para otros países, en particular los países en desarrollo.”

Venezuela se ha mantenido en esa línea de aprobar leyes y normas que vayan en la dirección del desarrollo sustentable, como expresa la Constitución de 1999.

Las primeras disposiciones constitucionales en torno a la problemática ambiental aparecieron, en regímenes de gobierno que estaban situados al margen del estado de derecho, como es el caso de la Constitución polaca que ya en 1952 disponía que los ciudadanos polacos tenían derecho al aprovechamiento de los valores del ambiente natural y la obligación de defenderlos. En la misma dirección se expresaban las Constituciones de Checoslovaquia de 1960; Bulgaria de 1971; Hungría de 1972 y con algunas variantes que incluían la responsabilidad del Estado, estaban las de Albania de 1976; Alemania Oriental de 1974; Cuba 1976; India 1977; China 1977; Sri Lanka 1978 e Irán 1979.

Otros países, de los llamados “democráticos” fueron incorporando en sus Constituciones las previsiones de deberes y derechos ambientales desde 1971 que lo hizo Suiza; 1975 Grecia; 1978 España; 1979 Portugal. Otras Constituciones anteriores esbozaban tímidamente protecciones al paisaje como las de Japón y Suecia.

Ha sido América Latina donde más receptividad ha tenido la consagración constitucional de los derechos y deberes ambientales y de ellas han sido pioneras Paraguay en 1967 y Panamá 1972, seguidas de Cuba 1976, Ecuador y Perú 1979; Chile 80; Honduras 82 ; El Salvador 83 ; Haití 85; Nicaragua 87; Méjico 87; Brasil 88 y Colombia 1991.

Estados Unidos, país que ha puesto mayor énfasis en la normativa de calidad ambiental sancionó, en 1969, la primera ley ambiental, la NEPA (*National Environmental Policy Act*), y sin embargo la Constitución, vigente desde su nacimiento como nación, no contiene una Enmienda que garantice derechos ambientales a los ciudadanos norteamericanos.

6 Desarrollo de la Legislación Ambiental en Venezuela

También el caso de Venezuela es especial, ha sido pionero en América en darle rango ministerial (1977) a la administración del ambiente y en sancionar una extensa normativa en la materia y sin embargo, su Constitución de 1961 no consagraba expresamente los derechos ambientales, tan sólo algunas disposiciones, de donde podían extraerse éstos, establecían que el Estado era responsable de que el aprovechamiento de los recursos naturales estuviera especialmente dirigido al beneficio colectivo de todos los venezolanos.

La Constitución del 30 de Diciembre de 1999, marca una enorme diferencia, porque desde el Preámbulo y en forma transversal en su articulado contiene disposiciones relacionadas con el ambiente y sus recursos, declarando el equilibrio ecológico y los bienes jurídicos ambientales como patrimonio común e irrenunciable de la humanidad y llevando esta protección jurídica hasta los recursos genéticos, las especies migratorias y sus productos derivados y los componentes intangibles que por causas naturales se encuentren en todo espacio terrestre, acuático, marítimo, insular o aéreo del territorio venezolano.

La normativa ambiental se fue desarrollando a partir de la Convención de Washington que Venezuela ratificó en 1941; dicho convenio permitió al país desarrollar políticas y leyes de protección de los ecosistemas, de especies de flora y fauna, incluida las aves migratorias y dio lineamientos para la creación y manejo de figuras administrativas como parques nacionales, monumentos naturales, reservas nacionales para la conservación y utilización, bajo control del Estado, de los recursos naturales flora y fauna y reservas de regiones vírgenes.

La figura XIV.1 muestra la pirámide jerárquica del ordenamiento jurídico venezolano; en el ápice están la Constitución y los Convenios Internacionales suscritos por Venezuela que traten de derechos humanos. A continuación las leyes orgánicas, leyes especiales, decretos leyes y normas sublegales como los decretos, resoluciones, órdenes, etc. Ningún instrumento jurídico puede contener normas que colidan con otras de rango superior; es decir, una resolución no puede disponer en contra de lo que esté establecido en un decreto, ni el decreto en contra de la ley sea cual sea su categoría, ni la ley contra la Constitución.

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela declara expresamente que el Estado tutela los bienes jurídicos ambientales y señala

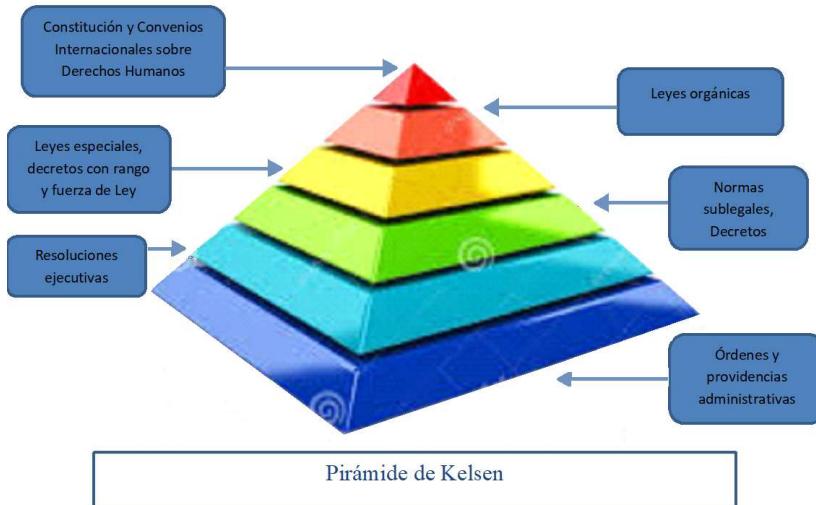


Figura XIV.1. Jerarquía del ordenamiento jurídico venezolano. Elaboración propia.

en su Exposición de Motivos, la importancia de que por primera vez en la historia constitucional de Venezuela y siguiendo una tendencia mundial, se consagren derechos ambientales con una visión sistémica que supera el conservacionismo clásico que sólo procuraba la protección de los recursos naturales como parte de los bienes económicos.

- > Contiene el Artículo 12, la declaratoria de las costas marítimas como del dominio público, lo que tendrá repercusiones sobre la propiedad privada, sobre los usos que tienen asignados esos espacios y las actividades que allí se realizan.
- > Eleva, en el Artículo 107, a rango constitucional la educación ambiental formal e informal y ratifica las limitaciones a que está sometido el ejercicio del derecho de propiedad (Artículo 115) y el derecho de dedicarse libremente a la actividad productiva de su preferencia sin más limitaciones que las contenidas en la Constitución y las leyes por causa de utilidad pública o interés social (Artículo 112), entre las cuales están las restricciones por causa ambiental.
- > Otras disposiciones con incidencia ambiental relevantes son:
 - El Artículo 304 declara el dominio público de las aguas, por considerarlas insustituibles para la vida y el desarrollo, acabando así con injustas discriminaciones en torno al uso y aprovechamiento de ese recurso.

- La asignación de derechos a los pueblos indígenas sobre las tierras que ancestral y tradicionalmente han ocupado, les otorga el derecho a ser informados y consultados sobre el aprovechamiento de los recursos naturales que pretenda hacer el Estado en los hábitats indígenas. Igualmente se les reconoce derechos de propiedad intelectual colectiva sobre los conocimientos tradicionales que poseen en relación con las propiedades curativas de algunos recursos naturales existentes y los beneficios colectivos a que son acreedores por las actividades que tengan relación con los recursos genéticos y los conocimientos asociados a los mismos

Estas disposiciones contenidas entre los Artículos 119 al 126 tienen particular importancia por darse la circunstancia de que una buena proporción de las comunidades indígenas están localizadas en áreas bajo régimen de administración especial cuyos planes de ordenamiento y reglamentos de uso excluyen el uso agropecuario en tales espacios y es ése, casualmente, el medio común de vida de los pueblos indígenas.

Los derechos ambientales están expresamente establecidos en los artículos 127, 128 y 129:

- > El derecho de toda persona a disfrutar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado y la obligación del Estado de protegerlo y proteger la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales, monumentos naturales y demás áreas bajo régimen de administración especial.
- > El mandato de que el Estado desarrolle una política de ordenación del territorio acorde con la realidad ecológica, geográfica, poblacional, social, económica y política de conformidad con los postulados del desarrollo sustentable añadiendo así la dimensión humana a lo que ya establecía la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio.
- > La obligación de elaborar Estudios de Impacto Ambiental y Socio-Cultural antes de ejecutar actividades capaces de causar daños al ambiente.
- > Ratifica la prohibición de entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y bacteriológicas y establece que en todo contrato que celebre la República o en todo permiso que se otorgue que implique uso de recursos naturales, deberá entenderse incluido, si no lo está expresamente, la obligación de conservar el equilibrio ecológico.

Pretender agotar el marco legal ambiental venezolano, es una tarea ambiciosa que excedería la limitación del espacio a utilizar en este capítulo, por lo que se tratará de sintetizar, mencionando los principales acuerdos multilaterales de contenido ambiental ratificados por Venezuela. Los derechos constitucionalmente consagrados responden a los contenidos de los tratados internacionales, vislumbrándose así, la posibilidad, todavía lejana, de un organismo supranacional que regule la política ambiental en el ámbito planetario.

La Tabla XIV.1 contiene algunos los más importantes convenios suscritos y ratificados por Venezuela empezando por la Convención de Washington celebrada en 1940 y ratificada por Venezuela en 1941. Su importancia estriba en que aportó las bases jurídicas y conceptuales sobre las cuales los países americanos elaboraron su legislación orientada a la conservación y protección de los diferentes ecosistemas naturales que por su importancia ecológica o por las bellezas escénicas que presentan merecen ser protegidos; Leyes ambientales posteriores a este convenio como la Ley Forestal de Suelos y Aguas y la Ley de Protección a la Fauna Silvestre (1970), crearon figuras administrativas como las Reservas Forestales y los Refugios, Santuarios y Reservas de Fauna, respectivamente.

Tabla XIV.1. Lista de los más importantes convenios suscritos por Venezuela

Acuerdos ambientales ratificados por Venezuela	Año
Convención para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América (Convención de Washington).	1941
Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES).	1976
Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe (Convenio de Cartagena).	1986
Protocolo Relativo a la Cooperación para Combatir los Derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe.	1986
Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención Ramsar)	1988
Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono	1989
Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los desechos Peligrosos y su Eliminación	1989
Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático	1994
Protocolo de Kioto	2005

No resulta sensato asignar a alguno de estos acuerdos internacionales una importancia superior a la de otros y jerarquizarlos de esa manera con miras a debilitar la obligatoriedad de su aplicación, todos los mencionados y muchos más, derivados o no de éstos, son trascendentales y de obligatorio cumplimiento por parte de Venezuela que los ha ratificado y convertido en leyes de la República; sin embargo, es el Convenio Marco sobre Cambio Climático el que más interés despierta en los actuales momentos porque ese cambio se está produciendo a nivel mundial, y sus consecuencias repercuten sobre la salud humana, sobre la pérdida de diversidad, sobre la sequía y las inundaciones y sobre los riesgos de origen natural, tecnológico o derivados de las actividades humanas que, convertidos en desastre, diezman comunidades. El Convenio establece compromisos comunes pero diferenciados para los Países Parte con el fin de disminuir la vulnerabilidad, mitigar las consecuencias y adaptarse a los efectos del cambio producido por la acumulación de gases de efecto invernadero que ha generado “el desarrollo”.

A pesar de que la incidencia directa del país en el cambio climático es poco significativa, este convenio tiene importancia adicional para Venezuela, porque aquí se producen combustibles fósiles y se tienen las mayores reservas mundiales de hidrocarburos con gran incidencia en el cambio climático; el Convenio prevé en su Artículo 4, un tratamiento preferencial a los países altamente vulnerables al cambio climático; es decir, los países insulares pequeños; países con zonas costeras bajas; países con zonas áridas y semiáridas; zonas con cobertura forestal y/o expuestas al deterioro forestal; países con zonas propensas a los desastres naturales; países con zonas expuestas a la sequía y a la desertificación; países con zonas de alta contaminación atmosférica; países con zonas de ecosistemas frágiles; países cuya economía depende de la producción, procesamiento y exportación de combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva, o de su consumo. Venezuela participa de muchas de esas categorías.

Los compromisos adoptados en la Convención Marco sobre Cambio Climático no se agotaron en ella; después de dicha convención, se han celebrado 13 Conferencias entre los países signatarios del convenio; en la primera de las cuales, la de Berlín 1995, se acordó negociar un protocolo que contuviera medidas de reducción vinculantes, de los gases de efecto invernadero para el período posterior al año 2000 en los países industrializados (Lozano, 2007).

El protocolo de Kioto, elaborado por el grupo de trabajo *ad hoc* fue adoptado en 1997 y ha tenido significativa importancia porque refuerza el

cumplimiento de los objetivos contenidos en el Convenio Marco por parte de los países industrializados quienes se comprometen a reducir entre 2008 y 2012 un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero, tomando como referencia los niveles de 1990.

Entró en vigencia en 2005, fecha en que fue ratificado por Rusia sin que Estados Unidos de Norteamérica hubiera hecho lo propio, a pesar de que para el año 2000 estaba emitiendo a la atmósfera 6.871,7 millones de toneladas de CO₂ correspondiente al 20,38% del total mundial.

No impone el protocolo responsabilidades de reducción de emisiones a los países en desarrollo; éstos obtendrán transferencia de tecnologías y financiamiento de actividades que puedan ayudar al logro de la eficiencia energética y en actividades que ayuden a revertir prácticas que degraden el suelo. Igualmente obtendrían recursos financieros provistos por los países desarrollados para cumplir con los compromisos establecidos en el Artículo 10 del Protocolo, relacionados con la formulación de programas nacionales y regionales que contengan medidas para la mitigación del cambio climático y para facilitar la adaptación adecuada al mismo en sectores como energía, transporte, industria, agricultura, silvicultura y gestión de desechos; igualmente programas que contengan medidas para el desarrollo, la aplicación y difusión de tecnologías, conocimientos especializados, prácticas y procesos ecológicamente racionales en lo relativo al cambio climático.

De similar importancia es el Convenio sobre Diversidad Biológica ese sí, con especial significación para Venezuela que está entre los diez países megadiversos del planeta.

Un aspecto importante del convenio es la aceptación de las Partes, de que cada Estado tiene el derecho soberano a sus recursos biológicos y a dictar las normas para la regulación de su conservación y uso sustentable.

Igualmente significativo es el reconocimiento de la propiedad intelectual sobre los conocimientos tradicionales acerca de los recursos biológicos y condiciona el acceso a los recursos genéticos a las condiciones expresadas en el respectivo contrato.

En relación a las normas ambientales venezolanas propiamente dichas y ya habiendo resumido las disposiciones constitucionales en esta materia, la Tabla XIV.2 incluye algunas de las leyes más importantes, así como las normas de calidad ambiental cuyo vehículo es el Decreto del Presidente de la República en Consejo de Ministros.

Los decretos de calidad ambiental fungen de normas complementarias de la Ley Penal del Ambiente, puesto que algunos tipos de delito tienen la estructura de leyes penales “en blanco” y necesitan ser contrastados con una norma técnica que contenga límites para emisiones atmosféricas, vertidos líquidos, ruido, etc.

La relativa facilidad que tiene una norma sublegal para ser modificada con el fin de mejorar o actualizar sus postulados, frente a los etapas burocráticas necesarias para cambiar una ley, hacen del decreto el vehículo ideal para establecer los parámetros que determinan cuando una actividad con incidencia espacial produce un daño permisible o un delito ecológico.

7 Leyes Ambientales

Como los Convenios Ambientales, todas las leyes son importantes y necesarias porque cada una regula las actividades que inciden sobre diferentes componentes de los ecosistemas; tratarlas en su totalidad requeriría, no un capítulo dentro de un libro, sino un libro completo sobre esta materia. Se hará un breve análisis de algunas de ellas.

7.1 Ley Orgánica del Ambiente (2006)

Entró en vigencia el 22 de junio del 2007 derogando la anterior de 1976, establece una serie de principios ambientales, medidas prioritarias de protección y medidas de control ambiental previo y posterior, entre otras novedosas disposiciones. Entre los principios a atender menciona la responsabilidad de conservar el ambiente entre el Estado, la sociedad y cada una de las personas; la prevención como medida prevalente sobre cualquier otro criterio; la precaución, según la cual, la falta de certeza científica sobre un posible daño ambiental no puede alegarse para no adoptar medidas preventivas; la limitación de los derechos individuales y prevalencia de los colectivos; la responsabilidad objetiva del causante de los daños ambientales generados por su actividad; la Educación Ambiental, la evaluación de impacto ambiental y la participación ciudadana, entre otros.

El Título III de la Ley se refiere a la Planificación del Ambiente y al sistema jerarquizado de planes, considerando que el instrumento fundamental es el Plan Nacional de Ordenación del Territorio.

El Artículo 24 de la Ley, se refiere a la dimensión ambiental que debe contener todo plan, programa y proyecto de desarrollo económico y social, sea de carácter nacional, estadal y municipal y cómo deben ejecutarse en concordancia con las disposiciones contenidas en esta Ley y con las políti-

Tabla XIV.2. Principales Normas Ambientales de Venezuela. Elaboración propia

Leyes orgánicas	Año
Ley Orgánica del Ambiente vigente	2006
Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio	1983
Ley Orgánica de Ordenación Urbanística	1983
Leyes especiales	Año
Ley Forestal de Suelos y Aguas (capítulo VI)	1966
Ley de Protección a la Fauna Silvestre	1970
Ley de Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos	2001
Ley de Zonas Costeras	2001
Ley de Aguas	2007
Ley de Gestión de la Diversidad Biológica	2008
Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos	2009
Ley de Gestión Integral de la Basura	2010
Ley Penal del Ambiente	2012
Ley de Bosques	2013
Normas sublegales	Año
Decreto N° 276, reglamento Parcial de la LOPOT sobre Administración y Manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales.	1989
Decreto N° 624, Normas Generales para el Uso de los Embalses Construidos por el Estado Venezolano y Áreas Adyacentes.	1990
Decreto N° 2.218, Normas para la Clasificación y Manejo de Desechos en Establecimientos de Salud.	1992
Decreto N° 2.219, Normas para Regular la Afectación de los Recursos Naturales Renovables Asociada a la Exploración y Extracción de Minerales.	1992
Decreto N° 2.215 Normas para Controlar el Uso de las Sustancias Agotadoras de la Capa de ozono.	1992
Decreto N° 638, Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica.	1995
Decreto N° 883, Normas para la Clasificación y el Control de Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Afluentes Líquidos.	1995
Decreto N° 1.257, Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente.	1996
Decisión N° 391 sobre Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos.	1996

cas, lineamientos, estrategias, planes y programas ambientales, establecidos por el ministerio con competencia en materia ambiental.

La educación ambiental está contenida en el capítulo I del Título IV, su objetivo es promover, generar, desarrollar y consolidar en los ciudadanos, conocimientos, aptitudes y actitudes para contribuir a la transformación de la sociedad y a la solución de los problemas socio-ambientales. Contiene lineamientos sobre cómo incorporar en todos los niveles de educación, en forma obligatoria, la educación ambiental. Un importante lineamiento para una mejor educación ambiental es:

“vincular el ambiente con temas asociados a ética, paz, derechos humanos, participación protagónica, salud, género, pobreza, sustentabilidad, conservación de la biodiversidad, patrimonio cultural, economía y desarrollo, consumo responsable, democracia y bienestar social, integración de los pueblos y problemática ambiental mundial.”

En nuestra opinión, en este artículo están condensados la esencia de la Educación Ambiental y el desarrollo sustentable del país.

Contiene disposiciones que versan sobre conservación de la calidad del agua, aire, suelo y subsuelo; el derecho a acceder a la información del ambiente y la obligación de generar estudios e investigaciones sobre ecosistemas y diversidad biológica.

El Artículo 80, señala una lista de aquellas actividades capaces de degradar el ambiente e incluye cualquier otra no listada pero que pueda incidir negativamente sobre las comunidades biológicas, la salud humana y el bienestar colectivo. Acepta la ley una “afectación tolerable” y expresa, en el artículo 83,

“El Estado podrá permitir la realización de actividades capaces de degradar el ambiente, siempre y cuando su uso sea conforme a los planes de ordenación del territorio, sus efectos sean tolerables, generen beneficios socio económicos y se cumplan las garantías, procedimientos y normas. En el instrumento de control previo, autorizaciones, aprobaciones, permisos, licencias, concesiones, asignaciones, contratos y planes de manejo, se establecerán las condiciones, limitaciones y restricciones que sean pertinente.”

Relacionada con la disposición anterior, el Artículo 84 y siguientes contienen orientación sobre el objeto de la Evaluación de Impacto Ambiental:

- > Predecir, analizar e interpretar los efectos ambientales potenciales de una propuesta en sus distintas fases.
- > Verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales
- > Proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas a que hubiere lugar.
- > Verificar si las predicciones de los impactos ambientales son válidas y las medidas efectivas, para contrarrestar los daños.

Crea la Ley la jurisdicción penal ambiental para decidir sobre las causas provenientes de acciones u omisiones tipificadas como delito en la Ley Penal del Ambiente. Desafortunadamente, a 8 años de su creación, estos tribunales no han comenzado a funcionar.

7. 2 *Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (1983)*

El Estado no ha cumplido cabalmente con el mandato constitucional de sancionar una ley orgánica que atienda a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas y políticas de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable. Varios intentos han resultado fallidos, incluyendo la Ley de Gestión de la Ordenación del Territorio que derogaba a la Ley Orgánica para la Ordenación Territorial, (LOPOT); esta nueva ley sancionada y publicada, después de tres *vacatio legis*, fue derogada a su vez, por una ley orgánica derogatoria, publicada en la Gaceta Oficial N° 38.633 el día 27-02-07 y en consecuencia, quedó vigente la ley anterior, es decir la misma que fue sancionada en 1983.

Esta Ley nuevamente vigente, tiene por objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en consonancia con la estrategia de desarrollo del país. Define la ordenación del territorio como la regulación y promoción de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales y el desarrollo físico espacial con el fin de lograr una armonización entre el bienestar de la población, el aprovechamiento de los recursos naturales y la protección y valorización del ambiente.

Contiene disposiciones que han permitido si no ordenar, al menos poner freno a algunos desarrollos y actividades no deseables:

- 1 Establece que el instrumento básico de la ordenación del territorio es el sistema de planes con el Plan Nacional de Ordenación del Territorio, en adelante PNOT, que se debe desarrollar en los demás planes.

- 2 Dispone que cada Región (o Estado) debe tener su plan de ordenación del territorio que oriente los usos que se le asignará a cada espacio en pro del desarrollo de la región.
- 3 Establece cuales son los planes sectoriales, haciendo énfasis en los planes de desarrollo agrícola, de aprovechamiento de recursos hídricos, de explotación de recursos energéticos y mineros, de desarrollo industrial, de construcciones y de equipamiento de interés público. Remite al Reglamento de la Ley la definición y elaboración de los planes sectoriales.
- 4 Establece que cada plan definirá los usos primordiales a que deben destinarse las áreas del territorio que ordena el respectivo plan.
- 5 Reconoce las áreas bajo régimen de administración especial, en adelante ABRAE, creadas en otras leyes y crea 10 nuevas categorías; dispone que todas deben ser creadas por decreto presidencial, en el cual se establecerán los linderos de cada una, los organismos responsables de su administración y manejo y la obligación de demarcarlas físicamente, en el plazo que establezca la declaratoria. En ese mismo decreto se ordenara la elaboración del Plan de Ordenamiento de dicha área, en el cual se orientará sobre la asignación de usos y actividades compatibles con los fines de la ABRAE correspondiente.
- 6 Establece la posibilidad de someter un mismo espacio del territorio a dos o más figuras de ABRAE siempre que sus fines sean complementarios.
- 7 Menciona los planes de ordenación urbanística como la concreción espacial urbana del PNOT y del Plan regional de ordenación del territorio, si lo hubiera y si no, del correspondiente plan estadal.
- 8 Establece el mecanismo de elaboración de los planes y remite al reglamento la forma de cumplir con el proceso de consulta pública. Dispone que los planes de ordenamiento de las ABRAE, sean elaborados por los organismos encargados de su administración y manejo, cumpliendo igualmente con la obligación de someter el proyecto al “conocimiento público.”
- 9 El control de la ejecución de los planes se manifiesta en las decisiones que, sobre localización de actividades que pretendan llevar a cabo el Estado o los particulares, tomen los organismos competentes; al ministerio con competencia ambiental le toca decidir si la decisión sobre localización de determinada actividad es de importancia nacional y está conforme o no, con lo establecido en los planes nacional o

estadal. El control de la ejecución de los planes de las áreas bajo régimen de administración especial corresponde, en aquellas establecidas en otras leyes como parques nacionales, monumentos naturales, zonas protectoras, santuarios, refugios y reservas de fauna, reservas forestales, etc., a los organismos competentes para administrarlas según disponga cada ley. En las otras 10 áreas bajo régimen de administración especial creadas en la Ley, el control de los planes corresponde a los ministerios que señala el Artículo 47 aun cuando el organismo de control puede variar por decisión del Presidente de la República en el mismo decreto que las crea.

- 10 Establece que los usos previstos en los planes de ordenación de territorio son limitaciones legales al ejercicio del derecho de propiedad y determina el procedimiento para la expropiación en caso de ser necesario hacerlo.
- 11 Señala siete criterios para ser tomados en cuenta en caso de solicitudes de aprobación o autorización de actividades en espacios que carecen de planes de ordenación del territorio.

7. 3 Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (1987)

Tiene por objeto la ordenación del desarrollo urbanístico en todo el territorio del país con el fin de procurar el crecimiento armónico de los centros poblados. Este desarrollo debe salvaguardar los recursos ambientales y la calidad de vida en los centros urbanos. El Artículo 24 establece que los planes de ordenación urbanística deben incluir aspectos ambientales como la definición de zonas verdes y espacios libres para protección y conservación ambiental y la definición de parámetros de calidad ambiental.

8 Leyes Especiales

8.1 Ley Forestal de Suelos y Aguas (1966)

Derogada casi en su totalidad, queda vigente el Título VI que consta de un solo capítulo que regula el uso de los suelos de acuerdo a su capacidad agrológica específica. Ordena al Estado proveer lo conducente a la clasificación de las tierras de todo el territorio nacional, basada en la pendiente, grado de erosión, fertilidad del suelo y factores climáticos.

8.2 Ley de Protección a la Fauna Silvestre (1970)

Tiene por objeto regular la protección y el racional aprovechamiento de la fauna silvestre y sus productos y el ejercicio de la caza, considerando en

tal categoría a los mamíferos, aves, reptiles y batracios que viven libremente en sus ambientes naturales, fuera del control de hombre y a los animales de igual naturaleza, amansados o domesticados que recobren su libertad. No incluye a los animales domésticos, los que nacen bajo el cuidado del hombre en hatos, rebaños, manadas o cualquier tipo de animales mansos o bravos mientras no sean separados de sus pastos o criaderos; tampoco a los animales acuáticos con respiración branquial.

A los fines de la protección y conservación de la fauna silvestre, el Estado crea tres figuras que constituyen áreas bajo régimen de administración especial; ellas son las Reservas, Refugios y Santuarios de Fauna, las cuales están sujetas a ordenación y manejo conforme a los planes correspondientes que se aprueben para estas ABRAE. Los objetivos de estas figuras son asegurar la producción continua de las especies para su aprovechamiento, la conservación y propagación de las que están en peligro de extinción y la protección de los hábitats de especies peculiares o raras de Venezuela y el mundo, respectivamente.

Está igualmente regulado el ejercicio de la caza, en cuanto a las condiciones y requisitos para obtener la respectiva licencia; especies, épocas y zonas de veda, así como la movilización y el comercio de los animales o sus productos.

8.3 Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos (2001)

Esta Ley tiene por objeto regular la generación, uso, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de las sustancias, materiales y desechos peligrosos, así como cualquier otra operación que los involucre con el fin de proteger la salud y el ambiente. Incluye en esta regulación todo lo relativo a su incidencia y sus efectos en la salud y en el ambiente, aquellas sustancias y materiales peligrosos y otros similares, de origen nacional o importado que vayan a ser utilizados con fines de uso agrícola, industrial, de investigación científica, educación, producción u otros fines. Prohíbe la introducción de desechos patológicos y peligrosos al país, la descarga de sustancias, materiales o desechos peligrosos en el suelo, en el subsuelo, en los cuerpos de agua o al aire, en contravención con la reglamentación técnica que regula la materia. Prohíbe igualmente todos uso, importación y distribución de los productos químicos contaminantes orgánico persistentes, a excepción del DDT, que podrá ser utilizado en forma restringida, y sólo por los organismos oficiales, bajo la supervisión del Ministerio con competencia en Salud y con la aprobación del Ministerio con competen-

cia en materia de Ambiente en caso de requerirse para control de epidemias. El listado de productos químicos contaminantes orgánico-persistentes será determinado por la reglamentación técnica y los Convenios Internacionales ratificados por la República que regulen esta materia.

Contiene disposiciones sobre la obligación de informar a las comunidades que pudieran verse afectadas del riesgo que corren por causa de la generación, utilización y manejo de sustancias, materiales y desechos peligroso. Igualmente contiene normas sobre las medidas de prevención tanto de los trabajadores como de la comunidad en general por la generación, almacenamiento, traslado y utilización de sustancias materiales y desechos peligrosos.

8.4 Ley de Zonas Costeras (2001)

La Ley de Zonas Costeras, contiene muchos de los principios rectores de la protección ambiental, aplicables en la franja marino-costera que ya estaban contenidas en otros instrumentos normativos. Declara de dominio público todo el espacio adyacente a la zona costera y la franja terrestre comprendida entre la línea de más alta marea hasta una distancia no menor de ochenta metros (80 m) medidos perpendicularmente desde la proyección vertical de esa línea hacia tierra en las costas marinas. En las costas fluviales y lacustres el ancho de la franja lo determina la Ley y lo desarrollará el Plan de Ordenación y Gestión Integrada de las Zonas Costeras y en ningún caso será inferior a ochenta metros (80).

La Ley establece las actividades prohibidas y restringidas en las zonas costeras y establece una serie de lineamientos para los usos y actividades permitidos como el turístico y recreacional, la protección de los recursos históricos, arqueológicos y paisajísticos y el respeto a las normas específicas de las diferentes áreas naturales protegidas que puedan estar ubicadas en zonas costeras. Contiene disposiciones sobre los planes de mitigación de los efectos de los fenómenos naturales; el desarrollo urbano, la participación pública, la investigación científica, el manejo de cuencas, la supervisión ambiental, la protección de expresiones culturales y de actividades económicas tradicionales, la promoción de navegación a vela y otras modalidades ambientalmente seguras.

8.5 Ley de Aguas (2007)

Publicada en Gaceta Oficial N° 38.595 del 2 de enero de 2007, tiene por objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas, como elemento indispensable para la vida, el bienestar humano y el desarro-

llo sustentable del país, y es de carácter estratégico e interés del Estado. Declara en su Artículo 6, numeral 2, que son del dominio público de la Nación

“todas las aguas comprendidas dentro de una franja de ochenta metros (80mts.) a ambas márgenes de los ríos no navegables o intermitentes y cien metros (100 mts) a ambas márgenes de los ríos navegables, medidos a partir del borde del área ocupada por las crecidas, correspondientes a un período de retorno de dos coma treinta y tres (2,33) años. Quedan a salvo, en los términos de esta Ley, los derechos adquiridos por los particulares con anterioridad a su entrada en vigencia.”

Esta declaratoria supone una previsión del Estado para evitar que se sigan ocupando las márgenes de los ríos para diferentes actividades que pueden impactar negativamente la calidad del agua y su permanencia.

Establece que los instrumentos de gestión integral de las aguas son: el Subsistema de Información de las Aguas, los planes de gestión integral de las aguas, el control administrativo previo para el uso de las aguas, el Registro Nacional de Usuarios de las Fuentes de las Aguas y el Sistema Económico Financiero.

Clasifica la Ley los usos de las aguas tanto de fuentes superficiales como subterráneas en:

- > Usos no sujetos a tramitación como los domésticos, abrevadero de ganado y navegación.
- > Usos sujetos a tramitación de concesiones, asignaciones o licencias, como el abastecimiento de poblaciones, actividades agrícolas, industriales, generación de energía hidroeléctrica y otros usos comerciales

Mención especial merecen las zonas protectoras de cuerpos de agua por la dificultad de su aplicación por carecer de datos confiables para establecer donde empieza la zona protectora, después del desmantelamiento de las estaciones hidrometeorológicas.

El Artículo 54 establece las zonas protectoras de los cuerpos de agua con el objeto fundamental de proteger áreas sensibles de las cuales depende la permanencia y calidad del recurso y de la flora y fauna silvestre asociadas. Establece que dichas zonas tendrán una superficie definida por una franja de trescientos metros a ambas márgenes de los ríos, medida a partir del borde del área ocupada por las crecidas correspondientes a un período de retorno de dos coma treinta y tres (2,33) años.

8.6 Ley de Biodiversidad (2008)

Tiene por objeto regular,

“la gestión de la diversidad biológica en sus diversos componentes, comprendiendo los genomas naturales o manipulados, material genético y sus derivados, especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas terrestres en los espacios continentales, insulares, lacustres y fluviales, mar territorial, áreas marítimas interiores y el suelo, subsuelo y espacios aéreos de los mismos en garantía de la seguridad y soberanía de la Nación, para alcanzar el mayor bienestar colectivo, en el marco del desarrollo sustentable.”

El artículo 2 de la Ley establece el ámbito de aplicación material de la misma entre los cuales es importante destacar que el manejo y aprovechamiento de la biodiversidad debe hacerse bajo principios ecológicos y bioéticos, el fomento y desarrollo de tecnologías ambientalmente seguras, las medidas de acceso a los recursos genéticos y de bioseguridad; el biocomercio del patrimonio genético y de organismos genéticamente modificados. Esos y los demás principios que orientan la gestión de la diversidad biológica son desarrollados en los títulos y capítulos que la conforman.

8.7 Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009)

El objeto de esta Ley se circunscribe a gestionar los riesgos de carácter socionatural y tecnológico, originados por la potencial ocurrencia de fenómenos naturales o accidentes tecnológicos potenciados por la acción humana que puedan generar daños sobre la población y la calidad del ambiente. La política que orienta esta gestión es transversal a todas las instancias del Poder Público y los particulares dirigidos a evitar o disminuir los niveles de riesgo en todo el territorio nacional y generar las capacidades para afrontar emergencias y desastres.

Establece la organización institucional y sus funciones, crea un registro Nacional de Información para la gestión integral de riesgos y la obligación que tienen los órganos y entes públicos de suministrarla de manera permanente a los interesados; asigna a la Secretaría Técnica para la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y tecnológicos la función contralora del cumplimiento de la gestión y hace énfasis en:

“vigilar que no se construyan obras civiles, salvo las de mitigación de riesgos, en las zonas protectoras y planicies inundables de los cuerpos de agua, ni en las zonas declaradas de alto riesgo.” (Artículo 22).

8.7 *Ley de Gestión Integral de la Basura (2010)*

Señala la Ley que el fin de sus disposiciones es reducir la generación de basura y garantizar que su recolección, aprovechamiento y disposición final será realizada en forma sanitaria y ambientalmente segura. Su aplicación se regirá por los mismos principios establecidos en La Ley Orgánica del Ambiente, prevención, precaución, corresponsabilidad, responsabilidad civil, tutela efectiva, prelación de los intereses colectivos sobre los individuales y promoción de la Educación Ambiental.

Define las competencias para esta gestión y establece que al Poder Ejecutivo Nacional le corresponde la formulación de políticas sobre la misma, elaborar los planes de gestión y manejo, fijar criterios para establecer las tasas por servicio, aprobar nuevas tecnologías sobre tratamiento y aprovechamiento de los residuos y las demás que le fije la ley. A los estados les asigna las funciones de prestar los servicios de transferencia y disposición final de los desechos sólidos previa aprobación de la Autoridad Nacional Ambiental; participar en el aprovechamiento de residuos mediante la creación de empresas de propiedad colectiva y cualquier otra función que le asigne la Ley. Cuando a juicio de la Autoridad Nacional Ambiental el servicio de disposición final no esté prestado o se haga deficientemente por parte de estados y el Distrito Capital será asumido por el Ministerio con Competencia Ambiental quien aplicará las sanciones administrativas previstas en la Ley.

Los municipios tienen como funciones la gestión del servicio de aseo urbano, rural y domiciliario; laborar y ejecutar el Plan Municipal de gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos; prestar los servicios de limpieza, recolección, transporte y tratamiento de residuos y desechos sólidos; regular mediante ordenanza la gestión de los servicios, incluyendo tarifas, tasas o cualquier otra contraprestación, establecer formas asociativas con otros órganos y entes con los que esté relacionado para la prestación de los servicios; financiar la ejecución del plan de gestión respectivo; priorizar la difusión de programas educativos para consejos comunales y demás organizaciones del Poder Popular; proponer sitios para la ubicación de instalaciones para el manejo integral de residuos y desechos sólidos; dar cumplimiento a los cronogramas de adecuación de vertederos a cielo abierto para su clausura y cualquier otra que fije la Ley.

8.8 *Ley Penal del Ambiente (2012)*

“Tiene por objeto tipificar como delito los hechos atentatorios contra los recursos naturales y el ambiente e imponer las sanciones penales.” (Artículo 1).

Establece principios como la extraterritorialidad de la Ley; la responsabilidad objetiva por violación de una norma, sin que sea necesario demostrar culpabilidad; la responsabilidad civil derivada del hecho punible; la responsabilidad penal de las personas jurídicas; los diferentes tipos de sanciones; los atenuantes y agravantes de la responsabilidad, etc.

El Título III tipifica los delitos contra el ambiente, entre los cuales, el capítulo I trata de los delitos “Contra la administración del ambiente” y el II tipifica los delitos “Contra la ordenación del territorio”. Sin entrar a diseccionar estos delitos, es indudable que la tipología está errada, pues mal puede cometerse un delito contra una gestión (administración) ni contra un instrumento (así define la LOA a la ordenación del territorio); por otro lado esta Ley sanciona dos veces el mismo hecho, porque según el Artículo 38 es un delito provocar degradación o alteración de los elementos del ambiente y en los siguientes artículos los vuelve a sancionar con otras penas.

Desde nuestro punto de vista, esta Ley muestra un Derecho excesivamente represivo, contrario al principio que debe animar al Derecho Ambiental como naturalmente preventivo, y sólo tiene como mejora de la ley anterior (1992) el cambio de las multas de días de salario mínimo por Unidades Tributarias.

8.9 Ley de Bosques.

Esta ley sancionada en Agosto de 2013, tiene por objeto garantizar la conservación de los bosques y demás componentes del patrimonio forestal y otras formas de vegetación silvestre no arbórea.

La conservación del patrimonio forestal se lleva a cabo en áreas bajo régimen de administración especial, tal como lo establece la Sección primera del Capítulo IV del Título V. Esa sección describe las ABRAE correspondientes a la conservación del mencionado patrimonio, como:

“.. aquellas sujetas a regulaciones especiales, que por sus características o localización, se destinan a la conservación de ecosistemas y recursos forestales, en los términos previstos en esta Ley y su reglamento.”

Son:

- > Las que tienen como fin la protección integral de recursos naturales, tales como zonas protectoras, parques nacionales, monumentos naturales, reservas de biosfera y otras categorías de manejo con el mismo fin.

- > Las que tienen como fin el manejo sustentable del patrimonio forestal, tales como las reservas forestales, áreas boscosas bajo protección, zonas protectoras del patrimonio forestal y otras de la misma naturaleza jurídica establecidas de conformidad con la Ley y las normas.
- > Las reservas forestales son ABRAE decretadas por el Ejecutivo Nacional (Presidente de la República en Consejo de Ministros) destinadas al aprovechamiento del patrimonio forestal y a la generación de productos y beneficios ambientales mediante el plan de manejo respectivo.
- > Las áreas boscosas bajo protección son terrenos de propiedad privada con cobertura boscosa y reconocida capacidad productiva, que se destinan al aprovechamiento del patrimonio forestal y a la generación de bienes y beneficios ambientales, mediante el plan de manejo respectivo.
- > Las zonas protectoras del patrimonio forestal son aquellas imprescindibles para asegurar la protección y conservación del patrimonio forestal declaradas por Ley o decretadas por el Presidente de la República.

8.10 Ley de Calidad de las Aguas y del Aire

Esta Ley fue publicada en Gaceta Oficial No 6.207-E de fecha 28 de Diciembre de 2015. En su artículo 1 dice:

“Esta Ley tiene por objeto establecer las disposiciones sobre la gestión de la calidad de las aguas y del aire, las molestias ambientales y las condiciones bajo las cuales se debe realizar el manejo de los residuos líquidos y gaseosos con el fin de proteger la salud de los seres vivos y los ecosistemas.”

A pesar de que han pasado más de 3 años de su entrada en vigor, ha tenido escasa aplicación puesto que además de que repite disposiciones contenidas en otras leyes vigentes sin derogar éstas, muchos de sus artículos remiten a reglamentos que no han sido dictados. Por otra parte, su articulado abarca temas que exceden del objeto establecido en el Artículo 1 de la misma.

9 Normas sublegales

Las llamadas Normas de Calidad Ambiental o Normas Complementarias de la Ley Penal del Ambiente, abarcan casi todo el espectro ambiental;

por razones de espacio se han elegido no las más importantes, todas los son de igual manera, sino las más utilizadas en el control ambiental.

9.1 Decreto N° 1257.

Publicado el 24 de abril de 1996, contiene las “Normas sobre Evaluación de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente” y establece las diferentes metodologías de evaluación técnica a los efectos de verificar si la actividad propuesta en el sitio propuesto se enmarca en lo que en su momento se llamó el “daño permisible” y hoy, la vigente Ley Orgánica del Ambiente (2006) llama “*Afectación Tolerable*”. La determinación de la metodología aplicable y su aprobación, se precisa para obtener del Ministerio con competencia en Ambiente y demás organismos con competencia señalados en la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio, las autorizaciones que hagan posible la efectiva ejecución del proyecto.

Toda actividad capaz de degradar los ecosistemas debe contar, previamente, con un estudio ambiental y sociocultural (Artículo 129 de la CRBV) para lo cual el Decreto N° 1257, fundamentado en la Ley Orgánica del Ambiente de 1976, aún no adecuado a la Ley Orgánica del Ambiente vigente a partir del 22 de junio de 2007, establece dos tipos de procedimientos:

1. Procedimiento Ordinario, que se inicia con la presentación de un documento de Intención en el que se presenta el proyecto o programa a los efectos de determinar cuál será la metodología de evaluación más adecuada para obtener las debidas autorizaciones antes de la ejecución.
2. Procedimiento Especial, para las actividades mineras y petroleras y para las actividades a desarrollarse en áreas urbanas y en otras áreas donde el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB) no es el competente para autorizar la ocupación del territorio.

Este procedimiento especial, cuenta con la Resolución 56 del 04 de julio de 1996, la cual establece los recaudos necesarios para la evaluación de programas y proyectos mineros, tanto para la etapa de exploración como de explotación, así como el Cuestionario Ambiental preciso para la exploración y producción de hidrocarburos.

En cuanto a las actividades a desarrollarse en áreas urbanas o en otras áreas donde otras autoridades son las competentes para autorizar o aprobar la ocupación del territorio, dichas autoridades deben orientar a los interesados, sobre la obligación que tienen de presentar, en el primer caso un Estudio de Impacto Ambiental a efectos de incorporar la variable ambiental dentro de las variables urbanas fundamentales; en el segundo caso, los organi-

mos administradores de las áreas deben orientar a los interesados en desarrollar programas y proyectos que tengan incidencia espacial que presenten ante el Ministerio con competencia en Ambiente un Documento de Intención, a efectos de que se les aprueben los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental respectivo.

La vigente Ley Orgánica del Ambiente establece en su Artículo 85

“El estudio de impacto ambiental y sociocultural constituye uno de los instrumentos que sustenta las decisiones ambientales, comprendiendo distintos niveles de análisis, de acuerdo con el tipo de acción de desarrollo propuesto. La norma técnica respectiva regulará lo dispuesto en este artículo.”(subrayado nuestro).

Cabe señalar, que el Decreto N° 1.257 aún no ha sido modificado para cumplir con esos parámetros.

9.2 Decreto N° 883 que contiene las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y vertidos o Efluentes Líquidos (1995)

El objetivo de estas normas es controlar la calidad de los cuerpos de agua, tomando en consideración sus usos actuales y potenciales. Para lograr este objetivo, el Decreto clasifica las aguas según la finalidad a que se destinan y de conformidad con los criterios de clasificación y niveles de calidad exigibles para cada tipo; fija límites y rangos de calidad de los efluentes a los cuerpos de agua, al medio marino costero, a las redes cloacales y las infiltraciones en el subsuelo, establece las actividades sujetas a control y obliga a la clasificación correspondiente a cada cuerpo de agua o sectores de éste señalando que en el respectivo decreto podrán establecerse normas específicas sobre vertidos de acuerdo a las condiciones del cuerpo de agua objeto de la clasificación.

9.3 Decreto N° 638 que contiene las Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica (1995)

El objeto de estas normas es el control de la calidad del aire y la preventión y control de la contaminación atmosférica producida por fuentes fijas y móviles, capaces de generar emisiones gaseosas y partículas; para lograrlo establece estándares de calidad de aire. Incluye un procedimiento de adecuación de las actividades que estaban fuera de norma en el momento de su publicación y establece una doble lista para actividades ya instaladas y nuevas. Establece igualmente una clasificación de zonas de acuerdo con

los rangos de concentración de Partículas Totales Suspendidas (PTS) entre <75 y < 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, calculadas con base en promedios anuales; aquellas zonas con niveles superiores a 300 partículas $\mu\text{g}/\text{m}^3$, deben ser objeto de medidas extraordinarias de mitigación. Clasifica las fuentes fijas de emisión de contaminación atmosférica y los límites de emisiones según los contaminantes que se emitan y crea el Registro de Actividades Susceptibles de degradar el Ambiente (RASDA) para el seguimiento y control de las actividades potencialmente contaminantes.

En 1998, una norma para fuentes móviles derogó el capítulo IV.

9.4 Decreto N° 2.673 que contiene las Normas sobre Emisiones de Fuentes Móviles (1998)

Tiene por objeto el control de las emisiones de escape y de las emisiones evaporativas provenientes de fuentes móviles; establece límites de emisión para motores de gasolina y Diesel de todos los vehículos a partir de modelos del año 2000 que circulen en el territorio nacional y establece igualmente sólo para motores Diesel la obligación de cumplir con los límites de emisión para monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM), indicados en la Tabla 2 de este Decreto, cuando se evalúe mediante los Ciclos FTP 75 o Transitorio de Servicio Pesado.

El ambiente como bien jurídico tutelado por la Constitución y las leyes, no da garantía absoluta a los ciudadanos de disfrutar del derecho fundamental a un ambiente sano, sino que establece límites para el ejercicio de las actividades humanas que sean potencialmente capaces de alterar los ecosistemas y degradar sus componentes.

“El bien común es, después de Dios, la Ley primera y última”. Tomás de Aquino.

BIBLIOGRAFÍA*AFTALIÓN, E.*1943. *El Derecho como Objeto y la Ciencia del Derecho*. Buenos Aires.*BRAÑEZ, R.*2000. *Fundación Mexicana para la Educación Ambiental*, México.*DEUTSCH, K. W.*1974. Politics and Government: How people decide their fate. Boston. Citado por José Luis Serrano Moreno: *Ecología y Derecho*. Editorial Comares. Granada.1992.*JAQUENOD DE ZSÓGON, S.*2004. *Derecho Ambiental*. Editorial Dykinson, S.L. Madrid.*LOZANO, B.*2007. *Derecho Ambiental Administrativo*. Editorial Dykinson, S.L. Madrid*MARTÍN, M. R.*1991. *Tratado de derecho Ambiental*. Editorial Trívium, S.A., Madrid.

María de Las Mercedes Diez Negrillo

Doctoranda en Derecho. Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo. Doctoranda en Ecología. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Investigadora en Derecho Estudios Avanzados (DEA) Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo. 2009. Maestría en Administración del Ambiente, IUPFAN Caracas. 1991. Asesora experta en Aspectos Jurídicos de la Ordenación del Territorio en la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat de Venezuela. Asesora de la Dirección General de Planificación y Ordenación del Ambiente, Ministerio del Ambiente, 2005- 2009. Directora de Normas Técnicas y Asesoría Legal, MARN Caracas 1997-2003. Profesora de Derecho Ambiental en diferentes Postgrados de las facultades de Agronomía, Cendes y Geografía de la UCV; de la ULA, UNELLEZ y UJAP.

CAPÍTULO XV

LA GESTIÓN AMBIENTAL EN ÁREAS URBANAS

Introducción

El ambiente urbano ha ido transformándose progresivamente por efectos de la implantación de nuevas tecnologías cuyos fines han sido económicos más que ambientales o sociales. El crecimiento explosivo de las áreas urbanas a partir de la segunda guerra mundial ha ocasionado cambios fundamentales no sólo en el paisaje físico sino también en la percepción de la gente sobre el ambiente y su manera de interrelacionarse.

Muchos de los problemas ambientales urbanos son claramente identificables, y se relacionan con funciones específicas de la ciudad que están afectando la calidad de vida y la productividad de las ciudades, su origen y las soluciones deben buscarse en un contexto más amplio y profundo: los modelos de desarrollo económico y social, las formas de convivencia ciudadana, los sistemas de gobierno, la cultura del ciudadano y las formas de utilización de las tecnologías (Chacón et al., 2016).

Una de las principales causas del deterioro ambiental es consecuencia del crecimiento de las ciudades, que no responde adecuadamente a las características del ambiente natural,

“El crecimiento urbano se concentra con principal fuerza en pocas áreas metropolitanas (en general ciudades capitales) y otras de tamaño medio. Este fenómeno, inédito en la historia de América Latina, representa un desafío formidable para la gestión urbana y, en particular, para la gestión ambiental, pues no solamente significa atender una demanda creciente de necesidades básicas, servicios y espacio habitable, sino que también, requiere procesar adecuadamente los impactos ambientales que se generan.” (Trivelí, 1997: 47).

Cuyas respuestas se han dado en atención a las demandas cuantitativas, sin preocuparse de las condiciones cualitativas de la vida urbana.

Establecer un sistema urbano ambiental concertado y con liderazgos es parte de este reto, este es un proceso que requiere construir consensos acerca de problemas críticos o prioritarios, construyendo una visión común positiva que no pierda de vista las necesidades, demandas y aspiraciones

futuras de la población. Esto sólo se logrará promoviendo prácticas ciudadanas democráticas que permitan unir los esfuerzos y recursos locales delineando una nueva lógica del desarrollo urbano desde lo ambiental. En consecuencia, es vital la promoción de acciones masivas de educación ambiental y la difusión de experiencias exitosas que propicien la aceptación social de nuevas prácticas y actitudes, así como el desarrollo de la voluntad ciudadana para participar, cumplir y respetar las obligaciones o normas requeridas para mejorar armónicamente el ambiente urbano.

En este capítulo se busca presentar al lector la importancia que tiene la visión de la ciudad desde una perspectiva ambiental, partiendo de la definición y sus componentes, para continuar con la explicación de lo que se conoce como gestión, el marco institucional para llevar adelante un modelo con inclusión de la variable ambiental, una descripción de los enfoques o formas de abordar el trabajo en la ciudad, que luego se complementa con la definición de los procedimientos, técnicas y herramientas para la gestión ambiental urbana y culminar con el estado en que se encuentra la gestión ambiental urbana en Venezuela.

1 El Ambiente Urbano

Toda reflexión acerca de la calidad ambiental urbana se encuentra íntimamente vinculada con el espacio o territorio donde se dan las relaciones entre individuos, actividades y el ambiente; y al cual denominamos ambiente urbano. La definición planteada en la Guía de Gestión Ambiental Urbana (GAU, 2016) refiere:

“(…la acción integral que relaciona a los actores sociales, económicos, técnicos e institucionales con el ecosistema urbano local y los ecosistemas del cual dependen, a través de acuerdos, decisiones, normas, procesos, reglamentos y cualquier otro instrumento que contribuya a establecer una relación simbiótica entre ellos.” (Chacón et al., 2016: 5).

En consecuencia, al tratar de consensuar el concepto de ambiente urbano se puede afirmar que el mismo está estructurado por componentes, y la relación entre ellos determina sus dimensiones. Entonces se pueden reconocer que el ambiente urbano viene definido por cinco componentes: 1) el físico, tanto natural como construido; 2) el humano, que incluye las expresiones tanto individuales como grupales (familia, colectividad, ciudad); 3) el social, vinculado con las características de la población, su nivel cultural y su

capacidad organizativa; 4) el económico, existente gracias a la base económica que sustenta las relaciones entre individuos y generación de riqueza; y 5) el político, que se expresa en términos de la institucionalidad de las estructuras del Estado, los intereses del gobierno, y su visión de desarrollo.

De esta forma, el ambiente urbano y el equilibrio entre cada uno de sus componentes es el reto del siglo XXI, es el centro de atención de pobladores y decisores, sobre todo en términos de la gestión y administración de los recursos a escala regional y local; donde el conocimiento, el análisis y la evaluación del ambiente se convierten en unos elementos indispensables en la planificación territorial y urbana, y la demanda por políticas pública incluyentes, efectivas, oportunas y justas, son el clamor local con influencia global.

Dada esta realidad, el tratamiento de los problemas ambientales urbanos requiere de una perspectiva nueva, que considere al entorno urbano en su contexto integral físico, sociocultural, económico y ambiental, y donde las organizaciones de la sociedad civil tengan una oportunidad significativa de participar.

Hay en esta materia un serio desafío ambiental que significa dar sostenibilidad al desarrollo urbano siendo ésta una tarea que presenta grandes retos en múltiples aspectos de la vida de las ciudades y que pueden tener serias consecuencias, muy relevantes en términos de: la calidad de vida de la población y la salud de sus habitantes; la productividad de las acciones económicas y de la ciudad como conjunto; la equidad, dado que los impactos negativos de los problemas ambientales tienden a afectar desproporcionalmente a los más pobres; los sistemas ecológicos, donde se asientan las ciudades; la vida misma y la seguridad ciudadana. Estos son, en suma, los aspectos más relevantes en los que se debe poner énfasis al estudiar la ciudad desde una perspectiva ambiental.

2 La Gestión Ambiental Urbana

La Gestión Ambiental se refiere al conjunto de operaciones que definen acciones que transforman la realidad, y procuran orientar procesos de cambios en los asentamientos humanos, según una perspectiva que tienda a buscar el equilibrio de las interacciones entre la naturaleza y la sociedad, utilizando las tecnologías, como resultado de una acción interdisciplinaria y transdisciplinaria, incluyendo la formulación de políticas y el diseño de instrumentos y mecanismos tanto formales como informales.

A nivel urbano, significa estar vinculado con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS), o también denominada Agenda 2030, que define 17 objetivos de cumplimiento universal, de los cuales 8 están relacionados directamente con la gestión urbana, siendo el número 11 dedicado exclusivamente a las ciudades y comunidades sostenibles:

“Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.” (ONU, 2015).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro en 1992, confirmó la necesidad de instaurar un principio de sostenibilidad ambiental, que había sido planteado por la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas en 1987. La Conferencia de Río estableció un programa o agenda de tareas para éste y el próximo siglo (de ahí el nombre de Agenda 21), con el fin de contribuir al logro de la meta global de un desarrollo sostenible. Entre las tareas realizadas para la actualización de lo planteado para el siglo XXI es importante destacar el esfuerzo realizado por las Naciones Unidas en el evento denominado Hábitat III celebrado en 2016 en la ciudad de Quito-Ecuador que concluye con la publicación de la Nueva Agenda Urbana 2030:

“La Nueva Agenda Urbana presenta un cambio de paradigma basado en la ciencia de las ciudades; establece normas y principios para la planificación, construcción, desarrollo, gestión y mejora de las zonas urbanas en sus cinco pilares de aplicación principales: políticas urbanas nacionales, legislación y normativas urbanas, planificación y diseño urbano, economía local y finanzas municipales e implementación local. Es un recurso para que se realice ese ideal común desde todos los niveles de gobierno, de nacional a local, las organizaciones de la sociedad civil, el sector privado, las agrupaciones de partes interesadas y todas las personas que consideran que los espacios urbanos del mundo son su ‘hogar’.” (Naciones Unidas, 2016).

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) ha desarrollado propuestas en esta dirección, que apuntan hacia un desarrollo ambientalmente sostenible, en el marco de una transformación productiva con equidad social. La creciente inserción internacional de nuestras economías, las necesidades de competir en mercados globalizados, el atraso tecnológico, la falta de núcleos endógenos de ciencia y tecnología, la falta de recursos humanos capacitados, y sobre todo, las necesidades de un desarrollo económico y

social acelerado que sirva a los propósitos de vencer el subdesarrollo, superar la pobreza y la marginalidad social, económica y cultural, han llevado a la CEPAL a estas ideas innovadoras. Este marco de propuestas para la transformación productiva, con equidad y sostenibilidad ambiental del desarrollo inspira el enfoque de políticas ambientales necesarias para enfrentar los crecientes problemas que afectan la región Latinoamericana en esta área (CEPAL, 1998).

La gestión del desarrollo urbano sostenido será viable en el momento que la población haya participado desde la etapa de planificación, identificando y priorizando sus problemas, y así, seleccionar las mejores alternativas de solución, procurando el uso racional de los recursos, evitando su depredación. La sociedad civil debe expresarse. Es importante registrar sus inquietudes, observaciones, acuerdos y nuevas ideas. La integración de las opiniones de la comunidad es de gran importancia pues genera un sentido de propiedad comunitaria sobre las propuestas, lo que facilita su implementación.

Toda actuación sobre el ambiente debe estar apoyada por el sistema administrativo de la ciudad y contemplar los cinco elementos básicos que condicionan el éxito de un plan, de un proyecto o de una acción puntual del sector.

- > Componente social.
- > Componente económico.
- > Componente tecnológico.
- > Componente ecológico y
- > Componente cultural

Todos ellos, con el objetivo de promover un desarrollo sostenible en la ciudad, para lo cual es necesario contar con un marco adecuado que se apoye en los siguientes elementos:

- > Planificación estratégica del territorio que responda a las verdaderas necesidades de los ciudadanos y a las condiciones del ambiente.
- > Un gobierno local con compromiso con la gestión ambiental urbana
- > La participación motivada y comprometida de la comunidad.
- > La educación ciudadana.
- > Los recursos necesarios para llevar adelante las acciones que se requieran.

- > La existencia de normativa que oriente la acción con instituciones comprometidas en el proceso.

El esquema de esta estrategia se basa en las siguientes afirmaciones de principio:

- > Que la gestión ambiental es crucial en la gestión urbana y para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.
- > Que es necesario actuar de manera concertada entre los actores públicos y privados, entre niveles de gobierno (central, regional y local, a nivel intersectorial y multidisciplinariamente).
- > Para que la Gestión Ambiental Urbana, sea más efectiva es necesario que las instituciones, organizaciones y las personas que las dirigen e integren, fortalezcan sus capacidades de gestión, preparando adecuadamente la gente y a las instituciones.
- > Que la planificación debe ser considerado un instrumento primordial, para entender el funcionamiento de la ciudad, identificar problemas y dar respuestas con una visión de futuro y en forma sostenible.

Hay en esta materia un serio desafío ambiental que significa dar sostenibilidad al desarrollo urbano. Siendo ésta una tarea que presenta grandes retos en múltiples aspectos de la vida de las ciudades y que pueden tener serias consecuencias, muy relevantes en términos de: la calidad de vida de la población y la salud de sus habitantes; la productividad de las acciones económicas y de la ciudad como conjunto; la equidad, porque los impactos negativos de los problemas ambientales tienden a afectar desproporcionalmente a los más pobres; los sistemas ecológicos donde se asientan las ciudades y las condiciones que ejercen sobre la sustentabilidad del desarrollo urbano; la vida misma y la seguridad ciudadana. Estos son, en suma, los aspectos más relevantes en los que se debe poner énfasis al estudiar la ciudad desde una perspectiva ambiental.

2.1 Marco Institucional y Apoyo del Gobierno Local

El municipio debe ser la institución líder para llevar adelante un programa de gestión ambiental y la búsqueda de un modelo sostenible para la ciudad, construir una imagen objetivo y la política que permita su realización impone una perspectiva no solo a corto plazo, sino una visión de futuro.

Para promover el desarrollo de prácticas urbanas compatibles con ciudades sostenibles, se requieren autoridades capaces de aplicar políticas que

posibiliten el crecimiento económico sostenido y la superación de la pobreza, así como instituciones sólidas que faciliten los cambios necesarios y ciudadanos responsables y comprometidos con este objetivo común. La formulación de objetivos de desarrollo urbano ambiental y la provisión de educación, información y capacitación para su consecución son estrategias básicas para implementar acciones de desarrollo de capacidades para la gestión urbana ambiental (CEPAL, 1998).

3 Enfoques de la Gestión Ambiental en la Ciudad

Los nuevos enfoques son de suma importancia porque a partir de allí se desencadenaran las políticas, programas, proyectos y acciones necesarias para llevar a cabo una eficaz gestión ambiental urbana. Muchas veces se llevan a cabo bajo enfoques tradicionales que no permite lograr una gestión ambiental urbana sostenible, descentralizada, participativa e innovadora. Para ello, los nuevos enfoques se basan en las siguientes premisas¹:

1. Desarrollo sostenible: el modelo de desarrollo que debe caracterizar la gestión ambiental urbana, se debe basar en la búsqueda de la sostenibilidad incorporando las dimensiones socioculturales, ambientales, económicas, políticas e institucionales, pensando y actuando para las generaciones presentes sin comprometer las generaciones futuras.

2. Planificación estratégica: los mecanismos de visualizar y construir el futuro de una ciudad sostenible, con políticas y acciones concretas debe estar apoyado de un conjunto de elementos como: visión, políticas, estrategias, tácticas y acciones a nivel urbano que incorpore los actores de la ciudad en el proceso de participación, negociación y toma de decisiones.

3. Pensamiento y acción holística, interactiva e integradora: el enfoque sistémico debe estar presente en todo el proceso de gestión, visualizando de manera integral, transversal, interdisciplinaria y transgeneracional las acciones de ambiente urbano llevadas a cabo en la ciudad.

4. Equidad y justicia en las acciones: exige que en las políticas, planes, estrategias e inversiones deben ser socialmente equitativas, tanto en los beneficios como en los costos deben ser distribuidos de forma justa entre los actores que conforman la sociedad, por supuesto asegurando la protección de los grupos más vulnerables.

5. Empresarial: debe incorporar a los actores económicos que cuentan con capital privado que permita construir sociedades sin riesgos y asociaciones con el sector público, para la ejecución de proyectos estratégicos para el logro de la gestión ambiental urbana.

6. Constructora de acuerdos y consensos: la gestión ambiental urbana debe construirse con una metodología altamente participativa, la búsqueda de alianzas, pactos y convenios en los procesos y en la toma de decisiones basadas en negociaciones justas, pertinentes y transparentes.

7. Orientada al proceso, la evaluación y el monitoreo: es de vital importancia cuidar los procesos que determinaran una gestión ambiental urbana eficaz y para ello, es necesario la incorporación de sistemas e indicadores de evaluación, ex ante, durante y ex post en forma sistemática en cada uno de los procesos con sus debidos indicadores de resultados.

8. Hacia la descentralización y con esquemas altamente participativos: las competencias deben estar asumidas por el gobierno local en concordancia con los diferentes niveles de gobierno. El gobierno local es el principal corresponsable de activar los diferentes mecanismos de gestión para la administración adecuada de cada uno de los componentes de la gestión ambiental urbana.

9. Estructura organizativa local ágil, transparente y efectiva: la administración local debe contar con una estructura organizativa con funcionarios altamente sensibilizados y capacitados en materia de gestión ambiental urbana, con sistemas de información y procesos rápidos, claros y objetivos.

10. Propuestas jurídicas adaptadas al marco de la gestión ambiental urbana: el marco jurídico local debe responder a las necesidades y anticiparse a las posibles situaciones que se enmarca en el desenvolvimiento adecuado de la gestión ambiental urbana, con aquellos instrumentos jurídicos municipales establecidos en la Ley Orgánica del Poder Público Municipal (LOPPM), en su artículo 54: ordenanzas, acuerdos, reglamentos, decretos, resoluciones y otros adaptados a la práctica administrativa municipal.

11. Recuperación de costos y generación de inversiones: las acciones y proyectos ambientales urbanos requieren de un balance entre ingresos y gastos equilibrado con fuertes inversiones que permitan lograr un flujo constante y una infraestructura inteligente y resiliente que demanda la ciudad.

12. Valoración de la economía informal: requiere de estudios, valoraciones y estrategias de la estructura económica local tanto en lo formal como en lo informal, para generar los mecanismos y acciones necesarias para lograr una base económica local sana, creciente y que responda a las necesidades de la sociedad.

La identificación de los elementos críticos a ser atendidos por el gobierno local son de suma importancia y para ello, estos elementos pueden ser del tipo ambiental y urbano. Estos comprenden ítems como el agua, la basura, el ruido, las edificaciones, el transporte, etc. Asimismo, existen ciertos componentes que son prioritarios respecto a otros y que por ello deben ser atendidos primero. A continuación, se mencionan los siguientes componentes constitutivos de la gestión ambiental urbana más importantes:

- > Usos del suelo, edificaciones y transporte.
- > Movilidad, redes de servicios y equipamientos urbanos.
- > Protección de la Atmósfera y niveles de calidad del aire.
- > Ruido y niveles de contaminación acústica.
- > Gestión y uso eficiente del agua.
- > Aplicación de criterios bioclimáticos en el desarrollo de las ciudades.
- > Gestión y uso eficiente de la energía.
- > Ecoeficiencia energética y la utilización de energías renovables en los edificios y sus instalaciones.
- > Niveles de contaminación térmica y radiaciones.
- > Niveles de contaminación electromagnética.
- > Conservación y preservación de zonas naturales periurbanas y urbanas, espacios verdes y la biodiversidad urbana.
- > Creación, renovación, rescate y mantenimiento de los espacios públicos.
- > Gestión de residuos y desechos sólidos urbanos.
- > Regulaciones de la publicidad exterior.
- > Realización de la evaluación ambiental de actividades urbanas susceptibles de degradar el ambiente.
- > Regulación y control de tenencia de animales.
- > Protección contra incendios.
- > Captación de aguas pluviales y control de descargas de aguas servidas.
- > Gestión integral de riesgos sconaturales y tecnológicos.
- > Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático con la aplicación de medidas y acciones de resiliencia urbana.
- > Evaluación y control del perfil y paisaje urbano.
- > Medidas para el metabolismo urbano circular.

- > Patrimonio natural, cultural, social y urbano de la ciudad.
- > Confort, bienestar, imagen e identidad urbana.

Cada uno de los elementos mencionados anteriormente dependiendo del contexto y de las características singulares (geográficas, ambientales, sociales, económicas, políticas, institucionales y ambientales) de cada ciudad se deberá priorizar y generar políticas públicas ambientales urbanas y un proceso de materialización de procedimientos, técnicas, herramientas y acciones que serán desarrolladas en la siguiente sección.

4 Instrumentos de Gestión Ambiental Urbana

Especial importancia para la gestión ambiental urbana ha revestido el surgimiento en el marco de la Conferencia de Rio 1992 de la Agenda 21. La Agencia Europea de Medio Ambiente (2005) ha señalado que la Agenda 21 demostró ser un documento útil, pues posibilitó a posteriori, el surgimiento de la denominada Agenda 21 Local, instrumento de planificación ambiental que pone en dialogo una serie de elementos de gestión ambiental en la escala local Coria (2012).

El proceso que se daba a nivel mundial, alcanzó en sus inicios poner en marcha en América Latina y el Caribe legislaciones e instituciones ambientales, y se expidieron las primeras políticas nacionales sobre ambiente. En 1973, Brasil creó la Secretaría Especial del Medio Ambiente y México estableció la Subsecretaría para el Mejoramiento del Medio Ambiente, iniciándose un proceso de construcción de agencias ambientales a nivel nacional y subnacional. A su vez, el Código de Recursos Naturales y del Medio Ambiente de Colombia, 1974, y la Ley Orgánica y el Ministerio del Ambiente de Venezuela, 1976, fueron creaciones pioneras, en comparación con el caso de los países en desarrollo ubicados en otras regiones del mundo.

Esa primacía en la gestión ambiental que tuvo su marco institucional a través del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) se mantuvo durante varias décadas con marcos legales asociados que permitían crear las bases para implantar un proceso de gestión ambiental en cualquier ámbito territorial, es así como las ciudades no se quedan atrás construyendo instituciones locales que dieran apoyo a los municipios con dichas competencias establecidas en el Capítulo IV; Del Poder Público Municipal, Artículo 178 de la CBRV de 1999. Resaltando luego en leyes orgánicas definiciones que daban sustento a las autoridades para el cumplimiento de su labor ambiental.

La Gestión Ambiental es el conjunto de acciones conducentes al manejo integral del sistema ambiental. Definida en Ley Orgánica del Ambiente (2006), como:

“Conjunto de acciones o medidas orientadas a diagnosticar, inventariar, restablecer, restaurar, mejorar, preservar, proteger, controlar, vigilar y aprovechar los ecosistemas, la diversidad biológica y demás recursos naturales y elementos del ambiente, en garantía del desarrollo sustentable.” (Art. 2 LOA, 2006).

Es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo, mitigando y adaptando los problemas ambientales. Dicha gestión es llevada a cabo por medio de herramientas y mecanismos cuyo objeto es facilitar el cumplimiento de las funciones, responsabilidades y competencias municipales en materia ambiental, es decir, proporciona al municipio la gama de ayudas con que cuenta para un mejor ejercicio de su misión, y favorece el desarrollo de las relaciones y de la participación en las acciones y decisiones de la gestión ambiental.

Aclarado los términos referentes a la gestión ambiental urbana se debe responder lo siguiente: ¿qué debe hacer la sociedad para resolver los problemas ambientales del sistema ambiental? La respuesta inmediata es gestionar los recursos naturales de una manera que no se degraden, ni se extingan. Por lo tanto se está hablando de sostenibilidad ambiental urbana, la cual implica la gestión eficiente de los recursos naturales y los ecosistemas, en relación con la demanda antrópica que de ellos se hace. Para ello es necesario contar con algunos **instrumentos** los cuales corresponden a **mecanismos** y **herramientas** de apoyo a la gestión ambiental municipal, cuyo objeto es facilitar el cumplimiento de las funciones, responsabilidades y competencias municipales en materia ambiental, proporcionar al municipio la gama de ayudas con que cuenta para un mejor ejercicio de su gestión, y favorecer el desarrollo de las relaciones y de la participación en las acciones y decisiones de la gestión ambiental. Existen siete (7) tipologías de instrumentos para la gestión ambiental urbana, resumidos en la Tabla XV.1.

Ahora bien, se consideran **herramientas** de la gestión del ambiente, de acuerdo a la Ley Orgánica del Ambiente (2006) la ordenación del territorio, la planificación, la evaluación y el control, todas piezas clave para lograr que la gestión ambiental sea eficiente y eficaz. La gobernabilidad es otro elemento que coadyuva para que la gestión ambiental sea vista como un sistema o proceso donde las instituciones políticas, económicas y sociales, a

Tabla XV.1. Instrumentos de Gestión Ambiental Urbana. **Fuente:** Modificado de DÍAZ Palacios, Julio (2000): Manual de planificación y gestión de la Agenda 21 de las ciudades. UIM. España.

Tipología	Objeto	Instrumentos
Preventivos	Tratar de impedir alteraciones por cambios adversos o definir los límites de sostenibilidad	Evaluación de IA. Planes de Ordenamiento Ambiental. Planes de manejo de recursos. Normas de calidad ambiental. Planes de prevención.
Control	Constatar y verificar el estado de las prácticas adecuadas o mitigar las alteraciones a la salud o al ambiente. Permiten verificar el acatamiento de las regulaciones.	Monitoreo y evaluación. Auditorías ambientales. Mecanismos y procedimientos de fiscalización.
De Informacion	Tratan de estandarizar la información para medir la eficacia de las políticas e instrumentos para tomar decisiones estratégicas, la calidad ambiental, la conservación de los recursos naturales y la habitabilidad de los espacios urbanos.	Información
De Restauración o Reparación	Apuntan a corregir situaciones de deterioro ambiental revirtiéndolo y reparando el ambiente o sus componentes afectados cuando sea posible.	Programas de adecuación ambiental
De Financiamiento	Aportar recursos financieros para la gestión ambiental.	Fondos locales de ambiente. Aportes privados.
Económicos	Generar condiciones que faciliten el cumplimiento de los compromisos derivados de la política ambiental.	Tarifas de servicios ambientales. Incentivos y sanciones. Aportes extraordinarios de usuarios.
Promotores	Orientados a fortalecer la sensibilidad y conciencia, movilizar a la población y realizar buenas prácticas.	Mecanismos de participación. Campañas de sensibilización. Concursos.

Fuente: Modificado de Díaz Palacios, Julio (2000): Manual de planificación y gestión de la Agenda 21 de las ciudades. UIM. España.

+

través de los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado, deciden la mejor manera de administrar, usar, gestionar los recursos y vincularlo con el desarrollo. No solo legislación, regulación e instituciones públicas, se debe incluir los sectores económicos y sociales promoviendo una base legítima de participación colectiva (Sánchez-Torres, 2013).

La gestión urbana responsable y sostenible se basa en el trabajo en equipo, la solidaridad, la cooperación, el diálogo y el compromiso. Para llevar adelante la gestión ambiental urbana, es menester formular una herramienta que permita resumir las acciones a cumplir.

Los problemas ambientales son una muestra de la complejidad de la cuestión ambiental, ya que manifiesta la interdependencia y conexión existente entre los diversos factores, actores y entre los mismos problemas, conformando una problemática ambiental sistémica.

Cuando se analiza un problema ambiental es posible reconocer: a) Actor b) Espacio y c) Tiempo. En base a estos tres elementos se puede empezar a trabajar en la identificación de instrumentos de Gestión Ambiental susceptibles de aplicar.

5 Estado de la Gestión Ambiental Urbana en Venezuela

El acelerado proceso de urbanización que se ha venido produciendo desde la década de los cincuenta, ha propiciado el incremento de los problemas ambientales en nuestras principales ciudades, donde no hubo capacidad institucional, ni financiera, para orientar un proceso de urbanización planificado que tomará en cuenta variables ambientales como la contaminación del aire y del agua, la vulnerabilidad de las viviendas, el déficit en el suministro de agua potable, el inadecuado tratamiento de aguas servidas y el ineficiente servicio de recolección y disposición final de los residuos y desechos sólidos (Semeco, 2002) entre otros, lo cual incidió en la producción y reproducción de elementos nocivos que afectaron la calidad de vida de los habitantes del país. Así se gesta el origen de gran parte del desastre ambiental urbano que afecta a la mayoría de las poblaciones venezolanas en la actualidad.

Todo esto nos ha llevado a una ausencia de planificación urbana y ecológica, una inadecuada dotación y prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, equipamientos urbanos precario en barriadas humildes, inadecuada dotación y prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, disponibilidad de viviendas higiénicamente aceptables, mal

manejo ambiental de las instalaciones industriales, deficiencia de los servicios de aseo urbano, inexistencia de una gestión ambiental urbana como responsabilidad municipal, déficit de espacios públicos, parques y otras áreas verdes, defectuosa planificación sin desarrollo vial, pobre equipamiento y mal funcionamiento del transporte público, con una deficiente señalización urbana, escasa conservación de edificaciones y monumentos históricos, deterioro del entorno físico-natural extraurbano y una ausencia de estudios de riesgos físico naturales y antrópicos a nivel urbano (Gabaldón, 2014). Estos diversos escenarios que pueden presentarse en las distintas áreas urbanas del país son susceptibles a impactos socioambientales severos como consecuencia del Cambio Climático, uno de los problemas ambientales, quizá el más grave, al que nos enfrentamos en la actualidad. La relación cada vez más significativa que existe entre las ciudades y el cambio climático es ambivalente y presenta múltiples dimensiones y áreas prioritarias en distintas escalas, desde la local hasta la global, pasando por la regional (Sánchez, 2013) que deben ser atendidos.

Esta realidad adquiere mayor relevancia frente al hecho de que, según el Censo Nacional del año 2011 (INE, 2013), el país registró 28.946.101 de habitantes, con más del 87% de su población concentrada en áreas urbanas, las cuales ocupan menos del 20% del territorio nacional. Más del 60% de la población venezolana se localizan en entidades de Los Andes y de la Cordillera de la Costa y alrededor del 40% reside en 6 ciudades: Caracas, Maracaibo, Valencia, Barquisimeto, Maracay y Ciudad Guayana. Lo que nos permite calcular un crecimiento anual de 2,3 % (con base a datos censales del INE), es decir que cada año aumenta 665.760 habitantes aproximadamente en Venezuela, de ellos 530 mil habitantes ocuparán áreas urbanas, demandando espacio y servicios a la ciudad. Ante esta realidad, la consideración de la gestión y el ambiente en la planificación territorial urbana es un aspecto de vital importancia para nuestro desarrollo.

A pesar de los permanentes intentos de reordenamiento territorial, este crecimiento urbano desordenado no ha podido revertirse por ausencia de políticas públicas efectivas que fomenten ciudades venezolanas menos vulnerables y más resilientes. En vista de que más del 87% de la población venezolana habita zonas urbanas y que buena parte de las ciudades –en ocasiones más del 30% de su superficie– está constituida por asentamientos informales no planificados, puede asegurarse que más de 7 millones de personas a nivel nacional habitan entornos urbanos vulnerables, donde la desorganización espacial implica la ocupación de planicies inundables, laderas inestables y zonas bajo el nivel del mar, expuestas a amenazas de diversa

índole que pueden potenciarse como consecuencia de precipitaciones y cambios excepcionales en el clima. Igualmente, las alteraciones en el uso del suelo, producto del crecimiento urbano desordenado, traen consigo la ocupación indebida de áreas boscosas, suelos fértiles y nacientes de agua (Amaya, 2007) que afectan a una extensión mayor que las propias ciudades.

Los impactos del Cambio Climático ya son evidentes en todas las áreas urbanas de Venezuela, fundamentalmente en los sistemas de generación hidroeléctrica y de provisión de agua potable, pues durante 2001, 2003, finales de 2009 e inicios de 2010, y en un período análogo de los años 2015 2016, sequías excepcionales asociadas al fenómeno El Niño limitaron la disponibilidad de agua en embalses, afectando negativamente el suministro de energía eléctrica y de agua potable por varios meses.

El desarrollo urbano desordenado se conjuga con las amenazas de origen hidrometeorológico para producir escenarios de riesgo en áreas urbanas, tales como inundaciones, aludes torrenciales y deslizamientos en masa. Este desarrollo urbano desordenado también ocasiona daños al ambiente, a través de la ocupación de nacientes de agua, la deforestación de áreas boscosas, entre otros. Por lo anterior, el estudio de la vulnerabilidad urbana y la aplicación de políticas de ordenamiento y reordenamiento urbano tendrían una repercusión muy positiva en la adaptación de las ciudades venezolanas al Cambio Climático que conllevaría a una exitosa gestión ambiental urbana.

Respecto a lecciones aprendidas, aunque en los últimos años se han desarrollado labores de recuperación post-desastre asociados a los eventos hidrometeorológicos de Vargas 1999 y del Valle del Mocotíes 2005, éstas no han seguido en su totalidad lo recomendado en estudios y proyectos relativos a acciones de reordenamiento territorial y obras de protección hidráulica. Tampoco se han realizado con la celeridad prevista las inversiones para mitigar la emisión de Gases de Efecto Invernadero, GEI, a través de la culminación de proyectos hidroeléctricos, la conversión a gas de plantas termoeléctricas y los proyectos de transporte urbano e interurbano.

Adicionalmente es necesario inventariar y monitorear las fuentes de emisiones GEI en áreas urbanas y en el transporte para conocer la efectividad de las medidas de mitigación y para tener evidencias tangibles de los esfuerzos que realiza el país en su compromiso en esa materia. Estas medidas no deben pensarse aisladamente, sino en conjunto con otras iniciativas relacionadas con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

y el Tratado de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres. En tal sentido, se recomienda seguir las indicaciones del IPCC respecto a la necesidad de profundizar estudios de evaluación de la vulnerabilidad urbana ante el Cambio Climático, ensayar mecanismos de reducción profunda del uso del carbono, promover la reforestación, la adopción de prácticas de edificaciones sostenibles, el cambio de patrón de movilidad para reducir el uso del automóvil, promover la utilización del transporte público y otras formas de movilidad alternativa (ciclovías). Igualmente es necesario fomentar mecanismos de concienciación ciudadana, y ajustar los costos del combustible y de los servicios de electricidad y agua para reducir consumos excesivos y premiar el ahorro a través de la aplicación de tarifas.

Una consideración especial debería tenerse en la evaluación y en el diseño de los proyectos de construcción de nuevas viviendas (Gran Misión Vivienda Venezuela), debido a las oportunidades que éstos ofrecen para adaptar a las ciudades venezolanas a los efectos del Cambio Climático. Igualmente valdría profundizar el estudio sobre el metabolismo urbano de distintas áreas metropolitanas del país, con miras a reducir el consumo del agua, reciclar efluentes, reducir desechos y reciclar materiales, todo lo cual redundará en la reducción de emisiones atmosféricas.

Por último, si bien el marco institucional es proclive a la adopción de políticas efectivas frente al Cambio Climático, es necesario llegar a acuerdos de gobernabilidad para mejorar la coordinación y la eficiencia intergubernamental, evitando sesgos ideológicos que dificulten una necesaria concertación. Adoptar un enfoque transdisciplinario e incluyente, que incorpore al sector académico y que convoque a autoridades nacionales, regionales y locales, así como a actores sociales e institucionales y muy especialmente a las comunidades organizadas, constituye un requisito indispensable para tener éxito en el logro de una gestión ambiental urbana eficiente a tono con los retos actuales de nuestras ciudades latinoamericanas.

BIBLIOGRAFÍA

ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

1999. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Publicada en Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.453. Caracas, 24 de marzo de 2000.
2006. Ley Orgánica de Ambiente. Publicada en Gaceta Oficial Extraordinaria No. 5.833. Caracas, 22 de diciembre de 2006.

AMAYA, C.

2007. Impactos socio-ambientales de las formas de ocupación del espacio urbano en Venezuela. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Disponible en: http://www.eventos.ula.ve/ciudadssostenible/documentos/pdf/ponencia_carlos_amaya.pdf

CEPAL

1998. *Ciudades Intermedias en América Latina y el Caribe*. Ministeri degli Affari Esteri Cooperazione Italiana.

CHACÓN, R. M., L. GIRAUD, J. GUZMÁN y J. PUJAICO

- 2016) La Guía de Gestión Ambiental Urbana para los Municipios, Un proyecto en Construcción presentado en el Foro GAU, 2016, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

CHACÓN, R. M., L. GIRAUD y J. GUZMÁN

2016. *Guía de Gestión Ambiental Urbana*,Caracas. Venezuela.

CORIA, L.; ET AL

2012. Aportes a la Gestión Ambiental. Elementos teóricos conceptuales para el desarrollo local sostenible. Caja de Herramientas. Una Contribución a la Gestión Ambiental Local. ISBN-13: 978-84-695-2397-1 N° Registro: 12/8231

DÍAZ PALACIOS, J.

2000. *Manual de planificación y gestión de la Agenda 21 de las ciudades*. UIM. España.

FERNÁNDEZ, R.

- 2.000. *La Ciudad Verde, Teoría de la Gestión Ambiental Urbana*. Espacio Editorial, Argentina

GABALDÓN, A.

2014. Memorias del Foro de Gestión Ambiental Urbana. Presentado en el Primer Foro GAU, 2014. Universidad Simón Bolívar, Caracas.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE)

2013. Censo 2011. Recuperado de: www.ine.gob.ve.

IPCC

2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Ginebra.

SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, R.

2013. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina. LC/W. 563, 2013. p. 71-117.

SANCHEZ-TORRES, B.

2013. Gobernabilidad del recurso hídrico en la Cuenca del río Caroní, un estudio en base a los conocimientos y prácticas institucionales y comunitarias. Tesis realizada en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), para optar por el título Doctor en Ciencias, mención Estudios Sociales de la Ciencia y financiada por el FONACIT. Tutora: Hebe Vessuri.

SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS

1978. Plan Nacional de Desarrollo Urbano -www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4708002&orden=1

SEMECO, A.

2002. La dimensión ambiental en la planificación Territorial Urbana. URBANA [online]. 2002, vol.7, n.31 [citado 2016-11-20], pp. 007-011. Disponible en: <http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-05232002000200001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0798-0523.

TRIVELLI, P.

1997. *Programa de Gestión Urbana*. Quito, Ecuador.

VEGA MORA, L.

2001. Gestión Ambiental Sistémica. Un nuevo enfoque funcional y organizacional para el fortalecimiento de la gestión ambiental pública, empresarial y ciudadana en el ámbito estatal. Disponible en internet: <http://www.docentes.unal.edu.co/lvegamora/docs/Gestion%20Ambiental%20Sistemica.pdf>.

YUNEN, R., R. RODRÍGUEZ Y J. R. SÁNCHEZ

1997. *Guía metodológica de capacitación en gestión ambiental urbana para universidades de América Latina y el Caribe* (PNUD-UNOPS, CEUR, PUCMM)

NOTAS

¹ Tomado y adaptado de Yunen, R. Rodríguez, R. y Sánchez J.R. (1997). Guía metodológica de capacitación en gestión ambiental urbana para universidades de América Latina y el Caribe (PNUD-UNOPS, CEUR, PUCMM).

Rosa María Chacón

Es profesora titular del Departamento de Planificación Urbana de la Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela. Arquitecta (1975) y magíster en Ingeniería de Transporte (1979) por la Universidad de Los Andes. En 2000 obtuvo el doctorado en Planificación Territorial y Urbana de la Universidad La Sapienza (Roma). Coordinadora del grupo de investigación Vida Urbana y Ambiente, adscrito al Decanato de Investigación de la USB (2000-2018). Responsable de la creación y coordinación del Doctorado en Desarrollo Sostenible de esta casa de estudios, 2006-2009. Compiladora y autora de 6 libros y 45 artículos en revistas especializadas.

Lorraine Mayrim Giraud Herrera

Urbanista, egresada de la Universidad Simón Bolívar (USB). Magister en Gerencia Ambiental (IUPFAN). Doctora en Desarrollo Sostenible (USB). Profesora del Departamento de Planificación Urbana (USB). Coordinadora del Grupo de Investigación Vida Urbana y Ambiente (USB). Miembro de la Comisión Técnica de Ambiente de la Academia de Ingeniería y Hábitat. Experiencia en programas multilaterales de viviendas de interés social (PROVIS-INAVI-BID). Directora de Ecoequilibrio Innovaciones Sostenibles, emprendimiento apoyado por PTS.

Luisa Páez

Master en Desarrollo y Ambiente de la Universidad Simón Bolívar, Geógrafo de la Universidad Central de Venezuela. Profesora de la Universidad Simón Bolívar, Departamento de Planificación Urbana. Auditor Líder certificado por las Normas ISO 14:000. Destrezas en el uso de instrumentos de representación, análisis, diagnóstico y propuesta de gestión ambiental. Experiencia en gerencia ambiental como Directora de ambiente en la Alcaldía de Chacao. Formadora de recursos humanos en las áreas de: Evaluación de daños y cálculo de necesidades ante eventos adversos; Gerencia estratégica de las empresas y capacitación para supervisores en las empresas.

Juana Pujaico Rodríguez

Comunicador Social, mención Corporativa (2006), con una especialización en Gerencia de Mercadeo, una Maestría en Desarrollo y Ambiente (2009). Experiencia profesional en comunicaciones y educación para un Desarrollo Sostenible. Experiencia como Asistente docente y de Investigación, en el Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (IERU) y el Grupo de Investigación Vida Urbana y Ambiente (VUA). Actualmente Analista en gestión y difusión de Información en la Dirección General de Diversidad Biológica del Ministerio del Ambiente. 6 publicaciones como coautora en revistas y portales de difusión académica.

CAPÍTULO XVI

ÉTICA AMBIENTAL

1 Moral, ética, bioética, ambiente y ética ambiental

En esta primera parte del capítulo se definirán los términos moral, ética, bioética, ambiente y ética ambiental, para entender cómo se relacionan entre sí.

La moral, llamada por Kant “ética empírica”, proviene del vocablo *moris* del latín que significa costumbre. Según Marcos (2001) la moral es:

“el conjunto de los hábitos, costumbres, disposiciones, actitudes, valores, ideales de vida, patrones de conducta, modelos ejemplares, criterios, emociones, intuiciones, consejos, recomendaciones, máximas, tradiciones, normas (códigos, leyes, principios, preceptos, mandatos, prohibiciones)... con los que cuento para decidir mi acción” (p. 14).

Es por ello que la moral es personal, depende de las decisiones tomadas entre las opciones disponibles, para tomar acciones con libertad de las cuales somos responsables, pero que podemos cuestionar cuando los resultados no nos llevan al bien, pues somos reflexivos.

La Ética es una palabra que procede del griego (*ethos*), propia del pensamiento filosófico griego, cuyo significado en principio era morada y más tarde carácter o costumbre, pero con un sentido más noble o elevado. También, se define como:

“La filosofía moral, o ética, es la propia moral pero precisada, desarrollada, potenciada en cuanto a su espíritu crítico y a sus dosis de ilustración. La ética nace de la sabiduría moral común, y a partir de ahí se desarrolla, sin perder su conexión con la moral, su suelo nutritivo. Al producirse la transición desde la moral a la ética se da también un cambio desde la perspectiva moral, que es la de la primera persona, hasta la perspectiva universal propia de una disciplina filosófica o científica. Es decir, si la moral es siempre mi moral, la ética debe aspirar a tener una validez universal.” (Marcos, 2001:16).

Por lo antes expresado, se demuestra que la Moral es el conjunto de normas que la sociedad transmite de generación en generación, pero la Ética es el conjunto de normas que cada persona ha asumido en su propia mentalidad.

La diferencia entre moral y ética también se evidencia en el texto *Trilogía Inédita I. Mi Visión del Hombre 2*, donde se expresa:

“Ahora bien, la ciencia de la moral no define que es el bien o el mal; esta tarea pertenece a la ética la cual afronta la vida moral no de modo descriptivo, sino normativo. Por lo tanto, la ética define las normas, expresa juicios sobre lo que es bueno o malo y proporciona los motivos de estos juicios, es decir, demuestra por qué es así.” (Wojtyla, 2010: 25).

Según el diccionario Larousse, la bioética, ética de la vida:

“es el conjunto de principios y normas que regulan la actuación humana con respecto a los seres vivos” (p. 41).

Tiene sus raíces etimológicas en los vocablos correspondientes a dos ciencias: la biología y la ética. Por lo tanto, la bioética se ocupa de identificar las actuaciones del hombre que afectan el curso del desarrollo de la vida, promoviendo una relación armoniosa entre todos los seres vivos, para asegurar el bienestar de todos los seres vivos.

Para uno de los grandes filósofos actuales y pensadores sobre la teoría del desarrollo humano como lo es Amartya Sen¹ (2000), expresa que la idea de la ética está sujeta a diferentes interpretaciones para cada persona, sobre todo las ideas sobre justicia social relacionadas con la ética. No obstante, estas ideas son inherentes a los seres sociales que no solamente son capaces de pensar en sus propios intereses particulares sino en reflexionar en sus diferentes ámbitos familiares, vecinales, ciudadanos y mundiales. Ya existe propiamente en la mente humana, ideas sobre justicia y equidad que requiere constatar y chequear ese espacio de disertación para poder utilizar de manera eficaz los intereses generales de los individuos y no construir artificialmente argumentos justificativos morales o exhortaciones éticas (Sen, 2000).

Existen muchas definiciones acerca del ambiente, se tomará en consideración, la expresada por el Banco Mundial (2010):

“Conjunto de las condiciones externas que afectan al comportamiento de un sistema, pues puede aplicarse a cualquier animal o planta, sea un individuo o un colectivo, y también al hombre, sea en singular, sea al conjunto de la sociedad. Para el hombre, con su capacidad de abstracción, su racionalidad y su espiritualidad, esta definición abarca el universo entero; ya que todo lo material, lo espiritual y lo conceptual le pertenece, lo mismo que su cultura, su tierra, y todo aquello que con su inteligencia y su formación es capaz de analizar y pensar.” (Banco Mundial, 2010: 13).

Es indiscutible, que la tutela del ambiente, es un desafío para toda la humanidad: se trata del deber, común y universal, de respetar un bien colectivo, pues hay que tener en cuenta la naturaleza de cada ser y su mutua conexión en un sistema ordenado, el cosmos, y en este punto, la moral, la ética y la bioética juegan un papel primordial.

La ética ambiental relaciona las actuaciones del hombre con el ecosistema que atentan contra el ambiente, contra su estabilidad y su calidad; estudia la relación del hombre y sus generaciones futuras, con su ecosistema y con la biosfera, estableciendo cual comportamiento es positivo para el desenvolvimiento del discurrir de la creación.

La ética ambiental es considerada también como una subdisciplina de la filosofía, con tres (3) características fundamentales: interdisciplinariedad, globalidad y pluralidad. La interdisciplinariedad de la ética ambiental es examinada mediante diversas disciplinas y metodologías y exige áreas de consenso en los campos de la ética, de la política, de lo social, de la economía, de lo institucional y de las ciencias. Bajo la perspectiva global, la ética ambiental requiere hacer frente a la crisis ecológica planetaria y reclama encontrar las vías para construir un sistema económico que incluya la valoración de los límites finitos de la Tierra, el bienestar y la calidad de vida. Es aumentar el grado de conciencia y de la ética humana con mayor profundidad y abordando de manera responsable las actuaciones a diferentes escalas: locales y globales. (Yang, 2010).

La Universidad de Jaén en su cátedra de ética y bioética (2004) señala que la ética ambiental se interesa en estudiar realmente los sistemas actuales de los desastres ecológicos ocurridos, sus decisiones, conductas, modelos y políticas para poder plantear soluciones sostenibles ecológicamente.

Es bueno resaltar, que en la Encíclica Laudato Si (2015), expresa que:

“Bartolomé llamó la atención sobre las raíces éticas y espirituales de los problemas ambientales, que nos invitan e encontrar soluciones no sólo en la técnica sino en un cambio del ser humano, porque de otro modo afrontaríamos sólo los síntomas.” (Papa Francisco, 2015: 9).

Leff (1998) define la ética ambiental como un conjunto de valores que se encuentran vinculados a un proceso racional alternativo al tradicional que presenta nuevas potencialidades de desarrollo conviviendo con una gran diversidad cultural y diferentes estilos de vida.

La ética ambiental es la ética aplicada que orienta a los seres humanos, sociedades, gobiernos y civilizaciones a evaluar las acciones y estilos de vida que generan problemas ambientales y ecológicos (UNESCO, 2010).

Se evidencia con todo lo anteriormente expuesto, que la ética ambiental trata desde un punto de vista racional, los problemas de actuaciones y comportamientos relacionados con el ambiente para tomar decisiones ambientales buenas y correctas.

2 Antecedentes y posiciones éticas sobre el ambiente

Los antecedentes históricos han sido muy diversos y hasta contradictorios acerca de las posiciones éticas sobre el ambiente. En la Tabla XVI.1, sintetiza las diferentes posiciones éticas frente al ambiente que han caracterizado el desarrollo de la civilización, principalmente la occidental.

Tabla XVI.1. Posiciones sobre éticas ambientales.

Posición ética	Breve descripción
Ética ambiental aristotélica	Considera que los seres vivos son portadores de un valor fundamental: la vida, y por ello debemos tener una buena razón que justifique que ese valor sea eliminado.
Antropocentrismo	Creencia de que el hombre es el centro de todo el universo y por tanto, puede utilizar los recursos de la naturaleza a su antojo. Para Riechmann (2000) el antropocentrismo extremo, es una ética “antiecológica”.
Biocentrismo	Todos los seres vivos son importantes, tienen un bien propio, y pueden ser dañados o beneficiados por las acciones de otros.
Ecocentrismo	El valor lo tienen los ecosistemas y ningún individuo es un fin en sí mismo.
Ética de la tierra	Fue propuesta por Aldo Leopold (1948) y en ella se incluyen a los miembros no humanos de la comunidad bioética, suelos, agua y plantas, siendo el hombre miembro y ciudadano de la tierra.
Ecología profunda (<i>Deep ecology</i>)	Considera que el hombre no tiene derecho a destruir a la naturaleza para satisfacer sus necesidades.
Ecofeminismo	Movimiento social que tuvo mucha incidencia en la transformación social de occidente en la segunda mitad del siglo XX y cuyo objetivo era tratar de interpretar la crisis ambiental desde una perspectiva femenina.
Humanismo	El reconocimiento de la centralidad del ser humano, no implicaría la reducción de todo lo demás a puro instrumento, estableciéndose así un antropocentrismo débil.

Tabla 1. Posiciones sobre éticas ambientales. (cont)

Posición ética	Breve descripción
Ética de la responsabilidad	El hombre tiene un lugar privilegiado en el cosmos, pues es la única criatura capaz de practicar la responsabilidad.
Ética ecológica	Es una propuesta que considera la posibilidad de normas que regulen las relaciones entre humanos y no humanos y que contemple la idea de una responsabilidad moral del hombre para con la naturaleza.
Ética ambiental cristiana	El papa Benedicto XVI en su mensaje para celebrar la XLIII Jornada Mundial de la paz (2010) expresó que “ <i>para llevar a la humanidad hacia una gestión del medio ambiente y los recursos del planeta que sea sostenible en su conjunto, el hombre está llamado a emplear su inteligencia en el campo de la investigación científica y tecnológica y en la aplicación de los descubrimientos que se derivan de ella.</i> ”
Bioética o Ética para la vida	Es la rama de la ética que promueve principios para la correcta conducta humana respecto a la vida no humana (animal y vegetal), así como al ambiente.
Ética de la sostenibilidad	Propuesta por el Simposio Regional sobre Principios Éticos y Desarrollo Sustentable (2001) y plantea “ <i>la necesaria reconciliación entre la razón y la moral, de manera que los seres humanos alcancen un nuevo estadio de conciencia, autonomía y control sobre sus mundos de vida, haciéndose responsables de sus actos hacia sí mismos, hacia los demás y hacia la naturaleza en la deliberación de lo justo y lo bueno...</i> ”

Fuente: A partir de Riechmann (2000) y la Jornada Mundial de la Paz (2010) elaborada por la Comisión de Ambiente de la Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela.

Cada una de estas posiciones éticas ambientales destaca las diversas posturas y visiones acerca del ambiente y los fundamentos para poder tomar decisiones adecuadas y acertadas en base a las posiciones que el ser humano se compromete a seguir. Lamentablemente la posición antropocéntrica es la que ha sido comúnmente más generalizada y ha tenido los mayores defensores. Es por ello, que Troconis (2005) destaca, de manera contundente, la responsabilidad que ha tenido la propia posición ética antropocéntrica que ha asumido la humanidad con respeto al ambiente, donde esta ética ha guiado la toma de decisiones y ha producido graves desequilibrios ecológicos, producto de aplicar la lógica exclusiva de las leyes de mercado, dándole gran importancia a lo material a expensas de lo natural y por ende, ha sido la responsable de la destrucción del ambiente.

Esta propia visión antropocéntrica y sus consecuencias negativas sobre el ambiente han sido reconocida por diversos investigadores, como por ejemplo, Jiménez Herrero (2001), el cual plantea la necesidad de modificar esta visión, aumentando los niveles de conciencia ecológica indudablemente con nuevos planteamientos que preponderen visiones más ecocéntricas o biocéntricas. Propiamente Jiménez Herrero (2001) reitera que:

“La ética de la tierra de Leopold fue desarrollada en oposición al enfoque de que la naturaleza debería ser manipulada o exterminada para satisfacer los restringidos intereses económicos del hombre. Esta ética puede ganar terreno si la humanidad llega a aceptar una mayor responsabilidad hacia la naturaleza. Tal posición viene a coincidir con la propuesta de James Lovelock, en el sentido de reconocer la excesiva arrogancia humana para ser “guardianes” de la naturaleza, cuando más bien solamente podemos aspirar a ser unos buenos “representantes sindicales” de los demás seres vivos.” (Jiménez Herrero, 2001:108).

Inclusive el líder actual de la religión católica, el Papa Francisco en su *Encíclica Laudato Sí* (2015) manifiesta que:

119. (...) “Si la crisis ecológica es una eclosión o una manifestación externa de la crisis ética, cultural y espiritual de la modernidad, no podemos pretender sanar nuestra relación con la naturaleza y el ambiente sin sanar todas las relaciones básicas del ser humano.”
(...) (p.111).

Cada uno de estos autores destaca que la visión antropocéntrica ha traído mayores consecuencias negativas al ambiente que positivas. Por ello, se requiere que exista un mayor nivel de conciencia ecológica, justicia y responsabilidad ambiental, frente a las acciones y nuevos estilos de desarrollo que ha avanzado la humanidad, lamentablemente a expensas del capital natural.

3 Principios fundamentales bioéticos y ambientales

Leff (1998) expone de manera muy integral cómo actuar frente al ambiente desde los principios éticos ambientales:

“Plantea la necesidad de ver como los principios éticos de una racionalidad ambiental se oponen y amalgaman con otros sistema de valores; cómo se traducen los valores ambientales en nuevos comportamientos y sentidos de los agentes económicos y de los actores

sociales. Se trata de ver los principios éticos del ambientalismo como sistemas que rigen la moral individual y los derechos colectivos, su instrumentación en prácticas de producción, distribución y consumo, y en nuevas formas de apropiación y transformación de los recursos naturales.” (Leff, 1998: 109)

Para determinar los principios fundamentales bioéticos y ambientales se procedió a identificar los principales códigos, cartas y declaratorias (diferentes instrumentos nacionales e internacionales²) que rigen esta materia. Por tanto, a continuación se expresan los siguientes principios bioéticos³ y ambientales⁴. A saber:

- > **Principio de Responsabilidad:** responde asumir el cumplimiento de los compromisos adquiridos por nuestras propias acciones, ser autónomos y consecuentes con las ideas, pensamientos y decisiones del quehacer humano.
- > **Principio de No Maleficencia:** corresponde al proceso de reflexión de las actuaciones, decisiones y comportamientos esperables del ser humano evitando cualquier presunción de daño de cualquier forma de vida que se contraproducente al ambiente y a la comunidad de la vida.
- > **Principio de Justicia:** establece la corresponsabilidad, imparcialidad y equidad en las decisiones y comportamientos de los seres humanos evitando las discriminaciones en las acciones y actuaciones.
- > **Principio de Beneficencia:** consiste en la solidaridad y benevolencia hacia las personas y a las comunidades de vida del planeta. Corresponde a una idea moral a fin de mejorar las propias condiciones de vida y bienestar. Se entiende como «Hacer el bien»; es la obligación moral de actuar en beneficio de los demás y del ambiente que nos rodea.
- > **Principio de Autonomía:** se fundamenta en la racionalidad y conciencia del equilibrio y coherencia en la potestad, integridad y en la virtud de la toma de decisiones de la vida a nivel personal y colectivo.
- > **Principio de Precaución:** se basa en comprender los riesgos potenciales e incertidumbres asociados a las formas de la vida. Se asienta en la cautela, prudencia, medida y reflexión de los pensamientos, decisiones y acciones. Al no tener información científica sobre un daño grave o irreversible al ambiente, no se debe postergar la adopción de medidas eficaces para impedir daños al ambiente.

- > **Principio de Congruencia:** La legislación ambiental de los estados, debe estar adecuada a los principios y normas de la Ley Orgánica del Ambiente vigente.
- > **Principio de Sostenibilidad:** Desde la perspectiva de la prosperidad humana y según el Informe Brundtland de 1987, la sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades, para ello, el desarrollo económico y social y el aprovechamiento de los recursos naturales debe realizarse con una gestión adecuada.
- > **Principio de Libertad y Autonomía:** El hombre siendo libre, autónomo y teniendo responsabilidad moral, debe tender a obrar el bien, para con él y la naturaleza.
- > **Principio de No Maleficencia:** Se refiere a no producir daño al ambiente y prevenirlo.
- > **Principio de Justicia y Equidad Intergeneracional:** Los responsables de la protección ambiental deben vigilar el uso del ambiente, para garantizar que las generaciones presentes y futuras gocen del ambiente.
- > **Principio de Progresividad:** consta de que los objetivos ambientales deben ser logrados de forma gradual, con metas a corto, mediano y largo plazo, para facilitar el cumplimiento de las actividades y disminuir el impacto ambiental que puedan conllevar.
- > **Principio de responsabilidad diferenciada y concertación:** El que genera efectos degradantes al ambiente debe ser responsable de los costos de las acciones de prevención y corrección para mitigar los impactos causados actuales o futuros.
- > **Principio de Prevención:** se atenderán en forma prioritaria e integrada las causas de los problemas ambientales para prevenir los efectos negativos sobre el ambiente.
- > **Principio de Subsidiariedad:** consiste en atender aquellos asuntos relacionados con las instancias más cercanas a los actores interesados. Las acciones locales con respecto al ambiente deberían vincularse aquellos actores que tienen, en primer lugar, una relación directa con esos asuntos ambientales y luego a medida que no puedan resolverse acceder a otras instancias más regionales o nacionales.

- > **Principio de Corresponsabilidad, Solidaridad y Cooperación:** El gobierno nacional por intermedio de las diversas instancias de la administración pública nacional y regional que tengan que ver con el ambiente, son corresponsables de los efectos ambientales y de las medidas de mitigación de riesgos ambientales sobre los sistemas ecológicos compartidos con países fronterizos con medidas desarrolladas lladas en forma conjunta, y deben utilizar los recursos naturales y los sistemas ecológicos compartidos de forma equitativa y racional.
- > **Principio de “quien contamina, paga”:** En base a la Ley Penal del Ambiente (2012) se tipifican los hechos que atentan contra los recursos naturales y el ambiente y se imponen sanciones penales para que “quien contamine, pague”. Además, se determinan las medidas precautelares de restitución y de reparación a que haya lugar.

Con la aplicación de estos principios bioéticos y ambientales regirían una actuación adecuada de la ética ambiental en las diversas conductas, actitudes, decisiones y políticas para cada uno de los ámbitos nacionales, regionales, locales, comunitarios e individuales.

4 Instrumentos internacionales y nacionales de la ética ambiental⁵

Los instrumentos internacionales acerca de la ética ambiental constituyen el compromiso y la acción internacional que guie el “deber ser”. La ética ambiental está ligada inexorablemente a la justicia internacional y a crear una nueva conciencia colectiva ambiental universal (González-Ulloa Aguirre, 2003) que debe asumirse con la ratificación y la adopción interna hacia los países de las cartas de la ética para la sostenibilidad (Carta de la Tierra), manifestaciones y declaratorias sobre el tratamiento de los problemas ambientales globales, regionales y locales (destrucción de la capa de ozono, emisión de los gases de efecto invernadero (GEI), cambio climático, pérdida de la diversidad biológica, contaminación de los océanos, lagos y ríos, contaminación atmosférica, contaminación de suelos y paisajes, lluvia ácida, desertificación, residuos y desechos peligrosos y no peligrosos, contaminación electromagnética, entre otros). Para ello, a continuación se destacan dos (2) instrumentos de gran relevancia mundial y regional: La **Carta de la Tierra (1999)** y la **Ética para la Sustentabilidad, Manifiesto por la Vida (2001)**. Para el caso de los instrumentos nacionales se expondrán los derechos ambientales contenidos en la **Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)** y el **Código de Ética para la Vida o Bioética de Venezuela (2010)**.

4.1 Carta de la Tierra (1999)

La Carta de la Tierra es un documento ético para comprender y regular las interacciones entre los seres humanos, las comunidades de la vida y la naturaleza, en el marco del desarrollo sostenible.

“Es una declaración de principios éticos para la construcción de una sociedad global más justa, sostenible y pacífica en el siglo 21(...). Es como un mapa ético que nos muestra dónde estamos, a dónde queremos llegar y cómo llegar ahí.” (Secretaría de la Carta de la Tierra, www.cartadela tierra.org).

Esta declaratoria ética se sustenta en cuatro (4) pilares fundamentales (respeto y cuidado de la comunidad de la vida, integridad ecológica, justicia social y económica, democracia, no violencia y paz), dieciséis (16) principios y sesenta y un (61) sub-principios⁶. En el anexo 1, se presentan los cuatro (4) pilares fundamentales (respeto y cuidado de la comunidad de la vida, integridad ecológica, justicia social y económica, democracia, no violencia y paz) asociados a los 16 principios de la Carta de la Tierra. (Ver Tabla XVI.2).

Es necesario acotar, que el respeto y cuidado de la comunidad de vida, así como la integración del pilar relacionado con la democracia, no violencia y paz, son considerados grandes aportes, ya que asegurar los frutos y belleza de la Tierra se preserven para las generaciones presentes y futuras, se encuentra establecida también en la Declaratoria Universal sobre Bioética y Derechos Humanos (2005).

4.2 Ética para la Sustentabilidad, Manifiesto por la Vida (2002)

La ética ambiental realmente puede contribuir con el desarrollo sostenible mundial. La ética para el desarrollo sostenible responde a la crisis de la civilización que actualmente se está viviendo, desconociendo los límites y las capacidades naturales, así como los desequilibrios entre los seres humanos, con guerras, escasez de alimentos, narcotráfico, terrorismo, etc. Para ello, se realizó un documento que fue aprobado de común acuerdo, en el Simposio sobre Ética Ambiental y Desarrollo Sustentable en el marco de la XIII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y El Caribe⁷. Estas éticas planteadas en el documento se fundamentan en documentos anteriores a nivel internacional. ⁸(Ética para la Sustentabilidad, 2002).

“Los principios del desarrollo sostenible parten de la percepción del mundo como una sola Tierra con un futuro común para la humanidad”

Tabla XVI.2. Principios de la Carta de la Tierra (2000)

I. Respeto y cuidado de la comunidad de la vida	II. Integridad ecológica
1.1. Respetar la Tierra y la vida en toda su diversidad 1.2. Cuidar la comunidad de la vida con entendimiento, compasión y amor. 1.3. Construir sociedades democráticas que sean justas, participativas, sostenibles y pacíficas. 1.4. Asegurar que los frutos y la belleza de la Tierra se preserven para las generaciones presentes y futuras.	2.1. Proteger y restaurar la integridad de los sistemas ecológicos de la Tierra, con especial preocupación por la diversidad biológica y los procesos naturales que sustentan la vida. 2.2. Evitar dañar como el mejor método de protección ambiental y cuando el conocimiento sea limitado, proceder con precaución. 2.3. Adoptar patrones de producción, consumo y reproducción que salvaguarden las capacidades regenerativas de la Tierra, los impulsar el estudio de la sostenibilidad ecológica y promover el intercambio abierto y la extensa aplicación del conocimiento adquirido. 2.4. Impulsar el estudio de la sostenibilidad ecológica y promover el intercambio abierto y la extensa aplicación del conocimiento adquirido.
III. Justicia social y económica	
3.1 Erradicar la pobreza como un imperativo ético, social y ambiental. 3.2. Asegurar que las actividades e instituciones económicas, en todo nivel, promuevan el desarrollo humano de forma equitativa y sostenible. 3.3. Afirmar la igualdad y la equidad de género, como prerrequisitos para el desarrollo sostenible y asegurar el acceso universal a la educación, el cuidado de la salud y la oportunidad económica. 3.4. Defender el derecho de todos, sin discriminación, a un entorno natural y social que apoye la dignidad humana, la salud física y el bienestar espiritual, con especial atención a los derechos de los pueblos indígenas y las minorías.	
IV. Democracia, no violencia y paz	
	4.1. Fortalecer las instituciones democráticas en todos los niveles y brindar transparencia y rendimiento de cuentas en la gobernabilidad, participación inclusiva en la toma de decisiones y acceso a la justicia. 4.2. Integrar en la educación formal y en el aprendizaje a lo largo de la vida, las habilidades, el conocimiento y los valores necesarios para un modo de vida sostenible. 4.3. Tratar a todos los seres vivientes con respeto y consideración. 4.4. Promover una cultura de tolerancia, no violencia y paz.

Fuente: Chacón R. (2011) con base a los textos de la Carta de la Tierra, Secretaría de la Carta de la Tierra (2005).

dad; orientan una nueva geopolítica fundada en pensar globalmente y actuar localmente; establecen el principio precautorio para conservar la vida ante la falta de certezas del conocimiento científico y el exceso de imperativos tecnológicos y económicos; promueven la responsabilidad colectiva, la equidad social, la justicia ambiental y la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.” (Ética para la Sustentabilidad, Manifiesto por la Vida, 2002:2).

En este documento de Ética para la Sustentabilidad, Manifiesto por la Vida (2002), expresan los siguientes valores, principios y propuestas: Ética de una producción para la vida; Ética del conocimiento y diálogo de saberes; Ética de la ciudadanía global, el espacio público y los movimientos sociales; Ética de la gobernabilidad global y la democracia participativa; Ética de los derechos, la justicia y la democracia; Ética de los bienes comunes y del bien común; Ética de la diversidad cultural y de una política de la diferencia; Ética de la paz y el diálogo para la resolución de conflictos y Ética del ser y el tiempo de la sustentabilidad (Ver Tabla XVI.3).

Tabla XVI.3. Principios de la Ética para la Sustentabilidad, Manifiesto por la vida (2002)

1. Ética de una producción para la vida

Requiere la justicia social y equidad en el acceso y en la distribución de bienes y servicios ambientales en la sociedad actual. Para ello, se deben reconocer los límites de la intervención humana en la naturaleza y en la construcción de sociedades sustentables con nuevas formas y estrategias productivas económicamente eficientes y ambientalmente amigables.

2. Ética del conocimiento y diálogo de saberes

La solución de los problemas ambientales no parte únicamente del conocimiento científico como tal sino de los saberes populares e indígenas. La verdad y sus juicios implica la construcción de diferentes visiones interdisciplinarias y transdisciplinarias, intereses y valores de los actores sociales.

La ética del conocimiento invita a un nuevo conocimiento que se dirija a una nueva visión de la economía, sociedad y del ser humano. Este saber ambiental implica abordar los problemas complejos a partir de nuevos horizontes de las ciencias transdisciplinarias y sistémica con un diálogo de saberes.

3. Ética de la ciudadanía global, el espacio público y los movimientos sociales

Exige que las democracias modernas equilibren los procesos de globalización económica así como la desprivatización de los espacios públicos en los países. La democracia directa se fundamenta en los principios de tolerancia, respeto y participación colectiva reconociendo las comunidades autogestionarias, respetando la soberanía y dignidad de las personas.

Tabla XVI.3. Principios de la Ética para la Sustentabilidad, Manifiesto por la vida (2002)

4. Ética de la gobernabilidad global y la democracia participativa Esta ética se basa en el respeto mutuo, en la diversidad cultural y en el pluralismo político. Cuestionando las formas actuales de dominación establecidas por diferencias de origen racial, clase social o género, etc. Además, deben regirse nuevos marcos jurídicos-institucionales, acuerdos básicos de nuevas relaciones sociales, modos de producción y patrones de consumo, conduciendo hacia una nueva racionalidad y una menor inequidad y desigualdad social.
5. Ética de los derechos, la justicia y la democracia Se basa en la Declaración Universal de los Derechos Humanos, estableciendo los principios necesarios para prevenir cualquier forma de dominación sobre un bien social, basado en la solidaridad y que se respete las normas básicas de convivencia. Reconociendo las esferas de la justicia y el derecho de las minorías mediante la promoción del pluralismo, reinventando la ética y estética de la mente.
6. Ética de los bienes comunes y del bien común Se requiere repensar los conflictos asociados a los bienes comunes, ya que existe una confrontación entre los principios de libertad del mercado, empresas multinacionales, la soberanía de los países y de los pueblos. Planteando una ética del bien común (derechos colectivos de los pueblos) frente al derecho privado.
7. Ética de la diversidad cultural y de una política de la diferencia Se basa en un principio de integridad de los valores e identidades culturales. Reconoce el respeto a los estilos de vida y a sus espacios territoriales, así como a la cosmovisión de las poblaciones indígenas, sus conocimientos y prácticas ancestrales contribuyendo a la diversidad cultural.
8. Ética de la paz y el diálogo para la resolución de conflictos Como se reconoce en la Carta de la Tierra, el desarrollo de los principios asociados a la cultura de la paz y la no-violencia, solucionando los conflictos a través del dialogo y la negociación y no a través de la guerra o violencia física.
9. Ética del ser y el tiempo de la sustentabilidad Acepta los diferentes tiempos en cuanto a los ciclos ecológicos, la vida de los seres humanos y los ritmos de la historia natural y social. Entendiendo los tiempos asociados a los procesos naturales, sociales, culturales, políticos, económicos e institucionales. Es necesario la construcción de una ética transgeneracional y un diálogo de saberes garantizando la perpetuidad de la vida.

Fuente: XIII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe (2002).

Es curioso pensar que cada una de las éticas se encuentran establecidas de manera explícita en diversos documentos de carácter internacional. Por ejemplo, la ética de los bienes comunes y del bien común, la propia *Encíclica Laudato Sí* (2015), manifiesta expresamente que:

156. “*La ecología humana es inseparable de la noción del bien común, un principio que cumple un rol central y unificador en la ética social. Es el conjunto de condiciones de la vida social que hacen posible a las asociaciones y a cada uno de sus miembros el logro más pleno y más fácil de la propia perfección.”*” (p.143) (...)

189. “(...). Hoy, pensando en el bien común, necesitamos imperiosamente que la política y la economía, en diálogo, se coloquen decididamente al servicio de la vida, especialmente de la vida humana (...).” (p.169)

196. “(...) Recordemos el principio de subsidiariedad, que otorga libertad para el desarrollo de las capacidades presentes en todos los niveles, pero al mismo tiempo exige más responsabilidad por el bien común al que tiene más poder (...).”(p.175).

Cada una de las éticas planteadas constituyen de una forma más integral y transversal, la ética de la sustentabilidad. Si se abordasen de manera correcta cada una de estas éticas con sus principios y valores, no se tendría la menor duda que la relación y el equilibrio entre los seres humanos y el planeta sería recuperado y restaurado, garantizando la supervivencia, el bienestar y la calidad de la vida de las generaciones futuras.

Finalmente, cada una de las declaratorias internacionales sobre la ética ambiental, requiere de un gran esfuerzo de gobiernos, países, regiones y ciudadanos del mundo de elaborar cartas, declaratorias y códigos que enfaticen las acciones correctas de actuar frente al ambiente, así como desarrollar programas de sensibilización a la ciudadanía, programas de investigaciones de cooperación internacional sobre la ética ambiental e incorporar de manera transversal en los diferentes niveles educativos, programas de enseñanza sobre la ética ambiental.

A continuación se describen los instrumentos nacionales asociados a la ética ambiental, los derechos ambientales que se encuentran establecidos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) y el Código de Ética para la Vida (2010).

4.3 Derechos Ambientales establecidos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV)

En la CRBV, el Capítulo IX, Artículos 127, 128 y 129 establecen los Derechos Ambientales:

Artículo 127. Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda

persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia.

Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley.

Artículo 128. El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento.

Artículo 129. Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y sociocultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas.

En los contratos que la República celebre con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que afecten los recursos naturales, se considerará incluida aun cuando no estuviere expresa, la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenientes y de restablecer el ambiente a su estado natural si éste resultare alterado, en los términos que fije la ley.

Según Buroz (2013), se evidencia los 31 Derechos Ambientales para estos tres (3) artículos consagrados en la CRBV. Estos son los siguientes: (Ver Tabla XVI.4).

Estos derechos ambientales establecidos en la CRBV, son aspectos fundamentales a ser considerados en las obligaciones y responsabilidades desde la dimensión de la ética ambiental aplicada.

Tabla XVI.4. Derechos Ambientales establecidos en la CRBV. **Fuente:** Buroz (2003)

Art.	Derechos Ambientales
127	1. Derecho a proteger y mantener el ambiente. 2. Derecho a legar un ambiente igual o mejor al recibido. 3. Derecho a disfrutar de una vida y un ambiente seguro. 4. Derecho a disfrutar de una vida y un ambiente sano. 5. Derecho a disfrutar de una vida y un ambiente ecológicamente equilibrado. 6. Derecho a la protección que el Estado le brinde al ambiente. 7. Derecho a la protección que el Estado le brinde a la diversidad ecológica. 8. Derecho a la protección que el Estado le brinde a los recursos genéticos. 9. Derecho a la protección que el Estado le brinde a los procesos ecológicos. 10. Derecho a la protección que el Estado le brinde a los parques nacionales. 11. Derecho a la protección que el Estado le brinde a los monumentos nacionales. 12. Derecho a la protección que el Estado le brinde a las áreas de especial importancia ecológica. 13. Derecho a la preservación del conocimiento del genoma humano como bien universal. 14. Derecho a disponer de una norma de principios bioéticos. 15. Derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación. 16. Derecho a la protección del aire. 17. Derecho a la protección del agua. 18. Derecho a la protección de los suelos. 19. Derecho a la protección de las costas 20. Derecho a la protección del clima. 21. Derecho a la protección de la capa de ozono. 22. Derecho a la protección de las especies vivas
128.	1. Derecho a una política de ordenación del territorio. 2. Derecho a una ley de ordenación del territorio que establezca principios y criterios para este ordenamiento.
129.	1. Derecho a una evaluación previa del impacto ambiental y sociocultural de todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas. 2. Derecho a que el Estado impida la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos. 3. Derecho a que el Estado impida la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. 4. Derecho a una legislación que regule el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas. 5. Derecho a exigir la conservación del equilibrio ecológico en todos los contratos (...). 6. Derecho a exigir a permitir el acceso a la tecnología y transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas en todos los contratos que celebre la República. 7. Derecho a exigir el restablecimiento del ambiente a su estado natural, si este resultaré alterado, en todos los contratos (...).

4.4 Código de Ética para la Vida o Bioética de Venezuela

Este Código publicado por el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnologías e Industrias Intermedias (MPPCTII) en el año 2010, describe los valores y principios básicos para poder actuar con una conciencia bioética y con un gran sentido de responsabilidad en Venezuela, vinculado principalmente a la investigación científica venezolana. No obstante, se fundamenta en el Proyecto Nacional Simón Bolívar y en la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI)¹⁰.

Este Código se seleccionó debido a que es necesario cumplir estos principios de la ética para la vida en el contexto nacional. Si bien es destinado para el desarrollo de la investigación podría ser asumido directamente por toda la sociedad venezolana. En la Tabla XVI.5 se describen en detalle, los seis (6) principios del código: responsabilidad, no maleficencia, justicia, beneficencia, autonomía y precaución.

Tabla XVI.5. Principios del Código de Ética para la Vida (2011)

<p>1. Principio de Responsabilidad</p> <p>La responsabilidad se encuentra fundamentada en el compromiso, en un sentido social amplio, con los demás y con generaciones futuras, en donde debe mantenerse una actitud de atención hacia los compromisos adquiridos y responder por las posibles consecuencias de estas.</p> <p>A partir de lo anterior, se considera al investigador como responsable de sus actos y de aquello que derive de sus actuaciones, por lo cual debe justificar lo que va a hacer, explicar y razonar sus planteamientos y suministrar información sobre sus avances y hallazgos. Esto servirá para el mejoramiento de los procedimientos de evaluación de los proyectos de investigación y el seguimiento de los mismos, por medio del establecimiento de pautas.</p>
<p>2. Principio de No Maleficencia</p> <p>Este principio establece que es inaceptable la realización de proyectos de investigación cuando se presuma la posibilidad de daño para cualquier forma de vida, impactos desfavorables en el ambiente y cualquiera de sus componentes, o sobre la diversidad cultural. Es un principio ético básico estrechamente ligado al Principio de Precaución, ya que en la investigación científica el no hacer daño abre el debate sobre los riesgos de la investigación científica.</p>

Tabla XVI.5. Principios del Código de Ética para la Vida (2011). Continuación

3. Principio de Justicia
<p>Toda decisión que afecte a los sujetos de investigación debe tener la prevención de evitar discriminaciones de cualquier índole; por lo tanto, debe practicarse la imparcialidad en todo momento.</p> <p>El bien de la persona, sujeto de estudio, se entiende dentro de un contexto y sentido colectivo, facilitando la justa ponderación entre el bien personal del individuo y el interés o beneficio de la colectividad.</p>
4. Principio de Beneficencia
<p>La experimentación con humanos, animales y otros organismos vivos, sólo podrá realizarse legítimamente para mejorar la calidad de vida de los sujetos de estudio y de la sociedad presente y futura, en proporción con el riesgo calculado.</p> <p>El propósito de la investigación en las ciencias de la salud-entendida la salud humana desde una perspectiva integral, será la búsqueda de una mejor comprensión de la etiología y los procesos sucesivos que caracterizan los estados enfermizos, a fin de mejorar las acciones para la promoción de la salud, prevención de la enfermedad y los procedimientos diagnósticos y terapéuticos.</p> <p>El propósito de la investigación en ecosistemas o sobre materiales extraídos del ambiente será obtener mejoras para la calidad de vida de sus componentes, siempre y cuando se apliquen medidas precautelares, o se realicen los estudios de impacto ambiental y de bioseguridad correspondientes.</p>
5. Principio de Autonomía
<p>Consiste en la potestad que tiene toda persona para tomar decisiones en torno a su vida personal, tratándose de un ser racional y consciente, con capacidad de discernimiento para orientar sus acciones y objetar aquellas instrucciones y mandatos contrarios a su conciencia.</p> <p>La dignidad de la persona es un valor inalienable, expresado en el respeto por su integridad física y psicológica, el reconocimiento de sus derechos y el respeto por los objetos y logros que le pertenecen, por ello su relevancia trasciende los fines de cualquier investigación.</p>

Tabla XVI.5. Principios del Código de Ética para la Vida (2011). Continuación

5. Principio de Autonomía (cont.)
La investigación con humanos sólo podrá realizarse con el consentimiento previo y libre de la persona, el cual debe estar fundamentado en una información suficiente, veraz y comprendida por el sujeto. En el caso de personas que no estén aptas para comprender y consentir, es necesario solicitar dicho consentimiento a sus representantes legales.
6. Principio de Precaución
Plantea que la incertidumbre sobre los riesgos potenciales que una investigación pueda acarrear al ambiente, la salud o cualquier otro aspecto de la vida y sus diversas formas, es un argumento suficientemente válido para adoptar medidas preventivas en circunstancias de incertidumbre científica.
El principio de Precaución indica que en caso de incertidumbre acerca del nivel del riesgo, se tratará de subsanar esa incertidumbre solicitando información adicional sobre los asuntos específicos motivo de preocupación o poniendo en práctica estrategias de gestión de riesgo apropiadas, y/o vigilando el medio ambiente receptor de un determinado organismo, sus derivados o productos que lo contengan.
A partir de la premisa de que en la investigación científica no existe riesgo cero, las evaluaciones se realizarán respetando una prudente proporción entre el riesgo implícito probable y el beneficio para los receptores de la intervención.

Estos principios de responsabilidad, justicia y no hacer el mal, indican la necesidad de actuar bajo unos fundamentos que permitan desarrollar mejores ciudadanos, regiones, ciudades y países más justos, equitativos, responsables y la presunción de no hacer el daño, para cada uno de los habitantes y de las comunidades. Estos principios expuestos reflejan el respeto, la autonomía, hacer el bien, la dignidad y actuar con precaución cuando se desconoce los posibles daños o riesgos potenciales de cualquier tipo de actuación.

5. Ética, educación en valores ambientales y actitud ética frente a los problemas ambientales

La tutela del ambiente constituye un desafío para toda la humanidad: se trata del deber, común y universal, de respetar un bien colectivo. Corres-

ponde tener en cuenta la naturaleza de cada ser y su mutua conexión en un sistema ordenado, que es el cosmos.

Encíclica Laudato Sí (2015) destaca la importancia de la educación ambiental con la aplicación de una ética ecológica:

210. “*La educación ambiental ha ido ampliando sus objetivos. Si el comienzo estaba muy centrada en la información científica y en la concientización y prevención de riesgos ambientales, ahora tiende a incluir una crítica de los “mitos” de la modernidad basados en la razón instrumental (individualismo, progreso indefinido, competencia, consumismo, mercado sin reglas) y también a recuperar los distintos niveles de los equilibrios ecológicos: el interno con uno mismo, el solidario con los demás, el natural con todos los seres vivos, el espiritual con Dios. La educación ambiental debería disponernos a dar ese salto hacia el Misterio, desde donde una ética ecológica adquiere su sentido más hondo. Por otra parte, hay educadores capaces de replantear los itinerarios pedagógicos de una ética ecológica, de manera que ayuden efectivamente a crecer en la solidaridad, la responsabilidad y el cuidado basado en la compasión.”*(p.86-87).

Educar en valores ambientales a las nuevas generaciones garantizará, la toma de conciencia de las mismas, para la protección del ambiente para todas las generaciones que se desarrolle en el planeta.

Buscar el equilibrio y la recuperación de los sistemas ecológicos del planeta que dependen los seres humanos, requiere y exige que seamos éticos, justos y responsables frente al ambiente. Si no hayamos esa relación interdependiente y simbiótica con el ambiente desde el amor, la humildad y el respeto difícilmente podremos prevenir, mitigar y corregir la contaminación ambiental y los graves desequilibrios ecológicos que hemos estado generando por varias generaciones. ¿Qué planeta dejaremos a las futuras generaciones?, ¿cuál sería la actitud y las actuaciones correctas que debemos realizar para restablecer el equilibrio dinámico ecológico y ambiental? .

La *Encíclica Laudato Sí* (2015, p.55) expresa claramente que existe una relación entre la degradación ambiental y humana con la ética. La falta de conciencia frente a las acciones y la fragilidad del ambiente queda a expensas del mercado y del sistema económico como decisiones de primer orden o convertido en un imperativo categórico. Existe gran diversidad de opiniones, visiones y soluciones acerca de la problemática ambiental, donde

requiere que asumamos con responsabilidad políticas, acciones y un diálogo con soluciones integrales:

60. “(...) *En un extremo, algunos sostienen a toda costa el mito del progreso y afirman que los problemas ecológicos se resolverán simplemente con nuevas aplicaciones técnicas, sin consideraciones éticas ni cambios de fondo (...) Entre otros extremos, la reflexión debería identificar posibles escenarios futuros, porque no hay un solo camino de solución. Esto daría lugar a diversos aportes que podrían entrar en diálogo hacia respuestas integrales .*” (Subrayado nuestro)(p.58).

Difícilmente en ningún proceso de desarrollo tecnológico no puede desligarse de los principios éticos, ya que se terminaría aplicando indiscriminadamente sin ningún criterio ético cualquier desarrollo tecnológico y no podría limitarse el poder (*Encíclica Laudato Si*, 2015).

6 Hacia unos Principios de la Ética para el Desarrollo Sustentable

Según Gabaldón (2006), el desarrollo sustentable en América Latina debe tener como objetivo estructurar una doctrina ética ampliamente compartida. Una ética fundamentada en el compromiso con la vida y el bienestar de los hombres y de todas las especies que conjuntamente conforman la biosfera (p. 73).

Es indudable que para lograr el desarrollo sustentable debe haber un cambio en la conciencia ética de los individuos, lo cual se logrará incorporando conceptos éticos en todo el componente estudiantil, no solo en los estudiantes, sino en los profesores, el personal de apoyo y las autoridades, pues hasta el momento se maneja una ética utilitaria, donde el fin justifica los medios, y el desarrollo de individuos responsables con el ambiente y con la sociedad, no permiten el logro de una sociedad más justa y equitativa.

Actualmente se requiere una observación y revisión profunda desde el punto de vista ético y del estudio tanto del comportamiento humano como de la naturaleza para poder comprender las actitudes, decisiones y actuaciones necesarias con el ambiente, la ecología y las posibles interacciones, entendiendo su complejidad, y la búsqueda del equilibrio entre las dimensiones de la sostenibilidad: sociocultural, económica, ambiental, ecológica y política-institucional, para asumir el gran desafío de nuestra sobrevivencia en el planeta. (Fig. XVI.1)

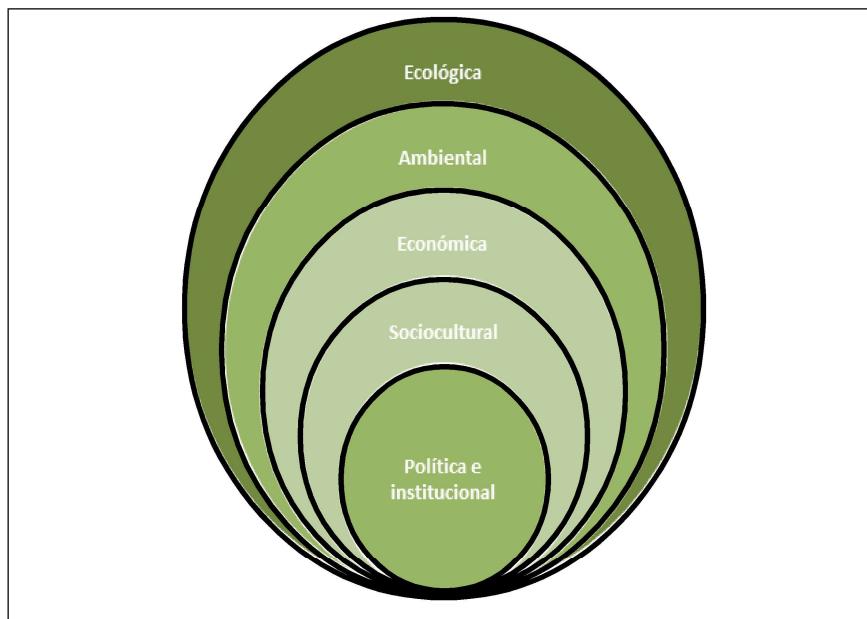


Figura XVI.1. Dimensiones del desarrollo sustentable.

Los principios de la ética para el desarrollo sustentable requieren de un autoexamen a profundidad de las dimensiones del desarrollo con sus posibles interrelaciones para poder determinar dependiendo de la escala y de la región, los principios de ética que deben regir cualquier tipo de decisión y actuación que impacte al ambiente y a las comunidades de la vida.

Los principios asociados a la sustentabilidad ambiental y ecológica demanda categóricamente las decisiones y actuaciones inmediatas para la preservación, conservación y restauración de los diversos ecosistemas del planeta y la resolución de los diversos problemas ambientales globales, regionales y locales generados por la propia especie humana, garantizando la supervivencia de las generaciones presentes y futuras.

Los principios relacionados con la sustentabilidad económica exigen un cambio de modelo donde se incorporen las externalidades y los costos ambientales, así como la determinación de nuevos esquemas alternativos de la redistribución de la riqueza y la corrección de los desequilibrios económicos que actualmente persisten en diversas regiones del planeta. La incorporación de los servicios ecosistémicos y ambientales en el proceso del sistema económico aplicando diversas metodologías más eficientes y eficaces para

la preservación y restauración de los ecosistemas dañados y peligro de extinción. Las llamadas cuentas verdes en los sistemas de cuentas nacionales, regionales y municipales de los diversos países, la economía sustentable, los nuevos indicadores que midan realmente la competitividad sistémica, incorporando la sustentabilidad ambiental y ecológica en todo el sistema económico, reclaman de soluciones innovadoras, creativas, inteligentes y consensuadas.

Los principios vinculados con la sustentabilidad sociocultural, instan a una mirada más compasiva, humilde y comprensible de la cosmogonía de las diversas sociedades y culturas que cohabitan en el mismo planeta. Para ello, esa mirada y revisión a profundidad ruegan la aplicación de principios vinculados con la solidaridad, corresponsabilidad, cooperación y subsidiariedad, principalmente.

Los principios concernientes con la sustentabilidad política e institucional, quizás es uno de mayor importancia porque requiere de un ejercicio del poder, aplicando los principios de transparencia, equidad y justicia, y un cambio estructural en la arquitectura y el diseño institucional de los diversos actores, normas, leyes, procedimientos, acuerdos y consensos con una misma visión hacia el desarrollo sustentable.

La interrelación e interdependencia entre las dimensiones de la sustentabilidad, desde la ética normativa y aplicada ambientalmente hacia el desarrollo sustentable reclama una visión compleja y transdisciplinaria de cada una de las éticas que confluyen e integran las propias dimensiones de la sustentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

BANCO MUNDIAL

2010. Informe Anual 2010. Recuperado de <http://siteresources.worldbank.org/EXTANNREP2010SPA/Resources/BancoMundial-InformeAnual2010.pdf>

BUROZ, E.

2013. *Una aproximación a la verificación del cumplimiento de los Derechos Ambientales en Venezuela*. Trabajo de Ingreso como: Miembro Correspondiente de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, presentado para su consideración con fecha 13 de mayo de 2013.

COMISIÓN DE AMBIENTE

2013. *De una Ética Ambiental hacia una Ética para el Desarrollo Sostenible*. Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat de Venezuela. Recuperado de http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/DOCS_ETICA/HACIA_UNA_ETICA_DEL_DESARROLLO_SOSTENIBLE.pdf

- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**
1999. Gaceta Oficial de la República, Nº 36.860. [Extraordinaria], Marzo 24, 2000.
- FORO DE MINISTROS DE MEDIO AMBIENTE DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**
2002. *Una Ética para la Sustentabilidad, Manifiesto por la Vida*, Bogotá. XIII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. Recuperado de <http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/106/manifiesto.htm>
- GABALDÓN, A.**
2006. *Desarrollo Sustentable. La Salida de América Latina*. Caracas: Editorial Melvin.
- GIRAUD, L.**
2015. *Diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad ambiental municipal*. Tesis Doctoral Inédita presentada en la Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.
- GONZALEZ-ULLOA AGUIRRE, P.**
2003. Ética Ambiental como instrumento hacia una nueva conciencia ambiental universal. Revista de Ciencia Política. *Estudios Políticos*. N° 34. Diciembre 2003. pp.245-251. Recuperado <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rep/issue/view/3024>
- JIMÉNEZ HERRERO, L.**
2001. *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica. Integración Medio Ambiente-Desarrollo y Economía-Ecología*. España: Editorial Síntesis
- LEFF, E.**
1998. *Saber Ambiental. Sustentabilidad, Racionalidad, Complejidad, Poder*. Madrid: Editorial Siglo XXI Editores S.A.
- LEY PENAL DEL AMBIENTE**
2012. Gaceta Oficial N° 39.913, de fecha 2/05/12. Recuperado de <http://www.minamb.gob.ve/files/ley%20penal%20del%20ambiente/Ley%20Penal%20del%20Ambiente.pdf>
- MARCOS, A.**
2001. *Ética Ambiental*. Valladolid. Universidad de Valladolid.
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INDUSTRIAS INTERMEDIAS DE VENEZUELA**
2010. Código de Ética para la Vida. Recuperado de [http://ociweb.mcti.gob.ve/@api/deki/files/7243/=C%25c3%25b3digo_de_%25c3%2589tica_para_la_Vida_Rep%25c3%25bablica_Bolivariana_de_Venezuela_\(2010\).pdf](http://ociweb.mcti.gob.ve/@api/deki/files/7243/=C%25c3%25b3digo_de_%25c3%2589tica_para_la_Vida_Rep%25c3%25bablica_Bolivariana_de_Venezuela_(2010).pdf)
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA, UNESCO**
2010. *Ética ambiental y políticas internacionales*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001873/187309s.pdf>
- PAPA FRANCISCO**
2007. *Carta Encíclica LAUDATO SÍ. Sobre el cuidado de la casa común*. Madrid: San Pablo.

RIECHMANN, J.

2000. *Un mundo vulnerable. Ensayos sobre Ecología, Ética y Tecnociencia.* Madrid: Los Libros de la Catarata. pp.341.

SECRETARIA DE LA CARTA DE LA TIERRA

1999. La Carta de la Tierra. Recuperado de <http://www.cartadelatierra.org>

SEN, A.

2000) *Desarrollo y Libertad.* Colombia: Printer Colombiana S.A.

TROCONIS PARILLI, N.

2005. *Tutela ambiental. Revisión del paradigma ético-jurídico sobre el ambiente.* Caracas: Editorial Texto, C.A.

UNESCO

2005. Declaratoria Universal de Bioética y Derechos Humanos. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180S.pdf>

WOJTYLA, K.

2010. *Mi visión del hombre.* Madrid. Editorial Palabra.

NOTAS

¹ Filósofo y Economista, ganador del Premio Nobel de Economía en 1998.

² Ver sección siguiente.

³ Extraídos para Venezuela del Código de Ética para la Vida (2010).

⁴ Extraídos del Documento realizado por la Comisión de Ambiente de la Academia de Ingeniería y Hábitat de Venezuela. Ver http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/DOCS_ETICA/HACIA_UNA_ETICA_DEL DESARROLLO_SOSTENIBLE.pdf

⁵ Tomado de Giraud, L. (2015). Diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad ambiental municipal. Tesis Doctoral Inédita presentada en el Doctorado en Desarrollo Sostenible de la Universidad Simón Bolívar (USB). Caracas, Venezuela.

⁶ Para consultar los 61 sub-principios ir directamente a la página web. www.cartadelatierra.org

⁷ Se realizó en Bogotá (2002), denominado “Una Ética para la Sustentabilidad, Manifiesto por la Vida”, en respuesta a las decisiones de América Latina y El Caribe, y que sirviera de contribución a la Cumbre de Desarrollo sostenible (Johannesburgo, 2002), y al Plan de Acción Regional de Medio Ambiente.

⁸ Día de la Tierra (1970), la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo (Estocolmo, 1972), Conferencia Mundiales para el Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992 + 20 años después-2012). De igual

manera, a partir de La Primavera Silenciosa, Los Límites de Crecimiento hasta Nuestro Futuro Común, La Carta de la Tierra.

⁹ Concilio Ecuménico Vaticano II. Const. Past. Gaudium et spes, sobre la Iglesia en el mundo actual, 26 (c.p. Encíclica Laudato, Sí, p. 143)

¹⁰ Ley actualmente derogada.

Lorraine Mayrim Giraud Herrera

Urbanista, egresada de la Universidad Simón Bolívar (USB). Magister en Gerencia Ambiental (IUPFAN). Doctora en Desarrollo Sostenible (USB). Actualmente es profesora del Departamento de Planificación Urbana (USB). Coordinadora del Grupo de Investigación Vida Urbana y Ambiente (USB). Miembro de la Comisión Técnica de Ambiente de la Academia de Ingeniería y Hábitat. Más de 25 años de experiencia en la ejecución de programas y proyectos de innovación socio-ambientales (CONICIT), fortalecimiento Institucional en programas multilaterales de viviendas de interés social (PROVIS-INAVI-BID), en la puesta en marcha de negocios de emprendimiento en el sector de servicios en España. Colaboró con ITACA, ONG ambiental (España) como Secretaria Ejecutiva en el asesoramiento y asistencia técnica de la formulación de proyectos de cooperación ambiental internacional y con Venezuela Competitiva. Directora de Ecoequilibrio Innovaciones Sostenibles, emprendimiento apoyado por PTS.

Debbie Elizabeth Méndez

Ingeniero Químico de la Universidad Simón Bolívar (USB), Especialista en Gerencia Educativa de la Universidad Santa María (USM), y Magister en Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB). Tiene veintiocho años de experiencia como profesora, y veinte cinco años ejerciendo funciones en el área directiva universitaria. Actualmente en la Universidad Católica Andrés Bello es Coordinadora Académica, profesora en las Escuelas de Ingeniería Industrial y Civil y de postgrado en la Maestría de Ingeniería Ambiental. Es miembro de la Comisión de Ambiente de la Academia Nacional de Ingeniería y el Hábitat. Participa como Secretaria Ejecutiva del Grupo Orinoco de Energía y Ambiente. En la Universidad Monteávila fue profesora y se desempeñó como Secretaria General y Asesora de Secretaría y Directora del Centro de Estudios Ambientales.

CAPÍTULO XVII

EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

1 El ambiente y el desarrollo ante la perspectiva educativa

En 1945, hace unos 70 años, los países que fundaron la UNESCO suscribieron una constitución en la que afirmaron estar :

“persuadidos de la necesidad de asegurar a todos el pleno e igual acceso a la educación.”

Desde entonces, una parte de la misión de la UNESCO ha insistido en que esas posibilidades se hagan realidad. La Declaración Universal de Derechos Humanos también postula que:

“toda persona tiene derecho a la educación.” (Artículo 26).

Durante todos los años transcurridos desde entonces, el propósito ha sido el mismo que ahora: dar a cada persona la posibilidad de aprender y beneficiarse de la enseñanza básica no por un azar de circunstancias, no como un privilegio, sino como un Derecho (UNESCO, <http://www.unesco.org/es/efa/the-efa-movement.>).

En 1990, los representantes de casi todos los países del mundo reunidos en Jomtien (Tailandia) suscribieron la Declaración Mundial sobre la Educación para Todos (EPT) con el fin de cumplir el compromiso establecido en la Declaración Universal de Derechos Humanos:

“toda persona tiene derecho a la educación.”

Diez años después se acordó en Dakar (2000) un Marco de Acción para el cumplimiento de las seis metas de la Educación para Todos, con la participación de 164 gobiernos:

1. Extender y mejorar la protección y educación integrales de la primera infancia, especialmente para los niños más vulnerables y desfavorecidos.
2. Velar por que antes del año 2015 todos los niños y niñas, tengan acceso a una enseñanza primaria gratuita y obligatoria de buena calidad, y la terminen.

3. Velar por que las necesidades de aprendizaje de todos los jóvenes y adultos se satisfagan mediante un acceso equitativo a un aprendizaje adecuado y a programas de preparación para la vida activa.

4. Aumentar de aquí al año 2015 el número de adultos alfabetizados en un 50%, en particular tratándose de mujeres, y facilitar a todos los adultos un acceso equitativo a la educación básica y la educación permanente.

5. Suprimir las disparidades entre los géneros en la enseñanza primaria y secundaria de aquí al año 2005 y lograr antes del año 2015 la igualdad entre los géneros en relación con la educación, en particular garantizando a las jóvenes un acceso pleno y equitativo a una educación básica de buena calidad, así como un buen rendimiento.

6. Mejorar todos los aspectos cualitativos de la educación, garantizando los parámetros más elevados, para conseguir resultados de aprendizaje reconocido y mensurable, especialmente en lectura, escritura, aritmética y competencias prácticas esenciales. (CEPAL, OEI y Secretaría General Ibero-Americana, 2010)

La declaración de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) considera que los Objetivos de Desarrollo del Milenio (200-2015) han sido un impulso para lograr avances sustantivos en el ámbito educativo; actúan como motor y dinamizador del proceso de mejora y de cooperación, considerando que la motivación, individual y colectiva, están en función de las metas que se pretenden conseguir, lo que refuerza la importancia de la generación de expectativas futuras para lograr un mayor esfuerzo y cohesión social en torno a ellas (CEPAL *et. al.*, 2010).

La educación abre caminos a todas las personas y las comunidades, es una de las bases para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio acordados en el año 2000, y lograr un ambiente más seguro y sostenible. Como señaló Delors (1997), la educación nos permite aprender a ser, a conocer, a hacer y a convivir. Dicho de otro modo, la educación nos da la posibilidad de alcanzar nuestro máximo potencial en tanto que seres humanos.

En un interesante texto publicado a comienzos de siglo XXI, Bruner (2000) subrayó que la educación latinoamericana se enfrenta a dos desafíos de enorme magnitud. Por un lado, debe recuperar la educación el retraso acumulado en el siglo XX: universalizar la oferta de educación infantil, primaria y secundaria, llegar a toda la población sin exclusiones, especialmente a los grupos originarios y afrodescendientes, mejorar la calidad educativa y

el rendimiento académico de los alumnos, fortalecer la educación técnico-profesional y reducir de forma radical la insuficiente formación de gran parte de la población joven y adulta. Por otro lado, ha de enfrentarse a los retos del siglo XXI para que de la mano de una educación sensible a los cambios tecnológicos, a los sistemas de información y de acceso al conocimiento, a las formas de desarrollo científico y de innovación y a los nuevos significados de la cultura, pueda lograr un desarrollo económico equilibrado que asegure la reducción de la pobreza, de las desigualdades y de la falta de cohesión social.

La XVIII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno (2008), incluyó en su Declaración de El Salvador el siguiente acuerdo:

“Fortalecer las políticas educativas y culturales, tendientes a asegurar el derecho a la educación de calidad desde la primera infancia, la cobertura universal y gratuita de la primaria y secundaria y a mejorar las condiciones de vida y las oportunidades reales de las y los jóvenes, que permitan su crecimiento integral para lograr mayores niveles de inclusión y desarrollo social en nuestros países y avanzar en la consolidación del Espacio Iberoamericano del Conocimiento, en el marco de las Metas Educativas 2021.” (CEPAL et. al. 2010, p. 25).

Para dar cumplimiento a todos estos acuerdos y aspiraciones, la Organización de Estado Iberoamericanos (OEI) presentó en octubre de 2008 un documento titulado “*Metas Educativas 2021*”, en él se analizó la situación educativa de Iberoamérica, los proyectos ya en marcha, los desafíos existentes y hacia dónde queríamos ir juntos. A partir de estos análisis se formularon 11 metas generales que se concretaron en 27 metas específicas y en 38 indicadores. En cada uno de ellos se estableció el nivel de logro que se esperaba alcanzar. En la mayoría de las metas se fijó un nivel previo en el año 2015 a modo de referente, en coincidencia con las Metas del Milenio y la Educación para Todos. Se tuvo especial cuidado en que se incluyeran diferentes grados en los niveles de logro con el fin de adecuarse a la situación de cada uno de los países.

En la educación universitaria, se hace necesaria una mayor vinculación entre la universidad y la sociedad y una constante actualización de conocimientos y competencias profesionales. Esta instancia educativa debe, por una parte, contribuir al desarrollo de la sociedad del conocimiento y a impulsar la investigación y la innovación, y al mismo tiempo, atender a las exigen-

cias del mundo del trabajo. Igualmente es importante diferenciar el área de atención de la educación, ocupándonos en el caso de este capítulo lo relativo al ambiente y el desarrollo como temas educativos.

El concepto de ambiente ha sido considerado a lo largo del tiempo, como “*todo lo que nos rodea*” también, como la categoría de lo natural, lo ecosistémico, incluso, se ha llegado a fusionar el ambiente con la naturaleza:

“*El mundo que nos rodea, en que vivimos y del cual tomamos las sustancias necesarias para la vida*” (Brack, 1977, citado en Trellez, 2002)

donde lo central son los procesos naturales, los ecosistemas, la acción humana sobre la naturaleza y las consecuencias de estas acciones. Progresivamente, han aparecido definiciones del ambiente desde un enfoque sistémico, que incluyen las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, sus características y consecuencias, donde se trabajan las relaciones existentes entre el comportamiento de los elementos de la naturaleza con el ser humano y la sociedad.

En este orden de ideas, el ambiente implica una concepción dinámica, cuyos elementos básicos son una población humana (las personas y sus diferentes maneras de organización, todo lo producido por el ser humano), un entorno geográfico, con elementos naturales (todo lo que existe en la naturaleza), y una infinita gama de interacciones entre ambos elementos; pero además un espacio y tiempo determinados, en los cuales se manifiestan los efectos de estas interacciones (Tréllez y Quiroz, 1995).

Al hablar de un desarrollo sostenible se parte de la suposición de que puede haber desarrollo, mejora cualitativa o expansión de potencialidades, sin crecimiento, es decir, sin incremento cuantitativo, sin incorporación de mayor cantidad de energía ni de materiales. En otras palabras, es el crecimiento lo que no puede continuar indefinidamente en un mundo finito, pero sí es posible y necesario el desarrollo, porque las actuales formas de vida no pueden continuar, deben experimentar cambios cualitativos profundos; y estos cambios suponen un desarrollo que debe orientarse de manera adecuada al logro de una mejor calidad de vida de la sociedad (Gil y Vilches, 2006).

En este sentido, para realizar los cambios en el conocimiento, los valores, el comportamiento y el estilo de vida que son necesarias para alcanzar la sustentabilidad y garantizar la democracia, la seguridad humana y la paz, es necesario una educación de calidad, con el objetivo de cambiar el modo en que piensa la gente pero además, que oriente el aprendizaje de habilidades, perspectivas y valores para guiar y motivar a la gente a buscar formas más

sostenibles de ganarse la vida, de participar en una sociedad democrática y vivir de una manera sostenible (Fernández, Sanz, y Viola, 2011).

2 De la Educación Ambiental (EA) a la Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS)

A lo largo de los últimos 40 años, desde la década de los años 70 se ha contribuido con el necesario cambio cultural desde la educación. Surge la Educación Ambiental (EA) :

“...como la acción educativa permanente por la cual la comunidad educativa tiende a la toma de conciencia de su realidad global, del tipo de relaciones que los hombres establecen entre sí y con la naturaleza, de los problemas derivados de dichas relaciones y sus causas profundas. Ella desarrolla mediante una práctica que vincula al educando con la comunidad, valores y actitudes que promueven un comportamiento dirigido hacia la transformación superadora de esa realidad, tanto en sus aspectos naturales como sociales, desarrollando en el educando las habilidades y aptitudes necesarias para dicha transformación.” (Teitelbaum, 1978: 51).

De manera que desde un principio se concibe a la EA como una herramienta eficaz para transformar la realidad. Como lo señala González (1999)

“Se piensa en una educación para la identificación de las causas de los problemas y para la construcción social de sus soluciones y una realidad ambiental constituida por lo natural y lo social.” (p.6).

La EA ha logrado converger una pluralidad de discursos que han estado marcados por el surgimiento de nuevas realidades sociales, económicas y ambientales. Visto la importante misión que lleva consigo, cabe formularse la pregunta ¿este constructo constituye por sí solo una estrategia útil para acometer la solución de los problemas ambientales?

Vega y Álvarez (2005), expresan la idea de una EA que no se reduce a educar para “*conservar la Naturaleza*”, “*concienciar personas*” o “*cambiar conductas*”. Su tarea es más profunda y comprometida: educar para cambiar la sociedad, procurando que la toma de conciencia se oriente hacia un desarrollo humano donde se consideren tanto las causas y los efectos de la sustentabilidad y la responsabilidad. Por tanto la EA, desde un punto de vista operativo, supone tanto el análisis crítico del marco socioeconómico que ha determinado las actuales tendencias insostenibles, como la potenciación de las capacidades humanas para transformarlo.

La EA del nuevo milenio, orientada al desarrollo sostenible:

“tiene el reto de trabajar en un enfoque educativo que ayude a las personas a entender las interrelaciones globales del planeta, con la finalidad de estimular el compromiso de acción directa en su entorno.” (Novo, 2012:56).

Supone cambiar los modelos de pensamiento, la ruptura del antropocentrismo y la apertura del pensamiento biocéntrico, asentada en el valor de la solidaridad y la equidad con el objetivo fijo de la construcción de un presente con futuro.

La Educación para el Desarrollo Sostenible, es un concepto dinámico, que utiliza todos los aspectos de la concienciación, educación y capacitación para desarrollar los conocimientos, habilidades, perspectivas y valores que permita a las personas de todas las edades asumir la responsabilidad de crear y disfrutar de un futuro sostenible. A su vez, es un proceso para reorientar las políticas educativas, programas y prácticas cotidianas para que la educación contribuya en la formación de las capacidades de todos los miembros para trabajar juntos en la construcción de un futuro sostenible (VUA, 2011).

La educación ambiental responde a tres problemáticas estrechamente enlazadas. La primera es el deterioro de los ecosistemas y la disminución de los recursos naturales, la segunda, el mal desarrollo de las sociedades y la falta de sensibilidad en relación con el ambiente y finalmente, los límites de los sistemas educativos actuales, que son inapropiados para desarrollar personas capaces de actuar con responsabilidad frente a los cambios socioambientales (Sauvé, 1997).

A partir del año 2004 se habla de la Educación para el Desarrollo Sostenible, atendiendo al llamado de las Naciones Unidas en su Resolución 57/254 de la Asamblea General de las Naciones Unidas cuando se decreta el Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014), recomendando a la UNESCO dar a conocer a todo el mundo el plan como marco general para todos los interesados en contribuir al Decenio.

Hay un nuevo llamado al mundo para cumplir con la meta de alcanzar el desarrollo sostenible, ocurrió el 25 de septiembre de 2015 en la 70 Asamblea General de las Naciones Unidas: 193 países se comprometieron a conseguir 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) o Agenda 2030. Para poder impulsar y cumplir con los objetivos se requiere de una ciudadanía informada, que tengan capacidad para reclamar a sus Gobiernos que tomen medidas para conseguir sociedades más equitativas, pacíficas, inclusivas y

ambientalmente sostenibles. Específicamente el objetivo 4. Se refiere a:

“Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad”

Educar para el desarrollo sostenible es educar para cambiar la sociedad, orientada hacia un desarrollo humano que sea simultáneamente causa y efecto de la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad global, expectativa que ha venido adquiriendo un valor importante en el tránsito hacia el nuevo milenio. Una educación que debe ser concebida transversalmente hacia nuevos enfoques, nuevos contenidos, nuevos métodos y haciendo más flexibles las tradicionales estructuras de los sistemas educativos, lo cual demanda profundas modificaciones de los modelos pedagógicos institucionales (Chacón et al., 2009).

3 Educar para cambiar el modelo de desarrollo

Revisando las características e implicaciones del Desarrollo Sostenible, puede observarse que su aplicación plantea romper con los paradigmas tradicionales de desarrollo, buscar la satisfacción de las necesidades de los habitantes de la tierra, el pluralismo de las sociedades, establecer equilibrio entre el ser humano y el ambiente, y asegurar que ninguna nación crezca a expensas de otra ni que el consumo de determinados individuos ocurra en detrimento de los demás (Carta de Belgrado, 1975).

La Asamblea General de las Naciones Unidas, recordando el capítulo 36 del Programa 21 relativo al fomento de la educación, la capacitación y la toma de conciencia, aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992, reafirmando el objetivo de desarrollo acordado a nivel internacional, subrayando que la educación es un elemento indispensable para alcanzar el Desarrollo Sostenible, decide proclamar el período de diez años que comienza el 1º de enero de 2005 Década de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (<http://www.oei.es/decada/resonu.htm>).

Como señala la UNESCO:

“El decenio de las Naciones Unidas para la educación con miras al desarrollo sostenible, pretende promover la educación como fundamento de una sociedad más viable para la humanidad e integrar el Desarrollo Sostenible en el sistema de enseñanza escolar a todos los niveles. El decenio intensificará igualmente la cooperación internacional a favor de la elaboración y de la puesta en común de prácticas, políticas y programas innovadores de educación para el Desarrollo Sostenible.” (<http://www.oei.es/decada/accion004.htm>).

La propuesta fue impulsar una educación superadora de las tendencias a corto plazo, que contribuya con una correcta percepción del mundo, generadora de actitudes y comportamientos responsables y que prepare a las personas para la toma de decisiones fundamentales dirigidas al logro de un desarrollo culturalmente plural y físicamente sostenible (Delors, 1997; Asoc. Profesores Amigos de la Ciencia-Eureka, 2006).

Para llevar adelante esta Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible se requieren acciones educativas que transformen concepciones, hábitos y perspectivas, que orienten las acciones a llevar a cabo, en las formas de participación social y en las políticas ambientales para así poder avanzar con mayor eficiencia hacia una sociedad verdaderamente sostenible (Asoc. Profesores Amigos de la Ciencia-Eureka, 2006). Todo esto se logra cumpliendo los cuatro objetivos establecidos en el decenio (UNESCO, 2003):

- a. Facilitar el flujo de información, intercambio e interacción entre los “tenedores” de información en relación a la Educación para el Desarrollo Sostenible
- b. Alentar, motivar y aumentar la calidad de la enseñanza y del aprendizaje en Educación para el Desarrollo Sostenible
- c. Ayudar a los países a progresar en el alcance de las metas de desarrollo del Milenio a través de los esfuerzos educativos para el Desarrollo Sostenible
- d. Proporcionar a los países las nuevas oportunidades para incorporar la Educación para el Desarrollo Sostenible en las reformas educativas.

Es necesario promover una educación que ayude a contemplar los problemas ambientales y del desarrollo en su globalidad, teniendo en cuenta las repercusiones a corto, medio y largo plazo, tanto para una colectividad dada como para el conjunto de la humanidad y nuestro planeta. Se dio a comprender que no es sostenible un éxito que exija el fracaso de otros.

4 Procesos de aprendizaje en armonía con la educación para la sostenibilidad

Educar para la sostenibilidad implica ir más allá de la información y sensibilización; incluye el fomento de una conciencia crítica, que lleve a una práctica transformadora; requiere enseñar y aprender conocimientos, habilidades, perspectivas y valores, que guiarán y motivarán a la gente a que apliquen criterios de sostenibilidad a sus comportamientos, a participar en

una sociedad democrática y a vivir de una manera sostenible (McKeown, 2002), en este sentido es necesario redefinir los nuevos escenarios educativos orientados a desarrollar una nueva cultura intelectual de consumo y tecnología.

En el contexto de la Educación para el Desarrollo Sostenible, el aprendizaje es entendido como un proceso complejo de implicaciones cognitivas, ideológicas, extraídas de la práctica social. Es un proceso que interactúa con la forma en la que la gente piensa, siente y actúa. Aprendemos, interaccionando con los demás y con el entorno, a través de experiencias a lo largo de toda la vida.

En efecto, el conocimiento de un individuo está en función de los significados que crea a partir de sus experiencias, adaptaciones e innovaciones acerca de los fenómenos naturales y socioculturales a los que tenga acceso; por lo que se parte de un enfoque constructivista del aprendizaje (Watzlawik, 1989).

El papel del educador es de mediador en esta transición educativa sujeto-entorno que da lugar al nuevo conocimiento, utilizando estrategias diversas para poder relacionar lo nuevo que se aprende con lo que ya se sabe, bien sea para confirmarlo, ampliarlo, modificarlo o cuestionarlo. De este modo como lo señala Ausubel (1983), el verdadero aprendizaje significativo es aquel en que las ideas se relacionan con algún aspecto existente, relevante de la estructura cognoscitiva del individuo.

Tilbury (2011) señala que los procesos en los que se sustentan las prácticas de la educación para la sostenibilidad son aquellos que: facilitan la colaboración y el diálogo, fomentando la participación de las personas y estimulando su capacidad para la resolución de problemas; desarrollan sinergias entre los centros educativos, gobiernos, empresas, ONGs, entre otros; adquieren conocimientos, valores y teorías, que generen transformaciones educativas y participación activa del educando; desarrollan el pensamiento crítico, enfocada a la resolución de problemas, basada en estrategias pedagógicas diversas, tales como: discusiones en grupos, debates, estudios de casos, explicaciones reflexivas, aprendizaje basado en problemas, trabajo de campo y aprendizaje al aire libre (Cotton y Winter, 2010, citado en Tilbury, 2011). Todo ello implica el desarrollo de la capacitación para la acción, pues como lo señala Sauvé (1997) el compromiso, la motivación, la actuación y participación de los individuos y colectivos a favor del desarrollo sostenible, debe proporcionarles tres tipos de saberes:

- a. Saber-hacer: implica la adquisición de habilidades, estrategias, técnicas y procedimientos para la toma de decisiones y la rea-lización de acciones relacionadas con la sustentabilidad.
- b. Saber-ser: supone la sensibilización y concienciación del educando acerca de la necesidad de lograr un modelo de desarrollo y sociedades sustentables, fomentando nuevas actitudes y valores coherentes con la sustentabilidad.
- c. Saber-actuar: proporciona al educando una formación de aptitudes que les permita aplicar el conocimiento e información en el diagnóstico y análisis de las situaciones, propiciando una actuación y participación tanto individual como colectiva, para mejorar la práctica de la educación para la sustentabilidad de manera responsable y eficaz.

En este orden de ideas, el aprendizaje no sólo es concebido como la adquisición de conocimientos, valores y teorías relacionados con el desarrollo sostenible sino que también, debe incluir acciones como el de: formular preguntas críticas, aclarar los valores, a plantearse futuros sostenibles, pensar de manera sistémica y responder a través de aprendizajes aplicados.

Merece la pena detenerse en especificar lo que supone el necesario cambio cultural, es decir, los cambios de actitudes y comportamientos que la educación debería promover, tomando en consideración lo establecido en el Capítulo 36 de la Agenda 21, que se refiere a: reorientar la educación hacia el desarrollo sostenible; aumentar la conciencia del público y fomentar la capacitación. Además, define entre las bases para la acción, el reconocerse que la educación - incluida la enseñanza académica la toma de conciencia del público y la capacitación, configuran un proceso que permite que los seres humanos y las sociedades desarrollos plenamente su capacidad latente, y la importancia crítica para promover el desarrollo sostenible y aumentar la capacidad de las poblaciones para abordar cuestiones ambientales y de desarrollo.

En este sentido la utilización de instrumentos como la evaluación de los impactos ambientales para conocer y prevenir los efectos de los productos y tecnologías, analizar los posibles riesgos y facilitar la toma de decisiones para llevar adelante un proyecto, así como las auditorías ambientales para conocer la calidad y repercusión de los productos en sus procesos de vida, buscando la garantía del entorno natural y social, son indispensables a ser incorporadas en los procesos educativos a todos los niveles. Es así como España ha promovido la auditoría ambiental o también llamada ecoauditoría

en las escuelas, teniendo como objetivo hacer un diagnóstico situacional de la escuela con su ambiente para establecer una línea base desde la cual empezar a trabajar desde la educación, para ello deberá contar con la participación de toda la comunidad de aprendizaje (personal directivo, administrativo, docente y no docente, alumnos y padres de familia).

Es importante mencionar que la introducción de las tecnologías de la información en el sistema educativo está teniendo un impacto extraordinario. El potencial de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la escuela no se reduce solamente a la alfabetización digital de la población. También se espera que estas se puedan introducir transversalmente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, facilitando la formación de competencias modernas y mejorando los logros educativos del estudiantado.

El impacto que las TIC puedan tener sobre los aprendizajes no es claro y probablemente no puede medirse directamente a través de los sistemas estandarizados de evaluación. Sin embargo, hay evidencia creciente del impacto que las tecnologías pueden tener sobre habilidades y competencias esenciales para el mundo digital y globalizado de hoy, como la motivación por el aprendizaje, la comunicación, la capacidad de manejar información, el aprendizaje autodirigido, las habilidades colaborativas, entre otras (CEPAL, *et. al.*, 2010).

El desarrollo acelerado de la sociedad de la información está suponiendo retos, para la educación y el aprendizaje. Tal vez lo más relevante sea que nos encontramos con una nueva generación de aprendices que no han tenido que acceder a las nuevas tecnologías sino que han nacido con ellas, nativos digitales, y que se enfrentan al conocimiento desde postulados diferentes a los del pasado. Ello supone un desafío enorme para los profesores, la mayoría de ellos inmigrantes digitales, para las escuelas, para los responsables educativos y para los gestores de las políticas públicas relacionadas con la innovación, la tecnología, la ciencia y la educación.

El análisis de las condiciones que facilitan la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje de manera innovadora, se convierte en una reflexión ineludible. Martínez (2009) ha subrayado los tres desafíos fundamentales: el diseño, mantenimiento y gestión de infraestructuras tecnológicas; las competencias docentes que se requieren para la integración curricular de las tecnologías en el centro educativo, y la provisión de recursos y contenidos digitales que favorezcan el uso e integración pedagógica de las capacidades instaladas en la institución educativa.

Las prácticas de enseñanza y aprendizaje han de responder a las necesidades e intereses del educando, y ofrecer oportunidades para explorar temas de la vida real, en contextos locales relacionados con los globales. Así como también ofrecerles oportunidades que evalúen lo que han aprendido, animarlos a incorporar elementos multisensoriales en sus valoraciones y comunicaciones, estimularlos para que generen sus propias preguntas y expliquen sus pensamientos, y ayudarlos a transferir el conocimiento (Martínez, 2010).

“El desafío es doble: hay que aprender cosas nuevas, y tenemos que enseñar las cosas viejas de un modo nuevo, y siendo ambas tremendamente difíciles de lograr, quizás lo más desafiante es enseñar lo viejo con ojos nuevos.” (Piscitelli, 2009:115).

5 Los Retos Educativos Para Un Futuro Sostenible.

La necesidad de aprender a lo largo de toda la vida, imprescindible en los tiempos actuales tanto para el desarrollo personal como para el progreso profesional, exige que se reconozca la formación obtenida y que dicho reconocimiento sea socialmente aceptado. Hace falta, por tanto, establecer los mecanismos adecuados para valorar todo lo que se aprende. Como apunta Vargas (2009), la educación a lo largo de la vida tiende a ser «*una sola*», lo que supone que, junto a los diplomas que certifican los aprendizajes formales, es preciso abrir posibilidades para evaluar y reconocer aprendizajes realizados en la experiencia laboral y en la vida misma. De ahí que se estén planteando mecanismos capaces de validar las competencias adquiridas en la educación, en el trabajo y en la vida (OEI, 2008).

Para lograr mantener vivo el interés de estudiar toda la vida, se requiere formular un conjunto de estrategias y de líneas de acción dirigidas a impulsar iniciativas innovadoras que ayuden a encontrar condiciones satisfactorias. Es importante destacar los programas de apoyo a jóvenes emprendedores, los sistemas de orientación de carácter presencial y a distancia, la cooperación con diferentes sectores públicos y privados para el desarrollo de nuevas experiencias de trabajo, y una oferta flexible y renovada de formación que permita la actualización profesional permanente de jóvenes y adultos.

Hoy en día existe un instrumento aprobado por la UNESCO en el 2003, para ser utilizado en el Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible como instrumento ético educativo, llamado “*La Carta de la Tierra*, que contiene los principios fundamentales para construir una sociedad justa, sostenible y pacífica. En ella se presenta un enfoque integrado que interrelaciona

los problemas que confronta la comunidad mundial. Su marco ético envuelve la responsabilidad y el respeto hacia la vida, la integridad ecológica, la justicia social y económica, la equidad, la democracia, la superación de la pobreza y la paz o no violencia (Blaze, Vilela y Roerink, 2005).

El texto de la Carta, puede cumplir dos principales funciones de carácter educativo: por una parte, ofrece las líneas básicas de un modelo educativo para forjar sociedades comprometidas con el desarrollo sostenible, y, por otra, promueve un diálogo global sobre ética para la sostenibilidad. En el primer caso, contribuyendo a tres significativos objetivos educativos: a) sensibilizar a la población sobre las problemáticas globales, sociales, ecológicas y económicas, y la urgente necesidad de asumir un compromiso personal de responsabilidad universal al respecto; b) motivar un cambio de comportamientos hacia estilos de vida más sostenibles, enfocados a lograr la promoción del “ser” más que del “tener”, cualitativamente más próximos a la excelencia humana; y c) fomentar una cultura de la colaboración entre los seres humanos, las comunidades y los pueblos, una cultura participativa encaminada a propiciar la emergencia de una ciudadanía planetaria. La promoción de valores y principios le concierne fundamentalmente a la educación ya que sólo a través de ella, podrán propiciarse los cambios que se esperan.

Partiendo, de aceptar la *Carta de la Tierra* como un instrumento de reconocido potencial al servicio de la educación para el desarrollo sostenible, se deben analizar los tres pilares básicos de su texto, especialmente significativos des-de el punto de vista de la educación moral y centrados en el planteamiento de la *Década por la Educación para el Desarrollo Sostenible*: la identidad humana planetaria, la co-responsabilidad –universal, diferenciada, sincrónica y diacrónica– y, en tercer lugar, la compasión, comprometida y crítica, como valor radical donde asentar las actitudes y comportamientos que la “Década” busca consolidar. En los tres casos “La Carta” ilumina nuevos matices que enriquecen los planteamientos tradicionales (Murga-Menoyo, 2009).

Desde el punto de vista educativo, La Secretaría de La Carta de la Tierra (<http://www.earthcharterination.org>, 2015) sostiene que La Carta de la Tierra sirve para alcanzar las siguientes metas:

- a. Concienciar y sensibilizar a los estudiantes en cuanto a la relación que existe entre las problemáticas ambiental, social y económica.
- b. Dar a conocer la información básica a los estudiantes, lo cual les permitirá formar criterios para comprender mejor los conceptos relacionados con la problemática actual.

- c. Distinguir, revisar y exteriorizar los valores que favorecen el Desarrollo Sostenible.
- d. Identificar actitudes favorables al Desarrollo Sostenible, con el propósito de fortalecerlas y modificar las que son negativas.
- e. Participar activa y responsablemente en la solución de la problemática actual, fomentando acciones que contribuyan a crear una cultura hacia el Desarrollo Sostenible.

El documento de la Carta de la Tierra identifica tres pilares, 16 principios y 61 sub principios preñados de buenas intenciones, que buscan orientar al «*nuevo hombre*» que surge, que no es otro que mirarnos hacia adentro y relacionarnos entre nosotros mismos con nuestro entorno, para esto se necesita un cambio de paradigmas, donde realmente se revolucione la manera de interrelacionarnos. No bastaría con limitar a las corporaciones o establecer responsabilidades sociales y ambientales a las grandes industrias, debemos cambiar la manera de producir, lo cual se traduce en la necesidad de construir un modelo económico productivo sostenible, basado en una relación armónica entre el hombre y la naturaleza, que garantice el uso y aprovechamiento racional y óptimo de los recursos, respetando los procesos y ciclos de la naturaleza, desplazando las grandes y contaminantes industrias, por la pequeña producción endógena. Pero esto supone un desafío aun mayor, que pasa por el compromiso de los gobiernos y las grandes corporaciones con políticas ambientales locales, nacionales e internacionales (Chacón y Pujaico, 2014).

El Papa Francisco, 2015, en el punto 207, de la “*Encíclica Laudato Si*”, comenta que “La Carta de la Tierra” nos invitaba a todos a dejar atrás una etapa de autodestrucción y a comenzar de nuevo, pero todavía no hemos desarrollado una conciencia universal que lo haga posible. Por eso propone aquel precioso desafío:

“Como nunca antes en la historia, el destino común nos hace un llamado a buscar un nuevo comienzo [...] Que el nuestro sea un tiempo que se recuerde por el despertar de una nueva reverencia ante la vida; por la firme resolución de alcanzar la sostenibilidad; por el aceleramiento en la lucha por la justicia y la paz y por la alegría celebración de la vida.” (Papa Francisco, 2015: 64)

En el Capítulo sexto, de la Encíclica papal, dedicado a Educación y Espiritualidad Ecológica, mantiene su discurso de llamado para que se encuentre el camino para actuar en “*el cuidado de la casa común*”, comenta :

“(.....) La educación ambiental debería disponernos a dar ese salto hacia el Misterio, desde donde una ética ecológica adquiere su sentido más hondo. Por otra parte, hay educadores capaces de replantear los itinerarios pedagógicos de una ética ecológica, de manera que ayuden efectivamente a crecer en la solidaridad, la responsabilidad y el cuidado basado en la compasión. (.....) La educación en la responsabilidad ambiental puede alentar diversos comportamientos que tienen una incidencia directa e importante en el cuidado del ambiente, como evitar el uso de material plástico y de papel, reducir el consumo de agua, separar los residuos, cocinar sólo lo que razonablemente se podrá comer, tratar con cuidado a los demás seres vivos, utilizar transporte público o compartir un mismo vehículo entre varias personas, plantar árboles, apagar las luces innecesarias. Todo esto es parte de una generosa y digna creatividad, que muestra lo mejor del ser humano. El hecho de reutilizar algo en lugar de desecharlo rápidamente, a partir de profundas motivaciones, puede ser un acto de amor que exprese nuestra propia dignidad .” (p.64, 65)

Finalizamos este capítulo con palabras del Papa Francisco

“Dado que es mucho lo que está en juego, así como se necesitan instituciones dotadas de poder para sancionar los ataques al medio ambiente, también necesitamos controlarnos y educarnos unos a otros.” (Papa Francisco, 2015:66).

EN SÍNTESIS

La educación tiene un compromiso con el futuro, ligado a favorecer la transición hacia la sostenibilidad. Uno de los puntos relevantes sobre la educación en transición hacia la sostenibilidad ha sido la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2002-2015), que representa una oportunidad para revisar y renovar los procesos de enseñanza y aprendizaje orientados a proporcionar habilidades para aprender a ser, a conocer, a hacer y a convivir. Esta labor ha sido completada, paralelamente, por otras iniciativas como la Declaración Mundial sobre la Educación para Todos, las Metas del Milenio y las Metas Educativas para el 2021; en todas ellas, se considera a la educación como un instrumento para promover los cambios necesarios con el objetivo de asegurar un ambiente más seguro y sostenible.

El acelerado proceso de cambio, en el que la economía impone nuevas pautas para su producción y acceso a los recursos impone un cambio pro-

fundo en las forma de pensar, sentir y actuar del ser humano. Ante esta situación la Educación Ambiental del nuevo milenio, tiene el reto de educar para cambiar la sociedad respecto al medio natural, social y cultural en el que se desarrolla la vida. Nos referimos entonces, a la Educación para el Desarrollo Sostenible, concebida transversalmente hacia nuevos enfoques, nuevos contenidos y nuevos métodos, lo cual demanda profundas modificaciones de los modelos pedagógicos institucionales. Una educación que ayude a contemplar los problemas ambientales y del desarrollo, que contribuya con una correcta percepción del mundo y orientaciones en las actitudes y valores que inspiran el comportamiento humano responsable para lograr un desarrollo sostenible.

En este contexto los procesos de aprendizajes en los que se sustentan las prácticas de la educación para la sustentabilidad implican información y sensibilización, fomento de una conciencia crítica, que lleve a una práctica transformadora, caracterizada por promover un ambiente de aprendizaje que guíe y motive a la gente a que apliquen criterios de sostenibilidad a sus comportamientos, con participación democrática y viviendo de una manera sostenible. Estos procesos deben facilitar la colaboración y el diálogo, el fomento de la participación de las personas y la capacidad para la resolución de problemas. Finalmente, se enfatiza la importancia de la Carta de la Tierra y la Encíclica papal como instrumentos educativos, que ayuden a encontrar las condiciones necesarias y comprometidas con el desarrollo sostenible en todas sus dimensiones, y promuevan un diálogo global sobre ética para la sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN DE PROFESORES AMIGOS DE LA CIENCIA-EUREKA

2006. Educación para la Sostenibilidad, *Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (2): 300-303.

AUSUBEL, D., J. NOVAK, H. HANESIAN Y M. SANDOVAL

1983. *Psicología educativa*. Un punto de vista cognoscitivo. México. Trillas.

BLAZE, P., M. VILELA Y A. ROERINK

2005. *La carta de la Tierra en Acción, Hacia un mundo Sostenible*. KIT Publishers, Amsterdam.

BRUNER, J. J.

2000. *Globalización y el futuro de la educación: tendencias, desafíos, estrategias*, en Seminario sobre Prospectiva de la Educación en la Región de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: OREALC.

CARTA DE BELGRADO

1975. Seminario Internacional de Educación Ambiental, Belgrado.

CEPAL, OEI y SECRETARÍA GENERAL IBERO-AMERICANA

2010. Metas Educativas 2021, La Educación que queremos para los Bicentenarios. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) Madrid, España, www.oei.org.es. oei@oei.org.es [Consultado: 2015, julio, 10]

CHACÓN, R., N. MONTBRUN y V. RASTELLI

2009. La Educación para la Sostenibilidad. Rol de las Universidades. *Revista AR-GOS*, 26:50-74.

CHACÓN, R. y J. PUJAICO

2014. La Gestión Ambiental y el Desarrollo Urbano Sostenible en el Mundo. I Foro de Gestión Ambiental Urbana, Comisión de Ambiente de la Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat. Grupo Orinoco y Universidad Simón Bolívar, Caracas.

DELORS, J.

1997. *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI. Santillana. Ediciones UNESCO.

FERNÁNDEZ, A., J. SANZ y N. VIOLA

2011. Guía para periodistas. UNESCO

GIL, D. y A. VILCHES

2006. Algunos obstáculos e incomprensiones en torno a la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (3): 507-516

GONZÁLEZ, E.

2001. Otra Lectura A La Historia De La Educación Ambiental En América Latina y El Caribe. *Tópico en Educación Ambiental*, 1(1):9-26

IBEROAMERICANOS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA

2015. (OEI) Madrid, España, www.oei.org.es. [Consultado, 2015, febrero, 9]

MARTÍNEZ, H.

2009. La integración de las tecnologías de la información y comunicación en instituciones educativas, en R. CARNEIRO, J. C. TOSCANO y T. DÍAZ (coords.), *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. Madrid: OEI.

MARTÍNEZ, J.

2010. *Qué significa Sostenibilidad para la Escuela*. Centro de Educación Ambiental, (CENIAM) España

MCKEOWN, R.

2002. *Manual de Educación para el Desarrollo Sostenible*. Centro de Energía, Medio Ambiente y Recursos, Universidad de Tennessee

MURGA-MENOYO, M.

2009. La Carta de la Tierra: un referente de la Década por la Educación para el Desarrollo Sostenible. *Revista de Educación*, número extraordinario: 219-237

NACIONES UNIDAS

1945. Declaración Universal de los Derechos Humanos

NOVO, M.

2012. *La Educación Ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Editorial Universitas, S.A., Madrid, España.

OEI

2008. *Metas Educativas 2021: la educación que queremos para la generación de los Bicentenarios*. Madrid: OEI.

ONU

1982. 'Programa 21'. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales - División de Desarrollo Sostenible. New York. Disponible en: http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/index.shtml

PAPA FRANCISCO

2015. *Laudato Si, Sobre el Cuidado de la Casa Común*. <http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101843933> [Consultado: 2015, julio 20]

PISCITELLI A.

2009. Nativos e inmigrantes digitales. Una dialéctica intrincada pero indispensable. En: *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. R. Carneiro y otros (coords.). Madrid: OEI.

SAUVÉ, L.

1997. *Pour une Education Relative a le Environment*. Montreal: Edit. Guérin.

SECRETARÍA DE LA INICIATIVA DE LA CARTA DE LA TIERRA

2015. ¿Qué es la Carta de la Tierra. <http://www.earthcharterination.org> [Consultada: 2015, enero, 8].

TEITELBAUM, A.

1978. *El papel de la educación ambiental en América Latina*. UNESCO.

TILBURY, D.

2011. *Educación para el Desarrollo Sostenible. Examen por los expertos de los procesos y el aprendizaje*. UNESCO.

TRELLEZ, E.

2002. La educación ambiental comunitaria y la prospectiva: una alianza de futuro. <http://www.ambiente.gov.ar/infotecaea/descargas/trellez02.pdf> [Consultado: 2015, agosto, 04].

TRÉLLEZ, E. y C. QUIROZ

1995. *Formación Ambiental Participativa. Una propuesta para América Latina*. CALEIDOS/ OEA. Lima.

UNESCO

2015. Diez aspectos de la Educación para Todos UNESCO <http://www.unesco.org/es/efa/the-efa-movement/10-things-to-know-about>. [Consultado: 2015, julio, 15].

VARGAS, F.

2009. Escenarios y tendencias en el mundo del trabajo y de la educación en el inicio del siglo XXI: el nuevo paradigma del aprendizaje a lo largo de la vida y la sociedad del conocimiento. En: *Los retos actuales de la educación técnico-profesional*. F. De A. Blas y J. Planells (coords.). Madrid: OEI.

VEGA, P. y P. ÁLVAREZ

2005. Planteamiento de un marco teórico de la Educación Ambiental para un Desarrollo Sostenible. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (REEC): 4: 1-16.

VUA

2011. Ecoescuelas Venezuela, Educando para el Desarrollo Sostenible, Universidad Simón Bolívar, CAF y PNUD. Caracas.

WATZLAWIK, P.

1989. *La realidad inventada*. Buenos Aires, Argentina. Gedisa. <http://www.oei.es/decada/resonu.htm>. [Consultado: 2014, marzo, 10] <http://www.oei.es/decada/accion004.htm> [Consultado: 2015, junio, 2015].

Rosa María Chacón

Es profesora titular del Departamento de Planificación Urbana de la Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela. Arquitecta (1975) y magíster en Ingeniería de Transporte (1979) por la Universidad de Los Andes. En 2000 obtuvo el doctorado en Planificación Territorial y Urbana de la Universidad La Sapienza (Roma). Coordinadora del grupo de investigación Vida Urbana y Ambiente, adscrito al Decanato de Investigación de la USB (2000-2018). Responsable de la creación y coordinación del Doctorado en Desarrollo Sostenible de esta casa de estudios, 2006-2009. Compiladora y autora de 6 libros y 45 artículos en revistas especializadas. rmchacon@usb.ve www.vua.grupos.usb.ve

Nila Pellegrini

Lic. en Biología (1983); Magister Scientiarum en Educación, Mención Docencia en Educación Superior (1988); Doctora en Ciencias de la Educación (2004). Profesor Titular, Jubilado de la Universidad Simón Bolívar, Departamento de Estudios Ambientales, División de Ciencias Biológicas. Más de 40 artículos de investigación publicados en revistas arbitradas e indexadas. Autora y Coautora de Capítulos de Libro. Participación en numerosos eventos nacionales e internacionales en las áreas de Educación Ambiental, Educación para el Desarrollo Sustentable e Interpretación Ambiental. Representante de la Universidad Simón Bolívar en la Red Venezolana de Universidades por el Ambiente (REVUA) y en la Red Centro Regional de Experto en Educación para la Sostenibilidad (RCE).

CAPÍTULO XVIII

ECONOMÍA Y AMBIENTE

Introducción

En el marco de la Ingeniería Ambiental, la temática de Economía y Ambiente se dirige más a la Economía Ambiental que a la Economía Ecológica. La primera representa la rama del análisis económico que aplica los instrumentos de la economía al área del medio ambiente; mientras la segunda no es una rama de la teoría económica, sino un campo transdisciplinario que estudia la relación entre los ecosistemas naturales, la economía y los aspectos sociales.

Toda vez que la Ingeniería Ambiental constituye la aplicación de la ingeniería al ambiente, se debe tener una herramienta que ayude a la toma de decisiones sobre la viabilidad económica de las propuestas de la ingeniería para resolver los problemas ambientales. La economía ambiental es la herramienta.

Dos aspectos son muy importantes en la Ingeniería Ambiental: los estudios de impacto ambiental, en donde se proponen, *ex ante*, medidas de control ambiental para prevenir, corregir, mitigar o compensar los impactos sobre el ambiente que traerán consigo los proyectos de inversión y las medidas de restauración del ambiente natural para controlar los daños sociales ocasionados por las actividades en funcionamiento del cotidiano diario.

En este orden de ideas, el capítulo ofrecerá una reseña de la economía ambiental aplicada a la ingeniería ambiental. Específicamente en la valoración económica de los impactos ambientales y la valoración económica de los daños ambientales.

El capítulo XVIII se inicia con la presente introducción. Se tratará en segundo lugar la diferencia entre impacto y daño ambiental. Seguidamente, se expondrán las principales acciones causantes de los impactos y los daños ambientales. De cuarto, se reseñan los tipos de impactos y de daños ambientales. Quinto, se exponen los servicios ecosistémicos que son afectados por los impactos o los daños ambientales. Sexto, se señala el estado de conservación de los servicios ecosistémicos y su relación con la magnitud de los impactos o los daños ambientales. Séptimo, se propone cómo identificar los impactos o los daños ambientales y cómo seleccionar aquellos signi-

ficativos que deben ser valorados económicamente. Octavo, se introduce como identificar y seleccionar los métodos de valoración económica de los impactos ambientales y se realiza una breve descripción de éstos y finalmente, en noveno lugar, se propone cómo realizar la valoración económica de los daños ambientales.

1 Impacto y daño ambiental

Se dice que existe un daño ambiental cuando hay disminución (pérdidas) de los beneficios a los consumidores o incremento de los costos de los productores causados por la afectación negativa al ambiente debida a alguna acción humana y/o natural. En otros casos, también se identifica que hay un daño ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración desfavorable en el ambiente causando una disminución de los beneficios de los consumidores e incremento en los costos de los productores (Barrantes y Di Mare, 2001).

En la Figura XVIII.1, el daño ambiental viene expresado por la diferencia entre la cantidad de erosión en la situación de línea base (sin daño) con la erosión ocasionada por la acción (situación con daño).

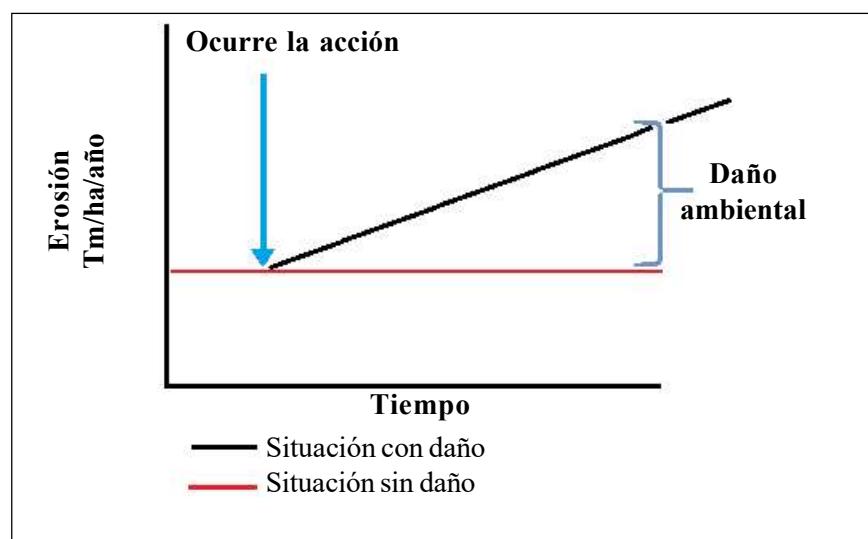


Figura XVIII.1 Representación gráfica de la definición de daño ambiental.

En este capítulo, se definirá el impacto ambiental similarmente al daño ambiental, con la diferencia que el impacto es predictivo, mientras el daño es algo que ya ocurrió.

Es decir, que tomando el ejemplo de la Figura XVIII.1, en el caso del daño, el cambio se puede observar y medir, mientras que con el impacto se predice que ése puede ser el cambio.

2 Acciones causantes de los daños y los impactos ambientales

Las acciones causantes de los daños ambientales son intervenciones que realiza el ser humano sobre el ambiente causando efectos negativos. Las acciones comunes causantes de daños ambientales (Barrantes y Di Mare, 2001), se presentan en la Figura XVIII.2.

Contaminación	Introducción de organismos exóticos	Deforestación o degradación
Quemas e incendios	Extracción de recursos naturales	Modificación del paisaje
Modificación del régimen hídrico	Uso abusivo del suelo	Construcciones de infraestructuras

Figura XVIII.2. Acciones comunes que causan daños ambientales. (**Fuente:** Barrantes y Di Mare, 2001).

- > La acción de **contaminación** ocurre cuando se introduce en los medios agua, suelo o aire, algún elemento físico, químico o biológico que altere su calidad. Por ejemplo, contaminación por vertimiento de mercurio.
- > La **introducción de organismos exóticos** es otra acción que causa daños ambientales. Por ejemplo, la introducción de la Petenia en los diferentes ríos del llano venezolano y la Tilapia en el Lago de Valencia afectaron severamente la biodiversidad en estas áreas.

- > La **deforestación** ocurre cuando se realiza un cambio de uso de la tierra, como por ejemplo de bosque a cultivos, afectando seriamente los servicios ecosistémicos del bosque. La degradación se presenta cuando a pesar de que no hay un cambio de uso de la tierra, pero en el bosque, se realizan actividades que afectan los servicios ecosistémicos del mismo. Tala para su uso como leña
- > Las **quemas e incendios** ocasionan daños debido al fuego, afectando los servicios ecosistémicos.
- > La **extracción de recursos naturales** ocasiona daños que afectan a los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, cuando se extrae agua de un cauce aguas arriba de un poblado mermando la disponibilidad del recurso hídrico para el mismo.
- > La **modificación del paisaje** se refiere a cualquier actividad que afecte la visual, estructura, armonía de un área caracterizada por poseer un singular paisaje.
- > La **modificación del régimen hídrico** corresponde a cualquier actividad que desvíe el curso natural del agua. O también, cualquier actividad que potencie el régimen de sequía o de amenaza de inundación de una zona.
- > Los **usos abusivos del suelo** se refieren a actividades que afectan primordialmente las características físicas del suelo como infiltración, compactación, potencial de erosión, entre otras.
- > Las **construcciones de infraestructuras** son actividades que pueden dar origen a otras acciones causantes de daños. Como, por ejemplo, en la construcción de carreteras se debe realizar deforestaciones, o alterar el paisaje, entre otras. Así mismo, las construcciones de infraestructuras pueden obstruir la vista de paisajes singulares.

La Ley Penal del Ambiente (REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA, 2012) tipifica diversos delitos. Entre estos están las siguientes acciones:

Delitos contra la diversidad biológica incluyen entre otros:

1. Degradación, alteración, deterioro y demás acciones capaces de causar daños a las aguas;
2. Degradación, alteración, deterioro y demás acciones capaces de causar daños a los suelos, la topografía y al paisaje;

3. Destrucción, alteración y demás acciones capaces de causar daños a la vegetación, la fauna o sus hábitats;

Delitos contra la calidad ambiental, entre los cuales se incluyen:

1. Envenenamiento, contaminación y demás acciones capaces de alterar la calidad de las aguas;
2. Envenenamiento, contaminación y demás acciones capaces de alterar la atmósfera;
3. Residuos y desechos sólidos;
4. Sustancias y materiales peligrosos;
5. Materiales radioactivos;
6. Molestias sónicas.

Las acciones causantes de los impactos ambientales son aquellas provenientes de las actividades a ejecutar en los proyectos de inversión en sus fases de construcción, operación, mantenimiento y desmantelamiento.

En términos generales son las mismas de los daños, con la diferencia que en los impactos son predictivas mientras que en los daños si ocurren verdaderamente.

3 Tipos de impactos y daños ambientales

Los tipos de impactos y de daños ambientales se clasifican de acuerdo al componente ambiental que afectan. Pastakia (1998) clasifica los impactos de acuerdo al medio físico químico (suelo, agua, aire, atmósfera, clima), medio biológico ecológico (biodiversidad, flora, fauna) y medio social cultural (cultura, costumbres, paisajes, salud, cotidianidad, ingresos, empleo, entre otros).

Según Barrantes y Di Mare (2001), los daños ambientales se clasifican en daños biofísicos y daños sociales. Los daños biofísicos o físico-naturales, se refieren al efecto directo sobre el servicio ecosistémico; por ejemplo, incremento de los niveles de mercurio en el agua por efectos de la minería.

Los daños sociales se refieren a las pérdidas sociales debida al daño biofísico. Por ejemplo, debido a la contaminación del agua, ésta no puede ser usada para el consumo humano o el riego, asimismo, los pescadores ven mermados sus ingresos por la reducción de la pesca.

Los componentes ambientales en este capítulo se van a referir a los servicios ecosistémicos.

4 Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos, SE, representan los múltiples beneficios que proveen los ecosistemas a los humanos (MEA, 2005). La Clasificación Internacional Común de los Servicios Ecosistémicos, CICES (2017) por sus siglas en inglés, los clasifica como servicios de provisión, regulación y culturales. A manera de ejemplo, la Tabla XVIII.1, muestra los SE comunes presentes en un bosque.

Los servicios de provisión son aquellos obtenidos directamente por el uso extractivo del ecosistema. Los servicios ecosistémicos de regulación son los beneficios obtenidos por las funciones que cumplen los ecosistemas y los servicios ecosistémicos culturales son los beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas que ayudan a mejorar la calidad de vida (Massiero et al., 2019).

Un aspecto fundamental para identificar y seleccionar los impactos o daños a valorar económicoamente es el estado de conservación, EC y de magnitud, y.

5 El Estado de Conservación y la Magnitud de los Impactos o del Daño Ambiental

5.1 El estado de conservación, EC.

El estado de conservación, EC, se refiere al valor del indicador o índice que se usará para identificar y posteriormente seleccionar el impacto o daño ambiental a seleccionar para valorar económicoamente (Pérez, 2019).

Este estado de conservación corresponde al valor de ese indicador o índice antes y después del impacto o daño.

Debido a que los impactos o los daños tienen diversos indicadores o índices; por ejemplo, para erosión se usa tn/ha/año y para el agua m³, una manera de poderlos comparar es expresando el EC en unidades de calidad ambiental.

La **calidad ambiental** va desde 0 a 1; siendo 0 la no deseada y 1 la deseada. De manera similar el **estado de conservación** (EC) va de 0 a 1.

Un paso fundamental es conocer cuál será el valor del indicador o índice para un EC igual 0 y cual para un EC igual 1. Tal responsabilidad recae en los especialistas, quienes deben asignar estos valores según su experiencia y estudios respectivos.

Tabla XVIII.1. Servicios ecosistémicos comunes de un bosque. **Fuente:** Pérez (2019)

Categoría de servicio ecosistémico	Tipo de SE
Provisión	Madera
	Madera para combustibles
	Productos forestales no madereros actuales
	Productos forestales no madereros prospectivo
	Recursos genéticos
	Agua
Regulación	Atrape y almacenamiento de carbono
	Regulación del clima
	Regulación de flujos de agua
	Control de la erosión del suelo y sedimentación
	Mantenimiento de la calidad del agua
	Reducción de la salinización de las tierras
Regulación	Mantenimiento de hábitats acuáticos
	Polinización
	Control de enfermedades
	Conservación de la biodiversidad
	Conservación de especies en peligro de extinción
Culturales	Servicios espirituales y religiosos
	Recreación y ecoturismo
	Belleza escénica y paisaje
	Inspiración
	Estudios e investigación
	Educación
	Sensación de placer
	Herencia cultural por prácticas de manejo ancestral de los bosques
	Preservación del idioma indígena

El EC antes del impacto será el valor de línea base que tiene el indicador o índice del SE. Así mismo, el EC antes del daño será el valor que tiene el recurso natural, expresado como un indicador o índice antes del daño. Estos valores se determinan mediante mediciones de campo primordialmente.

El EC después del impacto o del daño, será el valor del indicador o índice que tendrá el recurso natural después que ocurra la acción. Para el caso del impacto se tendrá que predecir, para el caso del daño se tendrá que medir.

Las funciones de transformación permiten normalizar los valores del EC antes y después del impacto o el daño. Estas funciones pueden ser lineales, logarítmicas, exponenciales, entre otras. Generalmente, debido a la carencia de información, se usan lineales.

Si el EC incrementa con el valor del indicador o índice se usa función lineal creciente, cuya ecuación es:

$$EC = \frac{(x-min)}{(max-min)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde x es el valor del indicador o índice antes y después y Max y Min son los valores máximos y mínimos que corresponden a una calidad ambiental de 1 y 0 respectivamente.

Si el EC decrece con el valor del indicador o índice se usa función lineal decreciente, cuya ecuación es:

$$EC = \frac{(max-x)}{(max-min)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde x es el valor del indicador antes y después y Max y Min son los valores máximos y mínimos que corresponden a una calidad ambiental de 1 y 0 respectivamente.

5.2 Magnitud de los impactos o de los daños, y

La magnitud de los impactos o de los daños, y , corresponde a la fuerza con que presenta el impacto o daño. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$y = 1-EC \quad (\text{Ecuación 3})$$

La Tabla XVIII.2 presenta un ejemplo de cálculo de EC y de magnitud, y .

De acuerdo a lo anterior, el EC cambia de 0,86 a 0,43 y la magnitud del daño correspondiente pasa de 0,14 a 0,57. En otras palabras, el estado de conservación se reduce en 0,43 (0,86-0,43) y el daño crece en 0,43 (0,57-0,14).

Estos valores son de capital importancia, pues cuando se vaya a aplicar una medida de restauración del daño o una medida de control del impacto, se debe llevar el estado de conservación de 0,43 a 0,86 y por ende la magnitud del daño de 0,57 a 0,14.

6 Identificación y selección de los impactos y los daños a valorar

6.1 Identificación de los impactos y los daños a valorar

Para identificar los impactos y los daños a valorar, se parte de la acción identificada en el punto 3, luego se realiza una matriz que tenga por el lado de las filas las acciones y por el lado de las columnas los servicios ecosistémicos, SE. En la interacción acción-SE se identifica los impactos o los daños ambientales, tal como lo presenta la Tabla 3 (Pérez, 2019).

En la Tabla XVIII.3 se observa que la acción de deforestación afecta la producción de madera y productos forestales no madereros (PFNM), trayendo sus pérdidas; así como a la reducción de la disponibilidad de agua. Por otro lado, conduce a una disminución del almacenamiento de carbono e incrementa la erosión del suelo.

6.2 Selección de los impactos o daños a valorar

Para la selección se recomienda los siguientes criterios tomados de Pastakia (1998). La Figura XVIII.3 muestra los criterios.

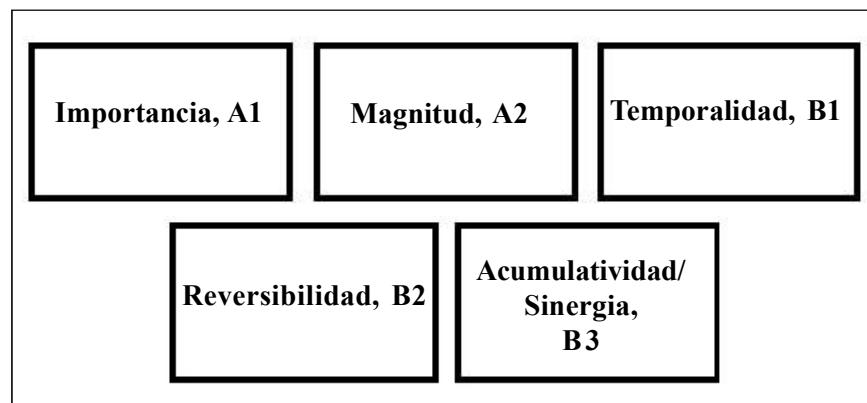


Figura XVIII.3. Criterios usados para la selección de los impactos o daños a valorar económicamente. (Fuente: Pastakia, 1998).

Tabla XVIII.2. Ejemplo de cálculo de EC y magnitud, y.

SE	Daño	Valores de EC			Cálculo de valores de EC y magnitud y			Cálculo de EC			Cálculo magnitud		
		1	0	Valores x	Después	Antes	Después	Antes	Actual	Después	Antes	Actual	
Madera	Disponibilidad de madera (m ³ /ha)	7	0	6,5	3	6	0,43	0,86	0,93	0,57	0,14	0,07	

Fuente: Pérez (2019)**Tabla XVIII.3.** Matriz para la identificación de los impactos ambientales o los daños ambientales.

Matriz para la identificación de los servicios ecosistémicos afectados												
		Provisión			Regulación			Culturales			Servicios ecosistémicos	
Acciones	Madera	PFNM	Agua	Atrapamiento de carbono	Regulación flujos de agua	Regulación de la erosión del suelo	Calidad del hábitat	Recreación y ecoturismo	Bellezas escénicas	Investigación		
Deforestación	Pérdida de madera comercial	Pérdida de PFNM	Reducción disponibilidad agua	Disminución del almacenamiento de carbono	x	Incremento de la erosión del suelo	x	x	x	x		

Fuente: Pérez (2019).

- > El **criterio de importancia** se refiere a la importancia del daño desde el punto de vista geográfico. Por ejemplo, si es de importancia local o internacional.
- > El **criterio de magnitud** corresponde a la fuerza con la que se manifiesta el daño. Alta, media, baja.
- > El **criterio de temporalidad** está asociada a la duración de la acción que causa el daño. Por ejemplo, si es temporal o permanente. Una refinería causa una contaminación permanente del aire.
- > La **reversibilidad** se refiere a si el medio donde ocurre el daño se puede recuperar por sí mismo. Es lo conocido como resiliencia. Por ejemplo, un río de montaña puede desdoblarse más fácilmente la materia orgánica y recuperarse que un río del llano.
- > La **acumulatividad - sinergia** corresponde a si en la zona hay acciones similares de daño que incrementan el mismo. La sinergia se refiere a si el daño en conjunto con otros daños del área potencia el efecto destructor.

Cada criterio tiene sus respectivos puntajes. La Tabla XVIII.4 presenta los puntajes.

Cada especialista de Servicio Ecosistémico, en una consulta de expertos, colocará el puntaje según su juicio para cada daño.

Después de tener los puntajes se usan las siguientes ecuaciones:

$$VD = (I * M) * (T+R+AS) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

V valor del impacto o daño;

I importancia;

M magnitud;

T temporalidad;

R reversibilidad y,

AS acumulatividad/ sinergia.

Por ejemplo, asuma que una acción de deforestación causa los siguientes daños:

Tabla XVIII.4. Puntajes de los criterios de selección de los impactos o daños ambientales.

Grupo	Código	Criterio	Medición	Escala de Valores	Puntaje
Grupo A	A1	Importancia	Mide el alcance espacial del cambio	De importancia nacional / interés internacional	4
				De importancia regional / interés Nacional	3
				Importancia para áreas inmediatas fuera de las condiciones locales	2
				Importancia solo para la condición local	1
				Sin importancia	0
Grupo A	A2	Magnitud	Mide la fuerza del impacto	Mayor beneficio positivo	3
				Mejora significativamente del statu quo	2
				Mejora en el statu quo	1
				Sin cambios	0
				Permanente	3
Grupo B	B1	Permanencia	Criterio de tiempo	Temporal	2
				Sin cambios/No aplica	1
				Irreversible	3
	B2	Reversibilidad	Resilencia	Reversible	2
				Sin cambios / No aplica	1
	B3	Acumulatividad/ Sinergia	Actuación del impacto con otros impactos y/o acumulación por la presencia de otras actividades en el área con el mismo impacto	Acumulativo / Sinérgico	3
				No acumulativo / Simple	2
				Sin cambios / No aplica	1

Fuente: Pastakia, 1998.

- > Reducción de la disponibilidad de agua superficial para la población X.
- > Pérdida de madera como combustible para las poblaciones indígenas de la zona.

Suponga que los valores asignados a los criterios por los especialistas son:

- > Para el primer daño: I = 2; M = -3; T = 2; R = 3 y AS = 3 y,
- > Para el segundo daño: I = 1; M = -3; T = 2; R = 2 y AS = 3.

Entonces, el valor del impacto o daño, para el primero es -48 y para el segundo -21. Con esto, selecciona entre los dos, al primero.

Conociendo cuales impactos o daños se van a valorar, entonces se procede con su valoración económica.

7 Valoración económica de impactos ambientales

La valoración económica de los impactos ambientales permite colocar valor monetario a los mismos, con la finalidad primordial de ayudar a la toma de decisiones sobre la viabilidad económica ambiental de los proyectos.

En los estudios de impacto ambiental, cuando se calcula el costo de las medidas de control ambiental, ya se inicia la valoración económica de los impactos ambientales. Sin embargo, la mayoría de las veces, las medidas de control ambiental son de mitigación, quedando parte de los impactos como futuros pasivos ambientales, del cual no se conoce su valor. Por otro lado, el costo de las medidas de compensación no refleja el verdadero valor del impacto ambiental.

En tal sentido, identificar, seleccionar y describir los diferentes métodos para valorar económicamente los impactos ambientales debe ser reseñado como un paso fundamental para ejecutar la valoración económica de los impactos ambientales.

En este orden de ideas, a continuación, se presenta de manera resumida como se realiza la identificación y selección de los métodos de valoración de los impactos ambientales; así como una breve descripción de los mismos.

7.1 Identificación y selección de los métodos de valoración económica de los impactos ambientales

Para identificar y seleccionar las técnicas de valoración económica de los impactos de los proyectos de desarrollo, se debe tener en cuenta:

- > El Servicio ecosistémico, SE, a valorar al cual pertenece el impacto.
- > El tipo de valor del SE (uso, no uso, opción) al cual pertenece el impacto.
- > El propósito de la valoración económica del impacto.
- > La disponibilidad y facilidad de acceso a los datos necesarios.
- > Calidad de los datos.
- > Limitaciones técnicas, tiempo y presupuesto.

Valorar los impactos de los proyectos de desarrollo significa conocer la Disposición a Pagar (DAP) por el servicio ecosistémico al cual pertenece el impacto. Es decir, cuánto se está dispuesto a pagar por la mejora de la regulación del clima, por ejemplo. La valoración es el proceso de atribuir un valor económico a los impactos del proyecto de desarrollo.

Los servicios ecosistémicos y sus impactos tienen diferentes valores que, al unirse, conforman el valor económico total (VET). La Figura 4, presenta las diferentes divisiones del VET (WORLD BANK, 1998; Dixon, 2012; Mavasar y Varela, 2014).

El valor de uso directo corresponde a la DAP por el uso directo del recurso. Este puede ser extractivo como la madera, por ejemplo y no extractivo como la recreación. El valor de uso indirecto se refiere a los beneficios derivados de la función que cumple el ecosistema sin tener directa interacción con éste. Por ejemplo, protección de la cuenca, purificación del agua, polinización, secuestro y almacenamiento de carbono, protección contra amenazas naturales, entre otros.

El valor de opción representa el valor que tiene el recurso natural por la opción de usarse o no en el futuro. En caso de potencialmente usarse, directa o indirectamente, se refiere a valor de cuasiopción. Un ejemplo de ello es la DAP por la conservación de la biodiversidad, ya que de la misma se puede extraer una medicina en el futuro para combatir algunas enfermedades.

Asimismo, el valor de no uso corresponde a la DAP por el recurso así nunca se vaya a usar. Entretanto, el valor de existencia es la DAP por el recurso solo por el hecho de existir, por ejemplo, la DAP por la conservación de animales en peligro de extinción. Por otra parte, el valor de legado es la DAP por el recurso porque se quiere dejar el mismo para las generaciones futuras, por ejemplo, la DAP por una belleza escénica que se quiere conservar para el disfrute de las generaciones futuras.

La Figura XVIII.5 muestra un ejemplo de los SE presentes en la Reserva Forestal de Imataca, RFI clasificados según sus valores (Pérez, 2019).

Otros elementos para identificar y seleccionar las técnicas de valoración de los impactos de los proyectos de desarrollo son los diferentes propósitos generales de valorar económicamente los SE y sus respectivos impactos. Massiero et al (2019), cita a Berghofer et al (2015), para reseñar estos propósitos:

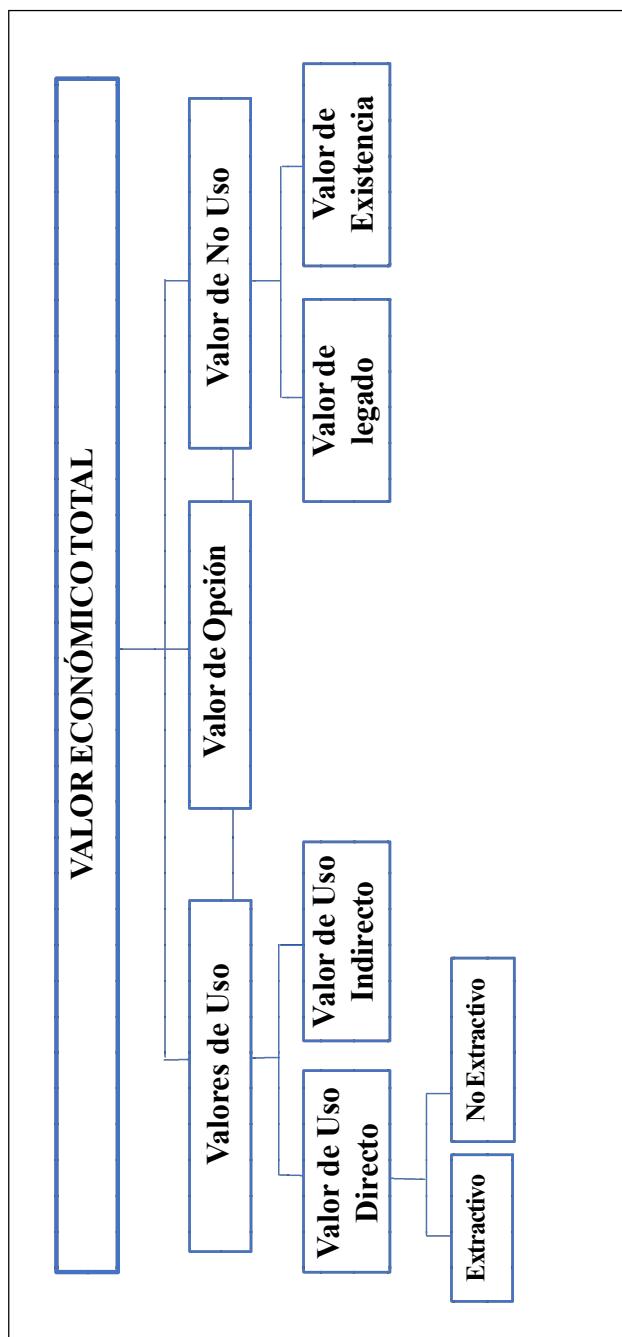


Figura XVIII.4. Valor económico total de los SE. (Fuente Mavas y Varela , 2014).

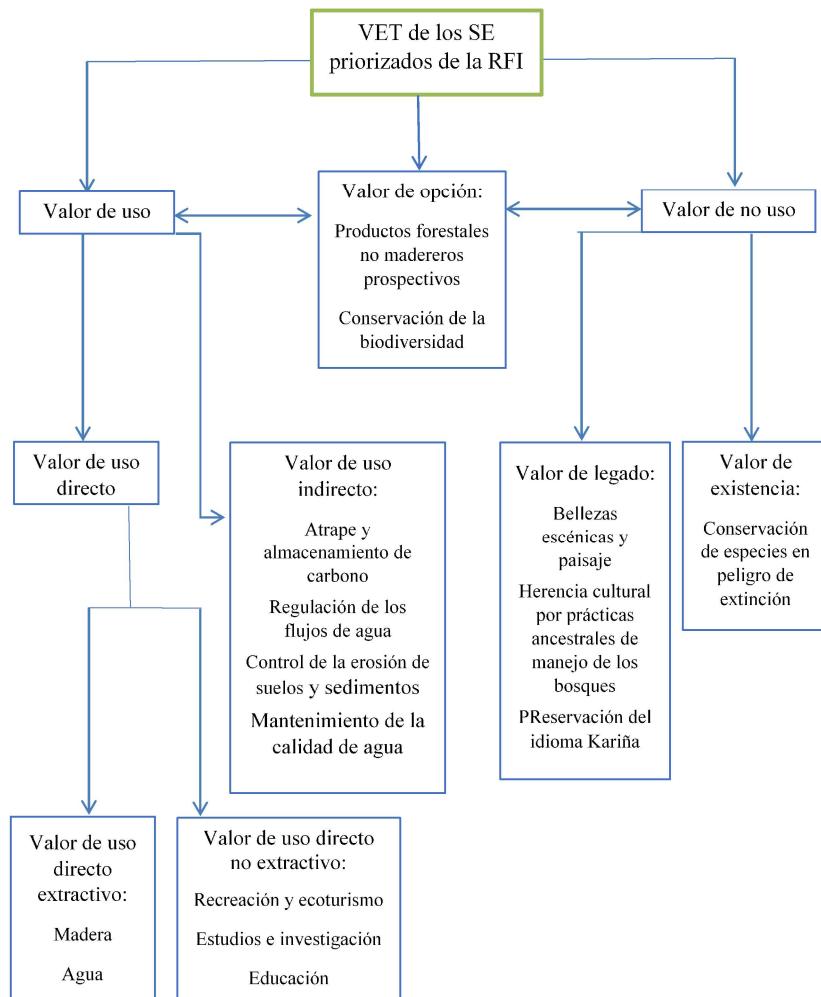


Figura XVIII.5. SE y sus valores de la Reserva Forestal Imataca. (**Fuente:** Pérez, 2019).

- > Comparar diferentes alternativas de proyectos de desarrollo.
- > Identificar oportunidades de sustento, desarrollo y de inversión en una zona al obtener beneficios económicos.
- > Diseñar instrumentos económicos ambientales de políticas incluyendo incentivos, regulaciones, monitoreo y control.

- > Identificar el estado actual de los SE en un dado contexto, cuáles son sus valores y usuarios involucrados; es decir, analizar la situación actual de los SE y sus valores.
- > Incrementar la conciencia ambiental que pudiera conducir a recomendaciones de opciones de políticas de conservación.
- > Ayudar a resolver conflictos ambientales.
- > Valorar y evaluar los impactos de cambios de política sobre un área. Por ejemplo, valorar y evaluar cambios de política de uso de la tierra.
- > Determinar la viabilidad económica del proyecto de desarrollo.

MINAMBIENTE (2018), realiza algunas recomendaciones para identificar las técnicas de valoración:

1. **Caracterizar el problema de interés:** es uno de los pasos más importantes, donde se debe establecer de forma concreta qué se quiere valorar, y por qué. Si no se tiene claridad sobre lo que se quiere hacer y para qué, la valoración estará mal diseñada y por consiguiente los resultados no serán adecuados.
2. **Identificar el objetivo:** al igual que el punto anterior, es fundamental entender para qué se requiere la valoración económica; por ejemplo, si se trata de diseñar una política, evaluar alternativas de proyectos, establecer una compensación, diseñar un incentivo, cuantificar los costos de la degradación ambiental, entre otros. En cada caso, el diseño y la forma de utilizar las metodologías de valoración serán diferentes.
3. **Definir el ámbito de aplicación:** esto significa identificar geográficamente el territorio, la zona o el lugar donde se quiere aplicar la metodología, para delimitar claramente el sitio de interés y definir la escala espacial.
4. **Identificar y priorizar los servicios ecosistémicos:** en vista de que la aplicación de las metodologías de valoración es un proceso costoso, no solo en dinero, sino en tiempo, y que requiere de información específica; se deberán priorizar los servicios ecosistémicos a analizar, según la necesidad y el problema definido al inicio.
5. **Identificar y caracterizar la población involucrada:** junto con la identificación y priorización de los servicios ecosistémicos, se debe

identificar y caracterizar a la población que depende de éstos o se ve beneficiada o afectada por un cambio en los mismos. En este punto es necesario aclarar qué grupos, individuos, empresas y entidades deben ser involucrados. Algunos de los criterios para identificar y priorizar a los actores interesados tienen que ver con quién gestiona, regula, depende o impacta los servicios ecosistémicos en el lugar donde se aplicará la metodología para evaluar la distribución de costos y beneficios entre los diversos grupos.

6. **Encontrar la relación más idónea entre los servicios ecosistémicos y los cambios en bienestar de la población:** con la población afectada delimitada y caracterizada, es fundamental entender la forma en que los cambios o las alteraciones en los servicios ecosistémicos los afectan en su calidad de vida. Para esto, se recomienda la aplicación de metodologías de análisis multicriterio, con participación de la misma población interesada de la zona de estudio. Esta información es fundamental para seleccionar la metodología de valoración más adecuada para cuantificar el efecto sobre el bienestar que generará el cambio en los servicios ecosistémicos y diseñar el estudio.

Adicionalmente, se debe considerar el hecho de que algunos segmentos poblacionales tienen una fuerte dependencia de los servicios ecosistémicos y que, en caso de degradación o pérdida de estos, podrían tener pocas opciones o fuentes de respaldo. Si los impactos y costos afectan de manera desproporcionada a mujeres, campesinos, indígenas, afrodescendientes y, en general, a la población vulnerable, es necesario tener en cuenta las consideraciones especiales aplicables en cada caso.

Para la selección de la técnica de valoración se sugieren los siguientes pasos (MINAMBIENTE, 2018):

1. **Establecer la necesidad de estimar valores de uso o valores de no uso:** en este paso se deben estimar los valores que dan cuenta del tipo de relacionamiento que las personas tienen con su entorno natural y con los servicios ecosistémicos. Dependiendo del objetivo planteado para la aplicación de la herramienta, se identificará qué tipo de valor de uso o de no uso es necesario estimar por ser el afectado por el impacto ambiental. Esta identificación hace que la aplicación de la valoración económica ambiental resulte eficiente frente al problema o situación planteada y su resultado sea de fácil interpretación.

2. **Seleccionar la metodología de valoración más adecuada:** con toda la información obtenida en el ejercicio de caracterización de la primera fase, se debe seleccionar la metodología de valoración más adecuada para ser aplicada en cada caso, de acuerdo con los requerimientos y supuestos que tiene cada una, y a las condiciones propias del estudio que se esté realizando.
3. **Conseguir la mejor información disponible y evaluar su calidad:** los diversos métodos estiman diferentes medidas para lograr un valor económico (disponibilidad a pagar, excedente del consumidor, entre otras), de manera que la información a obtener debe ser consistente con el método seleccionado. Existen diversas fuentes de información con las que se pueden aplicar los métodos; sin embargo, es necesario evaluar su calidad en cuanto a rigurosidad de la estimación de las muestras, la confiabilidad de las fuentes, la continuidad de las series de datos, entre otras. La idea principal de este paso es que, logrando información de calidad, se obtengan estimaciones de calidad y, finalmente, útiles para el objetivo de la aplicación de la valoración económica del impacto ambiental.

7.2 Descripción de las técnicas de valoración económica de los impactos ambientales

Muchos autores clasifican de manera diferente las técnicas de valoración económica de SE, las cuales son las mismas para valorar los impactos ambientales de los proyectos de desarrollo; a continuación, se realiza un resumen de algunas clasificaciones seleccionadas:

Massiero et al (2019) clasifica a las técnicas de valoración de los SE que no tienen precios en el mercado mostrado en la Figura XVIII.6.

MINAMBIENTE (2018) clasifica las técnicas de valoración según lo muestra la Figura XVIII.7.

MINAM (2015) muestra los métodos de valoración económica según lo presenta la Figura XVIII.8.

PACHA (2014) clasifica los métodos de valoración económica según lo muestra la Figura XVIII.9.

FREEMAN III y otros (2014) mencionan algunos métodos para valorar los servicios ecosistémicos que pueden ser usadas para valorar los impactos

Enfoques que usan valores de mercados relacionados	Enfoques que usan curvas de demanda	Transferencia de beneficios
<p>A través de los beneficios: costos de oportunidad y funciones de producción.</p> <p>A través de los costos: costos de reemplazo; costos de bienes substitutos; gastos defensivos y costos de seguros y daños.</p>	<p>> Métodos indirectos (preferencias reveladas): precios hedónicos y método del costo de viaje.</p> <p>> Métodos directos (preferencias declaradas): valoración contingente y métodos de selección (experimentos de selección)</p>	<p>>Transferencia de valor unitario.</p> <p>>Transferencia de función.</p> <p>>Metanálisis</p>

Figura XVIII.6. Clasificación de las técnicas de valoración de los SE. **Fuente:** Massiero et al (2019).

Métodos de preferencias reveladas	Métodos de preferencias declaradas	Transferencias de beneficios
<ul style="list-style-type: none"> > Costo de viaje > Precios hedónicos: propiedades y salarios. > Costos evitados o inducidos: cambios en la productividad; costos de producción y costos en salud. > Gastos actuales potenciales: gastos de prevención, restauración y reemplazo; gastos defensivos y proyectos sombra. 	<ul style="list-style-type: none"> > Valoración contingente > Experimentos de elección y valoración conjoint. 	<ul style="list-style-type: none"> > Transferencia de valor unitario. > Transferencia de función. > Metanálisis.

Figura XVIII.7. Clasificación de las metodologías de valoración de los SE. (**Fuente:** MINAMBIENTE, 2018).

ambientales. Entre estos: cambio de productividad, costos de viaje, costos de reemplazo, precios hedónicos, valoración contingente, experimentos de elección y daños evitados.

Existen muchas otras publicaciones de diferentes autores que tienen identificados los métodos de valoración económica de los SE y por ende los impactos ambientales. La mayoría, si no todos, presentan los mismos métodos anteriormente mencionados.

Métodos basados en valores de mercado	Métodos basados en preferencias reveladas	Métodos basados en preferencias declaradas	Transferencia de beneficios
Precios de mercado	Cambios en la productividad Costos de viaje Precios hedónicos Costos evitados	Valoración contingente Experimentos de elección	Transferencia de valor unitario Transferencia de función Metanálisis

Figura XVIII.8. Métodos de valoración económica de SE. Fuente: MINAM (2015)

Con valor de mercado	Sin valor de mercado
> Precio de mercado > Costo evitado > Costo de reemplazo	> Precios hedónicos > Costo de viaje > Valoración contingente > Modelo de elección > Transferencia de beneficios > Los que poseen un potencial para brindar valores de usos futuros: valor presente neto.

Figura XVIII.9. Métodos de valoración económica de SE. (**Fuente:** Pacha, 2014).

A continuación, se ofrece una descripción resumida de cada una de las metodologías para valorar los servicios ecosistémicos y por ende los impactos relacionados de los proyectos de desarrollo. La descripción es tomada de MINAMBIENTE (2018).

1) Costo de Viaje

Este método es usado para estimar los valores de uso asociados con los ecosistemas o sitios de recreación, turismo y esparcimiento. Es decir, sirve para valorar impactos relacionados con sitios de recreación y turismo. La idea básica consiste en utilizar la información relacionada con todos los gastos en que incurre un individuo o una familia para visitar y disfrutar de un espacio natural específico. Estos gastos no sólo incluyen los costos del viaje

en sí, sino el alojamiento, el costo de oportunidad del tiempo que se deja de trabajar, los gastos directos hechos en el sitio, entre otros.

La aplicación de este método se puede realizar a través de una aproximación zonal, en la que se usa información secundaria y alguna información recolectada de los visitantes; o una aproximación individual, en la que se usa información primaria de los visitantes.

La metodología de costos de viaje zonal se usa para estimar el valor de los servicios recreacionales de un sitio en su totalidad, y no es comúnmente usada para la valoración de cambios en la calidad de un sitio, ya que no tiene en cuenta determinantes importantes del valor; por su parte, la metodología enfocada en el costo de viaje individual se parece a la zonal, pero se usa información tomada directamente de cada visitante a través de encuestas, en vez de datos de cada zona. Los resultados de este enfoque son mucho más precisos.

El uso de este método permite estimar el valor económico asociado a: cambios en los costos de acceso para un sitio recreacional, eliminación de un sitio recreacional existente, adición de un nuevo sitio de recreación o cambios en la calidad ambiental de un sitio recreacional.

2) Precios Hedónicos

Los métodos de precios hedónicos buscan valorar económicamente los cambios en los servicios ecosistémicos a partir de la información disponible sobre los precios en mercados asociados, bajo el supuesto que dicho precio depende de las características de los bienes y servicios. Para valorar impactos de proyectos de desarrollo, se usan los precios hedónicos de propiedades.

3) Precios Hedónicos (propiedades)

A través de este método se busca estimar el bienestar derivado de las características ambientales de un ecosistema determinado que influyen de manera directa en los precios de mercado de un bien. Este método se usa principalmente para valorar las características ambientales que afectan los precios de las propiedades inmuebles. La teoría económica detrás del método se basa en que el precio de los bienes que se transan en el mercado depende directamente de las características del producto. Por ejemplo, el precio de una casa depende del tamaño, número de habitaciones, vecindario, distancia al centro comercial, distancia a los colegios públicos, entre otros; por lo tanto, es posible valorar las características de un bien basán-

se en cuánto la gente está dispuesta a pagar por el bien cuando sus características cambian.

Con este método se estima el valor marginal de un servicio ecosistémico o una característica ambiental para un grupo de personas en particular (los compradores del bien o los residentes de un área específica). Al momento de relacionar las características ambientales con el valor de un bien, manteniendo las características no ambientales constantes, cualquier diferencia en el precio puede ser atribuido a las diferencias en la calidad del medio ambiente. El cambio en el precio del bien como consecuencia del cambio marginal en la característica ambiental se le denomina el precio hedónico.

4) Cambios en la productividad (función de producción)

El valor de los recursos naturales puede ser monetizado con base en el valor que tienen en la función de producción de un bien que sí tiene mercado. La producción de cualquier bien depende de la articulación y uso de una cantidad específica de ciertos factores de producción, en los que se encuentran los típicos factores como la tierra, el capital, la mano de obra, pero que también interactúan con factores como los recursos naturales o insumos ambientales. Por ejemplo, para la generación de una tonelada de papa es necesaria para su producción una cantidad de tierra, una cantidad de trabajo, herramientas, etc., y muchas veces no son tomados en cuenta aquellos factores que también influyen en la producción como los nutrientes del suelo, el agua utilizada de los ríos, etc. Con este método, la cantidad de un bien que se transa en el mercado y por consiguiente su precio, depende no sólo de los típicos factores de producción sino también de recursos naturales, como el agua, los nutrientes, entre otros, que pueden ser valorados según sea su aporte marginal a la producción final del bien transable. Con el uso de este método se estima el valor marginal del servicio ecosistémico respecto de la producción. Este corresponde únicamente al valor de uso de este.

El principal supuesto de este método es que los servicios ecosistémicos, y por ende los impactos, constituyen factores de producción indispensables para producir el bien final y además pueden ser cuantificables. Esto permite que al momento de hacer cambios marginales en la «cantidad» o calidad del recurso usado, se generen cambios en los costos de producción o productividad de los otros insumos. Esta metodología se usa únicamente cuando existen productos o servicios ecosistémicos que son usados, junto con otros insumos, en la producción de un bien mercadeable.

5) Costos de producción (función de costos producción)

El método de costos de producción se relaciona íntimamente con el método de cambios en la productividad, con la diferencia de que lo que se calcula no son los efectos del cambio en la calidad del parámetro ambiental sobre la productividad, sino sobre los costos de producción. El objetivo del método es estimar el cambio marginal que genera sobre los costos de producción de un bien o un servicio la variación del parámetro ambiental que se desea valorar.

6) Costos en salud (función de utilidad, costo de enfermedades)

Los cambios ambientales pueden afectar la salud de las personas en una amplia variedad de formas. Por ejemplo, cambios en la frecuencia de la enfermedad, incremento en la presencia de síntomas, aumento en el riesgo de contraer una enfermedad, muerte prematura, entre otros. Asimismo, pueden presentarse efectos positivos sobre la disminución del riesgo de contraer una enfermedad, o aumentar la expectativa de vida de la población. Desde la perspectiva económica, la salud constituye un insumo necesario para que las familias puedan ofrecer su trabajo en el mercado.

Cabe aclarar que la utilidad de las familias no solo se ve impactada por las afectaciones sobre la salud; no obstante, el impacto sobre la salud es de los más propensos a ser valorados a través de métodos basados en costos evitados o inducidos. Para aproximarse al valor económico total de las variaciones en el bienestar de las familias, se debe recurrir a una amplia gama de métodos, sin que exista un único método que permita valorar integralmente dichas variaciones.

La valoración de la morbilidad a través del enfoque de costo de la enfermedad estima la variación de los gastos incurridos por los individuos como resultado de un cambio en la incidencia de una enfermedad en particular. Tanto los costos directos (por ejemplo, los costos de las visitas al médico, los costos de tratamiento, etc.), como los costos indirectos (por ejemplo, salarios), se incluyen en la estimación.

El enfoque de capital humano relaciona los cambios en la productividad de los seres humanos, ocasionados por la muerte prematura o por el incremento de la expectativa de vida de las personas. Las estimaciones del valor se obtienen mediante el cálculo del valor presente, descontado de las ganancias de por vida de un individuo, para el caso de muerte prematura. Los supuestos que maneja este enfoque son: a) el valor de un individuo es lo que produce y, b) la productividad de un individuo está basada en sus ganancias.

La valoración de los costos de la enfermedad y el capital humano, relacionados con la contaminación ambiental (aire, agua, suelo), requiere información de la función de daño implícita (relacionada con la función dosis-respuesta), la cual relaciona el nivel de contaminación (exposición) con el grado de efectos en salud (respuesta).

7) Costos de prevención, restauración y reemplazo

Los métodos de gastos de prevención, restauración y reemplazo parten del supuesto de que es posible medir los gastos incurridos para reponer o reemplazar los daños en activos generados por las actividades antrópicas. Estos gastos pueden ser interpretados como una estimación de la pérdida de bienestar generada por la pérdida de calidad en los parámetros ambientales, debido a que para que la sociedad esté dispuesta a asumirlos, el valor económico de los servicios ecosistémicos debe ser, por lo menos, igual al valor de dichos gastos.

Debido a las limitaciones de este supuesto, es importante señalar que los métodos basados en gastos no proporcionan una medida técnicamente correcta del valor económico; sin embargo, son una aproximación útil cuando no se requiere una valoración exhaustiva o se disponen de recursos escasos.

Una técnica muy usada en los costos de prevención, restauración y reemplazo, para seleccionar entre alternativas de proyectos de desarrollo es la de costo eficiencia.

La técnica de costo eficiencia es la que en muchos textos denominan técnica del costo mínimo. En esta técnica se fija un objetivo ambiental fijo a alcanzar, por ejemplo, la reducción anual de emisiones de carbono por el bosque, y se estima el costo de varias alternativas de tecnologías en el bosque para lograr dicho objetivo.

Para aplicar la técnica se ejecutan los siguientes pasos:

1. Fijar el objetivo a lograr.
2. Formular varias medidas alternativas para lograr el objetivo.
3. Calcular los costos de inversión, operación, mantenimiento y administración de cada alternativa.
4. Estimar el Valor Presente de los Costos, VPC, y el Costo Anual Equivalente, CAE, para cada alternativa.

5. Dividir el CAE de cada alternativa entre el objetivo fijo a alcanzar.
Esto será el costo eficiencia de la alternativa.
6. Seleccionar el mejor costo eficiencia representado por la menor de ellas.
7. Esta seleccionada representará el valor del SE.

Por ejemplo, un proyecto de reforestación con varias alternativas de material vegetal para almacenar carbono. Además de los costos del proyecto, se debe estimar la cantidad de carbono que cada una atrapa y almacena. La que tenga menor CAE dividido entre la cantidad de carbono que atrapa y almacena anualmente cada alternativa es la mejor.

8) Costos Defensivos

Conceptualmente, el método de gastos defensivos es similar al de gastos de prevención, restauración y reemplazo; no obstante, su objetivo, a diferencia de los anteriores, es estimar los gastos necesarios para la mitigación del daño. Debido a que las actividades de mitigación no garantizan que el bienestar social sea completamente restaurado a su línea base, este método debe incluir la generación de una adicionalidad, correspondiente con las pérdidas residuales de bienestar que persisten una vez realizadas las actividades de mitigación.

9) Proyectos Sombra

Este método es una variante de los métodos presentados anteriormente, ya que, al igual que estos, busca estimar los gastos de prevenir, restaurar, reemplazar o mitigar todo un conjunto de servicios ambientales que se vean afectados por el desarrollo de actividades de origen antrópico. Su particularidad consiste en que la valoración de dichos gastos se realiza mediante el costo de un proyecto, real o hipotético, cuyo objetivo sea adelantar las medidas de manejo respectivas.

De esta manera, a través del método de proyectos sombra se busca determinar los costos totales de los potenciales proyectos que prevengan, restauren, reemplacen o mitiguen un conjunto de recursos naturales y servicios ambientales, con el fin de utilizar dicho costo como una aproximación al valor de la pérdida de bienestar generada por una afectación sobre los recursos naturales o los servicios ecosistémicos.

10) Valoración Contingente

El método de valoración contingente estima los cambios en el bienestar de las personas producto de cambios hipotéticos (contingentes) en un recur-

so natural o servicio ecosistémico, mediante el uso de preguntas directas sobre su disponibilidad a pagar por evitar un cambio que las beneficie, o su disponibilidad a aceptar un cambio que las perjudique.

La fuente de información de este método son encuestas en las que se describe un escenario hipotético de cambio de alguna situación específica respecto a un servicio ecosistémico (o a algún elemento del ecosistema), y donde se dejan claros los beneficios e impactos negativos que se pueden presentar por el cambio. De igual manera, en la encuesta se plantean las posibilidades de disponibilidad a pagar o disponibilidad a aceptar a través de mecanismos como pregunta abierta o rangos de valores, entre otros.

11) Experimentos de elección y valoración *Conjoint*

Los experimentos de elección y la valoración *conjoint* (análisis conjunto) buscan identificar el valor que le asignan las personas a diferentes atributos de un bien o de un servicio, a través de la comparación de escenarios alternativos a los cuales se les puede asociar una disponibilidad a pagar o a aceptar, mediante el procesamiento de las preferencias expresadas por los individuos en experimentos.

Son métodos de preferencias declaradas similar a la valoración contingente, sin embargo, en los métodos de experimentos de elección y valoración *conjoint* o análisis conjunto no se pide directamente a las personas que expresen su disponibilidad a pagar o a aceptar; sino que dichas disposiciones son deducidas a partir del ordenamiento de sus preferencias (más preferido o menos preferido).

Una ventaja que tienen los experimentos de elección y la valoración *conjoint* (análisis conjunto), es que generan oportunidades para determinar compensaciones (*trade-offs*) entre condiciones ambientales a través del énfasis que tiene en revelar la estructura de preferencias de los individuos y no sólo en el valor monetario de su disposición a pagar o disposición a aceptar. Esto es especialmente importante cuando se busca valorar ecosistemas que proveen una multitud de bienes y servicios de forma conjunta. Además, estas metodologías reflejan más razonablemente el tipo de elección multiatributo que la elección unidimensional de la valoración contingente.

12) Transferencia de Beneficios

La transferencia de beneficios no es un método de valoración como tal; sin embargo, permite utilizar los resultados de la valoración económica ambiental de un caso previo, con el objetivo de valorar un bien o servicio de interés en otro caso. Bajo esta técnica, los valores que se obtienen depen-

den de la metodología que se utilizó en el estudio de valoración de base. Por ejemplo, si se están transfiriendo los valores de una valoración contingente, los resultados se acercarán al valor económico total. La trasferencia de beneficios puede utilizar como referencia uno o más estudios, a partir de promedios de varios resultados anteriores y ajustando con funciones de metáregresiones los valores al caso específico.

Para obtener valores confiables y representativos se requiere que el estudio de base utilizado sea de muy buena calidad en términos de la robustez de los modelos econométricos y sus resultados, así como en la robustez de la información utilizada; que el bien o servicio ecosistémico evaluado sea el mismo que se quiere valorar en el nuevo estudio y las condiciones socioeconómicas y ambientales sean comparables entre ambos casos.

8 Valoración económica de los daños ambientales

Aunado a las metodologías anteriormente identificadas y descritas, para la valoración económica de los daños ambientales se recomienda la propuesta por Barrantes y Di Mare (2001). La Figura XVIII.10 presenta la metodología.

Para el daño biofísico, se calcula el valor del daño ambiental mediante los costos de restauración.

Para estimar los daños sociales se usan métodos directos y métodos indirectos. Los métodos directos se dividen en:

- > Costo de pérdidas de materias primas y/o bienes de consumo final.
- > Costos de protección y seguridad de abastecimiento de bienes y servicios finales.
- > Otros (salud, esparcimiento, entre otros)
- > Costo de extracción.

Los costos de pérdidas de materias primas se refieren a lo que deja de percibir la sociedad debido al daño, como, por ejemplo, las pérdidas de madera para fabricar muebles.

Los costos de bienes de consumo final corresponden a las pérdidas de ingreso, por ejemplo, al no poder pescar en los ríos pues están contaminados. O los costos por no poder usar leña para combustible.

Los costos de protección y seguridad de abastecimiento de bienes y servicios finales corresponden a:

Daño biofísico	Métodos directos basados en los beneficios perdidos por la sociedad	Daño Social	Método indirecto basado en el cambio del estado de conservación
<ul style="list-style-type: none"> • Costos de corrección (restauración total del SE afectado) • Costos de mitigación (restauración parcial del SE afectado) 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de pérdidas de materias primas y/o bienes de consumo final. • Costos de protección y seguridad de abastecimiento de bienes y servicios finales. • Otros (salud, esparcimiento, etc.) • Costo de extracción. 		<ul style="list-style-type: none"> • Particularmente útil en sitios donde no hay población cercana o la cuantificación de los beneficios es marginal en relación con los usos actuales o para tener una primera aproximación del costo de los beneficios perdidos.

Figura XVIII.10. Métodos de valoración de daños ambientales. (**Fuente:** Barrantes y Di Mare, 2001).

- > Los costos necesarios que se debe incurrir para minimizar el riesgo a desastres naturales. Por ejemplo, el costo de construcción, operación y mantenimiento de un dique de protección contra inundaciones.
- > Los costos de medidas sustitutivas para garantizar el flujo de bienes y servicios que se dejarán de percibir por la alteración del recurso natural, al nivel que se encontraba antes de la afectación del recurso. Por ejemplo, los costos de comprar agua embotellada para beber debido a que la fuente de agua está contaminada. O los costos de proveer agua mediante camiones cisternas debido a la contaminación del río.

Otros costos pueden ser:

- > Costos de salud: corresponden con los gastos que hay que realizar por los problemas de salud creados por el daño ambiental. Estos costos pueden ser gastos en consultas médicas, medicinas, hospitalización y días perdidos de trabajo.
- > Costos de esparcimiento: se refieren a los gastos que hay que realizar para trasladarse a otro sitio de esparcimiento debido a que el que se utiliza normalmente está contaminado. Por ejemplo, los gastos de ir a otro sitio de un río que se usa para esparcimiento debido a que el sitio habitual está contaminado

Los costos de extracción se refieren al valor del recurso natural que es extraído durante la acción del daño. Por ejemplo, el valor de la madera extraída durante la deforestación.

Si la información cuantitativa sobre los beneficios perdidos no estuviera disponible, es necesario acudir a medios indirectos, que, para el caso presente, se propone el uso del cambio en el estado de conservación y el costo total de restauración de los recursos. Este método es particularmente útil en sitios donde no hay población cercana o la cuantificación de los beneficios es marginal en relación con los usos actuales.

El indicador económico usado para calcular los costos económicos de los daños es el Valor Presente de los Costos, VPC o Valor Actual de los Costos, VAC (Pérez, 2019). La ecuación es:

$$VPC = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} + I_0 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

t: son cada uno de los años de costos.

n: es el tiempo requerido de la medida para corregir o mitigar el daño;

C_t: son los costos en cada uno de los años de la medida;

i: es la tasa de descuento o actualización para traer valores futuros al presente, generalmente 12% en Venezuela y,

I₀: si se realiza una inversión de la medida en el año 0.

En caso de que quiera presentar el VPC por años, se usa el Costo Anual Equivalente, CAE. Así, las ecuaciones a utilizar son:

$$CAE = VPC * FRC \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde

FRC es el Factor de Recuperación de Capital, reseñado como:

$$FRC = \frac{(1+r)^N * i}{(1+r)^N - 1} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

N: es el número de años para lo cual se va a calcular el CAE, generalmente se toma como n;

r: corresponde a la tasa que se quiere usar para el cálculo de CAE, generalmente se toma como i.

A continuación, se expone un ejemplo sencillo de aplicación.

Suponga que ocurrió una acción de contaminación de un río por petróleo debido a la ruptura de un oleoducto. Los costos de limpieza (restauración) del río se incurrirán en 3 años. En el año 0 (presente) USD 5 000, en el año 1 USD 3 000 y en el año 2 USD 1 000. La tasa de descuento es 12% anual.

El costo de restauración será USD 8 475,80 proveniente de la ecuación:

$$\frac{5000}{(1+0,12)^0} + \frac{3000}{(1+0,12)^1} + \frac{1000}{(1+0,12)^2}$$

Asuma que los pescadores que hacen uso del río tienen una pérdida social de ingreso de USD 7 000 en el año 0, USD 3 000 en el año 1 y USD 250 en el año 2 que es cuando está casi restaurado el río. El costo social directo será USD 9 877,9 proveniente de la operación:

$$\frac{7000}{(1+0,12)^0} + \frac{3000}{(1+0,12)^1} + \frac{250}{(1+0,12)^2}$$

Suponga que no conoce los costos sociales directos y tiene que determinar el daño social de manera indirecta. Para tal fin asuma que en el año 0 debido a la restauración la magnitud del daño es 0,6; que el año 1 se reduce a 0,4 y que en el año 1 se reduce a 0,01. Es decir que el estado de conservación en el año en el año 0 es 0,4; en el año 1 es 0,6 y en el año 2 es 0,99.

Con la siguiente expresión calcula el costo social indirecto:

$$\frac{5000}{(1+0,12)^0*0,4} + \frac{3000}{(1+0,12)^1*0,6} + \frac{1000}{(1+0,12)^2*0,99}$$

El cual resulta ser USD 17 769,50 como costo social determinado de manera indirecta.

El costo total del daño será USD 18 353,60 ($8\ 475,80 + 9\ 877,90$) si se usa el costo social directo o USD 26 245,30 ($8\ 475,80 + 17\ 769,50$) si se usa el costo social indirecto.

BIBLIOGRAFÍA

BARRANTES, G. y M. DI MARE

2001. *Metodología para la evaluación económica de daños ambientales en Costa Rica*. Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS).

CICES

2017. *CICES structure*. (Disponible en: <https://cices.eu/cices-structure/>). Acceso: 17 de junio de 2019.

DIXON, J.

2012. *Economic cost benefits analysis of projects environmental impacts and mitigation measures. Implementation guidelines. Environmental safeguards unit*. Technical note number IDB-TN-428. Interamerican Development Bank. USA.

FREEMAN III, M., J. HERRIGES AND C. KLING

2014. *The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods*. Washington DC, USA. Resources for the Future. Third Edition.

MASIERO, M., I. ANIMON, S. K. BARUA, M. BOSCOLO, J. MATTA AND D. PETTENELLA

2019. *Valuing forest ecosystem services: a training manual for planners and project developers*. Rome, FAO. Forestry Working Paper No. 11, 216 pp. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

MAVSAR, R. AND E. VARELA

2014. *Valuation of ecosystem services*. En: *The provision of forest ecosystem services. Volume 1: Quantifying and valuing non-marketed ecosystem services*. Thorsen, B.J. et al (eds). Joensuu, Finland, European Forest Institute (Disponible en: www.efi.int/files/attachments/publications/efi_wsctu_5_vol-1_en_net.pdf).

MEA

2005. *Ecosystems and human well-being: the assessment series*. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Island Press. Washington, DC.

MINAM

2015. *Manual de Valoración Económica del Patrimonio Natural*. Lima, Perú. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.

MINAMBIENTE

2018. *Guía de Aplicación de la Valoración Económica Ambiental*. Bogotá, D.C. Colombia. Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gobierno de Colombia.

PACHA, M.

2014. *Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones. Bases conceptuales y lecciones aprendidas en la Amazonía*. Brasil. Iniciativa Amazonía Viva. WWF.

PASTAKIA, C. M. R.

1998. *The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM). A New Tool for Environmental Impact Assessment.* En JENSEN K. (Ed). *Environmental Impact Assessment using the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM).* Fredensborg, Denmark. Olsen & Olsen.

PÉREZ, J.

2019. *Protocolo para la valoración económica ambiental de la Reserva Forestal de Imataca.* Consultoría FAO en proceso de ejecución. Informes de avances presentados.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

2012. *Ley Penal del Ambiente.* Gaceta Oficial número 39.213. Caracas, Venezuela.

WORLD BANK

1998. *Economic analysis and environmental assessment. Environmental assessment sourcebook update.* Number 23. Environmental Department World Bank. Washington, D.C. USA.

Jose Antonio Pérez Roa

Ingeniero Agrónomo (UCLA, 1977), MSc. en Ciencias del Agua y el Suelo (Universidad de Arizona, Tucson, Arizona, USA 1985), Postgrado en Formación Ambiental (UNESCO-FLACAM, Argentina 1992-1993). Docente jubilado (Categoría Titular) en el área de Formulación y Evaluación de proyectos, estudios de impacto ambiental y economía ambiental del CIDIAT-ULA. Profesor invitado de programas de maestría en Ecuador, Perú y Venezuela. Últimos trabajos realizados para el BID-CIGIR, 2018; Unión Europea-CISP-CIDIAT, 2019 y Valoración ambiental y económica de la Reserva Forestal Imataca, para FAO-GEF-MINEC Venezuela, 2019-2020. Pasantías y cursos en Argentina, Alemania, España, Israel, Corea del Sur, Bolivia, República Dominicana, Guyana, México, Ecuador, Perú.

CAPÍTULO XIX

GESTIÓN DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS

Introducción

El manejo inadecuado de los desechos y residuos sólidos (DyRS) generados en los pueblos y grandes ciudades del mundo, ha sido reconocido como uno de los problemas de alto impacto ambiental, que debe ser atendido en forma prioritaria, a fin de avanzar hacia el desarrollo sustentable (UNEP, 2005).

El rápido incremento de la cantidad y diversidad de los DyRS como resultado de un crecimiento económico continuo, la urbanización y la industrialización, los cambios en patrones de consumo, entre otros, se ha venido convirtiendo en un problema creciente para quienes tienen la responsabilidad de garantizar una gestión eficaz y sostenible de estas descargas, más aun si se toma en cuenta el aumento de la presencia de materiales peligrosos en estas descargas (UNEP, 2009).

Según estimaciones de las Naciones Unidas para el Ambiente-UNEP por sus siglas en inglés, a nivel mundial, de 2.000 a 3.000 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de gestión de residuos, recogiéndose en el orden de 11.200 millones de toneladas de DyRS, capaces de contribuir con aproximadamente el 5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, como consecuencia de la degradación de su fracción orgánica. Destaca este organismo, el grave riesgo que representa para los ecosistemas y la salud humana, la creciente importancia del flujo de desechos provenientes de equipos eléctricos y electrónicos, los cuales contienen sustancias peligrosas nuevas y complejas, considerando este problema como el desafío de mayor crecimiento tanto a nivel regional como global (UNEP-ISWA, 2016, Martínez et al., 2015).

En América Latina y el Caribe, la situación es compleja: la generación de DyRS para el año 2016 fue de unas 540.000 t/d, estimándose que para el año 2050 llegará a 671.000 t/d. Aun cuando la cobertura de la recolección de estas descargas en la Región puede superar el 90%, unas 145.000 t/d (30% del total recolectado) tiene como destino lugares inadecuados, occasionando entre otros que en el orden de 170 millones de personas están ex-

puestas a los problemas asociados al manejo inadecuado de los DyRS (ONU-Medio Ambiente, 2017).

Venezuela no escapa a esta realidad. Algunas estimaciones señalan que para el año 2018 se generaron en el orden de 28,9 t/d, cuyo manejo basado en el esquema simplificado generación – recolección – disposición final, en la mayoría de los casos bajo condiciones inseguras, representó un potencial de impacto considerable, concentrado en las entidades federales más importantes del país – Zulia, Carabobo, Aragua, Miranda, Lara, Bolívar y Distrito Capital –, las cuales albergan el 70% de la población total estimada para el año 2018 en 31,8 millones de habitantes (INE, 2018). Adicionalmente, se estima que debido a las condiciones de acceso vial prevaleciente en aquellos sectores donde se ha permitido asentamientos humanos en terrenos con topografías abruptas y sin servicios básicos mínimos, el 40% de los desechos generados se dejan de recoger y su destino final es indiscriminado y a cielo abierto (BID/DIRSA/OPS-OMS, 2010; FI-UCV, 2013; Sánchez, 2018).

Aun cuando no se dispone de información sistemática sobre las consecuencias del manejo inadecuado de los DyRS urbanos, es fácil comprobar que debido a las deficiencias del servicio de recolección, los ciudadanos se ven obligados a convivir con numerosas y dispersas acumulaciones de sus propios desperdicios, quedando expuestos a los riesgos que representan la proliferación de vectores transmisores de enfermedades (infecciones gastro-intestinales y respiratorias que afecta especialmente a la población infantil), y contribuyen con la posible obstrucción de alcantarillas, propiciando inundaciones y favoreciendo la propagación de otras enfermedades infecciosas (Sánchez, 2018).

Por otra parte, la presencia de vertederos no controlados de desperdicios y la quema a cielo abierto ocasiona, además del deterioro de paisaje, problemas de contaminación de recursos del medio físico: agua, aire y suelo, contribuyendo, como se mencionó anteriormente, con la emisión de gases de invernadero y al cambio climático. Agrava la situación la presencia de personas, antes en todos los sitios de disposición final, en la actualidad, en todos aquellos lugares donde se acumulen residuos, dedicados a la recuperación manual de materiales aprovechables. Ello, además de constituir un problema social de importancia capital, perturba las actividades de acopio y recolección de los residuos. Estudios recientes revelan que se pueden contabilizar hasta más de 10 “segregadores”¹/10,000 hab, una de las cifras más elevadas de América Latina y el Caribe, donde los valores medidos para este indicador no sobrepasan los 5 segregadores/10000 hab. (BID/DIRSA/OPS – OMS, 2010; FI-UCV ,2013; Sánchez, 2018)

Esta problemática, unida a la ausencia de registros sistemáticos de información pertinente que facilite el análisis objetivo de la situación existente en materia de gestión integral de DyRS, debilidades para identificar los requerimientos de infraestructura y tecnologías adecuadas para ello, la falta de aplicación de buenas prácticas municipales y de nuevas tecnologías e innovaciones en las diferentes fases del manejo de los DyRS, limitan las posibilidades de progreso en la efectividad de las medidas que se tomen para prevenir o mitigar las situación en esta materia. (FI-UCV, 2013; Sánchez, 2018).

En términos económicos, se estima que el costo asociado a la necesidad de prestar mayor atención sanitaria a la población, a la pérdida de productividad, daños causados por inundaciones y perjuicios para las empresas y al turismo, entre otras consecuencias del manejo inadecuado de los DyRS urbanos, es entre 5 y 10 veces superior al costo financiero per cápita que representa una gestión de residuos adecuada (ONU- Medio Ambiente, 2017).

En síntesis, teniendo en cuenta que las condiciones de insalubridad resultantes del manejo inadecuado de los DyRS siguen en importancia a aquellas causadas por las excretas humanas y amenazan peligrosamente la salud pública, se puede afirmar que el manejo de estas descargas gestionado con visión integral y sustentable, como factor para asegurar la calidad de vida de los ciudadanos, persiste como un problema no resuelto que merece atención inmediata.

Se ha comprobado que las mejoras que se logren en el manejo y gestión de los DyRS urbanos y extraurbanos se traducen en beneficios al ambiente, la ciudad y su economía². Una ciudad limpia es una ciudad próspera; un lugar saludable, agradable y seguro donde vivir, un buen lugar para hacer negocios y visitas turísticas, que propicia el sentido de comunidad y de pertenencia. Las nuevas actividades o servicios vinculados a la valorización de residuos pueden proporcionar medios de vida sostenibles y respaldar el desarrollo económico en los barrios desfavorecidos de las ciudades más pobres del mundo. (ONU, Medio Ambiente, 2017).

Ante la situación planteada y con el propósito de contribuir a la consolidación de una base conceptual acerca de los factores involucrados en la gestión integral de los DyRS, en este capítulo se identifican y analizan brevemente tales factores, en el entendido que desde la Cumbre de Río 1992, existe acuerdo en que el manejo de los DyRS debe hacer parte de un modelo de gestión integral, donde se conceptualicen y articulen todos los eslabones de la cadena del ciclo de los DyRS a fin de lograr un manejo adecuado

de estas descargas, unido a un cambio de actitud de todos quienes integran el proceso productivo y de consumo, de tal manera que se armonice con los mejores principios de salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales que corresponde al derecho de disfrutar un ambiente sano (Rodríguez, 2012; UNEP-ISWA, 2016; Naciones Unidas-CEPAL, 2016).

1 Gestión integral de los DyRS

1.1 Definición y objetivos

La gestión de los DyRS es un servicio público esencial y un elemento fundamental de la infraestructura que sustenta la sociedad. Tal como ha sido reconocido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se trata de una prioridad mundial en materia de salud pública que requiere un enfoque coordinado de la comunidad internacional, más que de un mero problema nacional o local, y que contribuirá a la realización de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, proclamada por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas en septiembre de 2015, donde las metas mundiales en materia de gestión de residuos ya están implícita o explícitamente presentes en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), (PNUMA-ISWA, 2016)

En este contexto y a menos de dos (2) años de cumplirse el primer plazo para alcanzar los ODS, especialmente en lo relacionado con el sector DyRS, la tendencia mundial está orientada a promover modelos de gestión apoyados en tres (3) premisas fundamentales:

gestionar los DyRS como un servicio esencial; migrar de la gestión de DyRS a la gestión de recursos y prestar la mayor atención al llamado mundial a la acción a fin de avanzar en el logro de las metas mundiales en esta materia.

Las metas a las cuales se hace referencia se resumen en: al año 2020 deberá haber acceso a servicios adecuados, seguros y asequibles de recolección de residuos sólidos y eliminarán vertederos no controlados y la quema a cielo abierto, mientras que para el año 2030 los Estados firmantes del acuerdo, se comprometen a darle atención a todos los tipos de residuos; reducir sustancialmente la generación de residuos a través de la prevención y de las “3R” (reducir, reutilizar y reciclar), así como a reducir a la mitad la cantidad de residuos alimentarios per cápita a escala mundial. (UNEP-ISWA,2016).

Es así como surge la imperiosa necesidad de planificar e implantar sistemas para la gestión integral de DyRS, entendiendo la gestión integral como el conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento, que se aplican a todas las etapas del manejo de los DyRS desde su generación hasta su disposición final, basándose en criterios sanitarios, ambientales y de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente de aprovechamiento, tratamiento y disposición final (GORBV, 2010), todo ello dirigido a lograr los grandes fines de la gestión integral: proteger la salud de las personas y promover la calidad ambiental, el uso sostenible de los recursos, así como la eficiencia y productividad de la economía local, regional y nacional.

1.2 Conceptualización de un modelo para la gestión integral de los DyRS - MGIRS

Desarrollar modelos para la gestión integral de los DyRS - MGIRS que contribuya a dimensionar el problema y la búsqueda de sus posibles soluciones, obliga a la formulación e implantación de dos subsistemas: el técnico-operativo y el de gestión. El primero, implica la selección, diseño e implantación de las operaciones y procesos requeridos en las diversas fases que conforman el manejo integral de los DyRS, mientras que el segundo, se refiere a la estructuración de un tejido institucional que coadyuve al fortalecimiento de la gestión integral de los DyRS. Ello incluye, entre otros: desarrollar instrumentos técnicos, normativos y financieros que orienten a los responsables del servicio en la formulación de sus planes bajo una visión sistémica del territorio, incorporando la realidad geográfica, urbana y social a nivel local, regional y nacional; crear y fortalecer una cultura técnica actualizada en todas las categorías de actores involucrados en la gestión de los DyRS a fin de asegurar la incorporación de los factores técnicos, operativos, económicos, sociales y ambientales en su planificación y desarrollo; propiciar los mecanismos para que la comunidad en forma individual o colectiva pueda asumir el compromiso requerido y cumplir con sus responsabilidades especialmente en lo que a su control y supervisión se refiere, así como incorporar innovaciones tecnológicas en las diferentes fases operativas y de gestión de los servicios de manejo de los DyRS (UNEP-ISWA, 2016).

No cabe duda que para lograr el desarrollo e implantación de un MGIRS con las características señaladas, es indispensable lograr consenso en la comprensión de la situación actual de la región bajo estudio en todas sus dimensiones: técnica, económica, ambiental y social, así como en la identificación de los problemas estructurales que la condicionan. Por otra parte es igualmente importante conocer la legislación vigente y más aun las declaracio-

nes de política ambiental y específicas para el sector residuos sólidos formuladas desde el poder ejecutivo nacional estadal y municipal. Asimismo conviene identificar los actores y/o agentes involucrados en la prestación del servicio, así como su rol e intereses en el manejo y gestión exitosa de estas descargas.

En este contexto, se propone que la formulación, análisis, desarrollo o cambio de un MIGIS considere tres componentes fundamentales: a) actores sociales: aquellos agentes involucrados que tienen un interés en el manejo de residuos (ver Tabla XIX.1); b) el movimiento de residuos, desde su generación hasta su disposición final (subsistema técnico-operativo) y c) aspectos del ambiente externo que influyen sobre su desempeño (subsistema de gestión). Tal como lo ilustra la Figura XIX.1, el propósito del proceso deberá orientarse a identificar acciones y comportamientos de los actores sociales involucrados, los factores del ambiente externo que influyen sobre los elementos del subsistema de gestión y los vínculos técnicos, ambientales, socioculturales, legales, institucionales y económicos que condicionan su funcionamiento. (Abarca et al, 2015).

Otro aspecto a considerar en la formulación de MGIRS es, que de acuerdo a la revisión de las tendencias actuales en materia de gestión de DyRS, los países que mayores progresos han logrado son aquellos que han elevado los índices de reciclado, estabilizado la generación de residuos e impulsado la

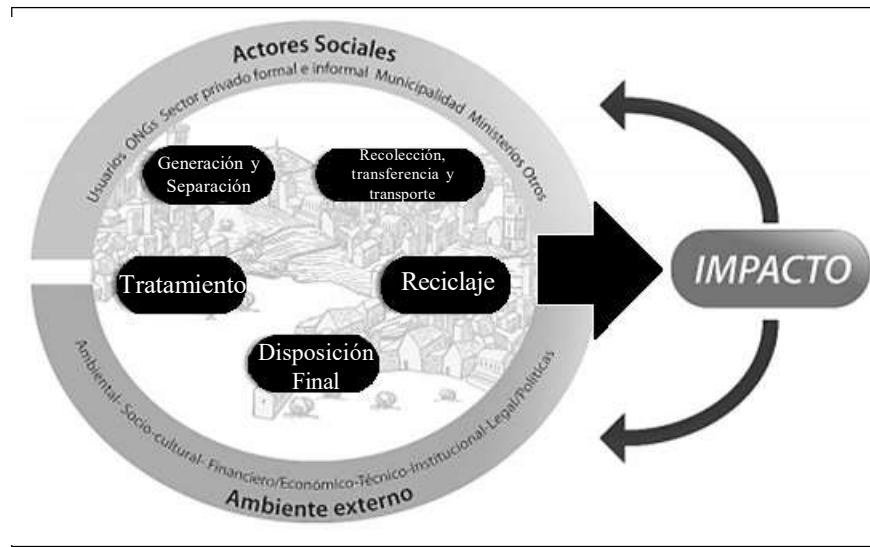


Figura XIX.1: Esquema de un modelo de gestión integral de residuos sólidos. (Tomada de: Abarca et al., 2015).

transición desde una gestión de residuos centrada en la gestión al final del proceso (propia de una economía lineal³) hacia una gestión de recursos y residuos integrada y sostenible característica de una economía circular⁴, como lo muestra la Figura 2. Todo ello acompañado de un conjunto de medidas complementarias entre las cuales destacan: a) Incorporar innovaciones tecnológicas en las diferentes fases operativas y de gestión de los servicios de manejo de DyRS; b) Consolidar una estructura institucional orgánica para la gestión de los DyRS ; c) Promover alianzas entre las municipalidades o sub regiones en procura de sinergias para la prestación de los servicios de manejo de DyRS ; d) Desarrollar estrategias efectivas para lograr suficiencia financiera en procura de los recursos necesarios que aseguren el financiamiento de las operaciones, así como las inversiones necesarias para su mejora continua y e) Fortalecer el rol protagónico de las comunidades en la efectividad de la prestación de los servicios de manejo de DyRS.

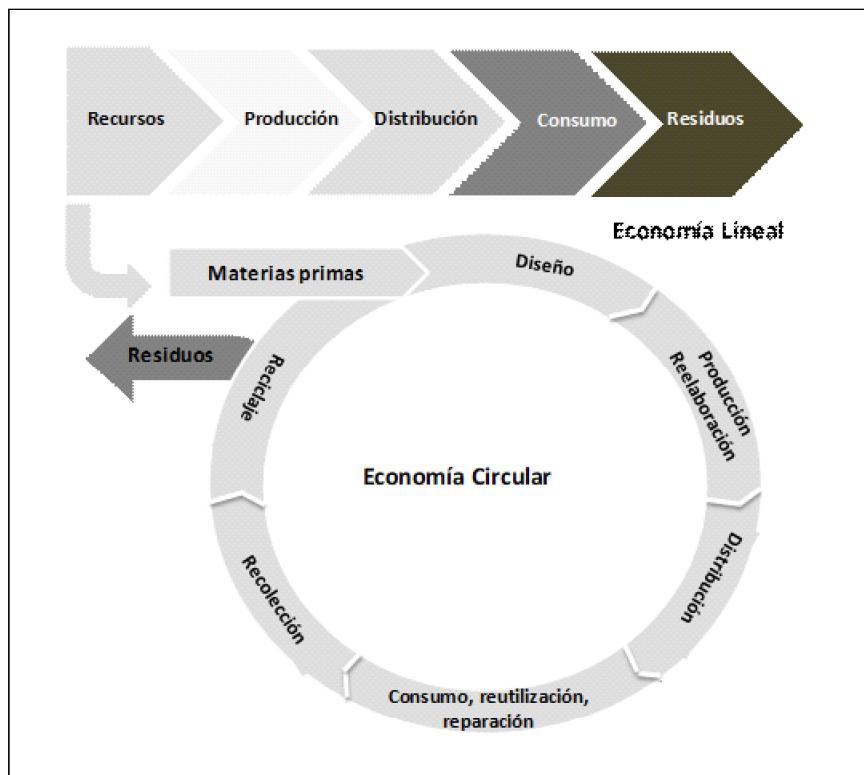


Figura XIX.2. Modelo de economía lineal vs Modelo de economía circular. (Adaptada de: Marcket et al., 2018).

A este punto cabe destacar que la adopción de este tipo de estrategias tiene incidencias en la reducción de la generación de residuos tanto peligrosos como no peligrosos en el origen y por tanto reducir las necesidades de inversión destinada a nuevas instalaciones de gestión de estas descargas. Agencias internacionales como el Foro Económico Mundial estiman que, migrar hacia un modelo circular podría generar en los próximos cinco años, un trillón de dólares solo en ahorros de materiales, generar más de 100.000 nuevos empleos y evitar hasta 100 millones de toneladas de residuos (Gobierno de Colombia, s/f).

En síntesis y atendiendo a los planteamientos antes expuestos, se puede señalar que para avanzar hacia la gestión integral de los DyRS, es indispensable revisar aspectos fundamentales como son, entre otros: actores y/o agentes involucrados en la gestión integral de los DyRS; contexto en el cual se enmarca la propuesta; lineamientos de política ambiental que rigen el manejo y gestión de los DyRS, así como ejes de acción para contribuir en la mejora de la situación de los DyRS en el sector que se esté considerando. A continuación algunos comentarios sobre estos aspectos.

1.2.1 Actores y/o agentes involucrados en la gestión integral de los DyRS

Responder adecuadamente a las expectativas de la sociedad en materia de manejo y gestión de los DyRS, requiere del trabajo conjunto de todos los sectores que la conforman: ciudadanía, gobierno, instituciones públicas y privadas y organizaciones comprometidas con la educación y conciencia de los ciudadanos, entre otras. Identificar los actores o agentes involucrados en esta actividad y los roles correspondientes, así como propiciar su trabajo coordinado contribuye a que la gestión de los DyRS se realice de manera más sostenible, evitando en lo posible el despilfarro de materias primas y recursos naturales y logrando mejoras significativas en la conservación del medio y la salud de sus pobladores (Abarca et al, 2015). Los principales actores y/o agentes involucrados en el manejo y gestión de los DyRS se resumen en la Tabla XIX.1.

1.2.2 Contexto en el cual se enmarca la propuesta de gestión integral de los DyRS

Una vez identificados los principales actores involucrados en el manejo y gestión de los DyRS, se puede suponer que su participación activa dependerá o estará influenciada por el contexto político, socio - cultural, económico y ambiental en el cual se desenvuelven, lo que a su vez condiciona su efectividad y sustentabilidad (Sánchez, 2005). A continuación se resaltan algunos aspectos de interés relacionados con estos componentes del contexto al que se hace referencia:

Tabla XIX.1.Actores y/o agentes involucrados en la gestión integral de los DyRS.
Fuente: Elaboración propia.

Actor y/o agente involucrado	Rol y/o intereses
Residentes, comunidad y otros usuarios del servicio de gestión de DSyRS	Su principal objetivo es recibir servicio efectivo a un costo razonable. Son los actores con mayor responsabilidad en la aplicación de medidas orientadas a la reducción de la generación de DyRS y la participación efectiva en actividades relacionadas con su buen manejo.
Organizaciones no gubernamentales ONG's	Entidades que operan en un nivel intermedio entre el sector privado y el gubernamental. Su desempeño puede contribuir significativamente a mejorar la capacidad de la comunidad para involucrarse activamente en el manejo de los DyRS, entre las cuales destacan: apoyo en la formación y funcionamiento de organizaciones de base comunitaria (OBC); contraloría social; acceso a facilidades de crédito.
Gobierno local	Es el responsable de la prestación del servicio que comienza legalmente al momento en que los DyRS son colocados a disposición del sistema de recolección. Su motivación por lo general se relaciona con intereses políticos. Entre los roles fundamentales de las autoridades locales, destaca tomar medidas para convencer a la opinión pública sobre la importancia del servicio, promover la preocupación por la protección ambiental, así como la participación activa de los usuarios y grupos comunitarios en el manejo local de sus DyRS.
Gobierno Nacional	Establece el marco institucional y legal para la gestión integral de los DyRS asegurando que los gobiernos locales tengan suficiente autoridad, fuerza y capacidad para su efectivo manejo. Se visualizan como entidades de apoyo, suministrando asistencia técnica, fortaleciendo las capacidades administrativas y de manejo financiero, así como criterios técnicos, éstos últimos orientados hacia la protección ambiental. Interviene en la solución de situaciones jurisdiccionales entre gobiernos locales y promueve asociaciones en la búsqueda de mayor efectividad en el manejo de los DyRS.

Tabla XIX.1.Actores y/o agentes involucrados en la gestión integral de los DyRS.
Fuente: Elaboración propia.

Actor y/o agente involucrado	Rol y/o intereses
Empresas especializadas del sector privado:	Abarca desde las microempresas hasta importantes consorcios dedicados a realizar alguna o todas las actividades de manejo de DyRS. La incorporación del sector privado con criterio empresarial, por lo general facilita el uso de la tecnología necesaria y por su misma razón de ser, son los primeros interesados en recuperar las inversiones que realiza, lo que los obliga a ser creativos en la búsqueda de mayor eficiencia al menor costo.
Sector Privado Informal:	Agrupa a todas aquellas personas, grupos familiares e incluso pequeñas empresas que realizan actividades de recolección y recuperación de materiales por iniciativa propia y sin ningún tipo de regulación. Se pueden constituir en importantes colaboradores en el manejo de residuos, tanto como recolectores en las zonas periurbanas como en las actividades de reciclaje, siempre y cuando reciban una adecuada asistencia en organización, concientización y eventualmente soporte financiero
Otras Organizaciones Externas:	Incluyen los organismos internacionales y bilaterales, los cuales cuentan con programas de apoyo al fortalecimiento de la capacidad de desarrollo urbano y protección de ambientes urbanos. Las modalidades de cooperación varían desde asistencia técnica puntual para atender problemas coyunturales o específicos, hasta amplios programas de colaboración de mediano y largo plazo. La cooperación de estas entidades es a través de “fondos reembolsables” y requieren de una estrecha coordinación con el gobierno central para canalizar su apoyo hacia los gobiernos locales. En Venezuela, las organizaciones o agencias internacionales, más ligadas al sector, entre otras, son: Organización Panamericana de la Salud (OPS);

Tabla XIX.1.Actores y/o agentes involucrados en la gestión integral de los DyRS.

Fuente: Elaboración propia

Actor y/o agente involucrado	Rol y/o intereses
Otras Organizaciones Externas:	Unión Europea (EU); Banco Interamericano del Desarrollo (BID); Banco Mundial (BM); Agencia de Cooperación Alemana (GTZ); Agencia de Cooperación del Japón (JICA); Corporación Andina de Fomento (CAF) Otras organizaciones de gran importancia son las universidades e instituciones de educación superior quienes tienen la responsabilidad de formar los profesionales capaces de desarrollar e implantar los sistemas para el manejo de residuos, así como contribuir a través de sus actividades de investigación, a desarrollar tecnología y estrategias de gestión en esta materia.

Político: Indudablemente el contexto político influye en el enfoque que se adopte para la gestión de los DyRS. Entre los elementos más resaltantes se pueden señalar, entre otros, la relación existente entre los gobiernos locales y el gobierno central (nivel de consolidación de la descentralización, por ejemplo) y la participación ciudadana en los procesos de desarrollo de las políticas de gobierno, fundamentalmente las políticas de salud, ambiente y la económica, las cuales tienen un carácter trans-sectorial y son las que a su vez establecen prioridades y orientan la gestión de los DyRS en general, incluyendo los generados en el ámbito urbano.

Socio - Cultural: El funcionamiento del sistema está influenciado por la actitud de la población y sus patrones de manejo de residuos, lo cual a su vez se relaciona estrechamente con las características sociales y culturales del sector.

La efectividad y sustentabilidad del sistema para el manejo de los DyRS, depende del grado de identificación de la población servida con el mismo, de allí la conveniencia de involucrar a la comunidad en su planificación y desarrollo.

Ambiental: El modelo de gestión que se adopte debe adaptarse a la realidad ambiental del sector donde se desarrolla. Se deben tener en cuenta las características del área servida, las condiciones climáticas y la diversidad de recursos naturales y su aprovechamiento en el sector. La preserva-

ción de estos factores constituye una de las razones por las cuales se justifica y se le da prioridad al manejo de los DyRS.

Económico: Indiscutiblemente el modelo tiene que considerar la capacidad de pago de sus usuarios. En consecuencia se deben hacer esfuerzos para plantear soluciones que sin pérdida del objetivo sanitario, se adapte a la realidad económica del sector servido.

La instrumentación de estos aspectos requiere la consolidación de un marco legal y una estructura institucional que lo respalde. En el caso venezolano, al revisar el conjunto de instrumentos legales existentes, se identifican seis grupos, como se resume en la Tabla XIX.2.

La revisión de los objetivos y alcances del marco legal con injerencia en el sector residuos sólidos, permite afirmar que en el país existe un cuerpo de leyes emanado del poder público del Estado para regular las relaciones de éste con las personas que lo integran, de éstas entre sí, las intergubernamentales y las relaciones internacionales. Este aspecto que pudiera considerarse favorable, termina convirtiéndose en un factor perturbador, pues se genera un amplio y denso conjunto de instituciones que tienen encomendadas directa o indirectamente, funciones o tareas relacionadas con el tema en los diferentes espacios de actuación (nacional, regional o local) haciendo más compleja la gestión, promoviendo en algunos casos la desarticulación en el funcionamiento del sistema o incluso, la superposición de competencias (FI – UCV, 2013).

1.2.3 Lineamientos de política que rigen el manejo y gestión de los DyRS

Los gobiernos municipales son los responsables directos de la gestión de los DyRS en su ámbito geográfico, sin embargo, enfrentar esta problemática con visión integral del territorio, factor indispensable para avanzar hacia una gestión exitosa de tales descargas, propiciando la optimización del uso de recursos y favoreciendo la sustentabilidad de las propuestas que se formulen, requiere de una perspectiva más amplia que la exclusivamente local, por tanto es necesario involucrar instancias de gobierno de nivel superior tales como la federal y nacional, a fin de asegurar que el compromiso adquirido al formular los lineamientos de política para la gestión integral de los DyRS cuente con el respaldo legal e institucional que permita su implantación.(FI- UCV,2014)

Los lineamientos de política que rigen la gestión de los DyRS en Venezuela son los establecidos en la Ley de Gestión Integral de la Basura (GORBV, 2010) y se resumen en:

Tabla XIX.2. Instrumentos legales con injerencia en el sector residuos sólidos en Venezuela.

Grupo	Objeto	Instrumento Legal
I	Leyes que establecen disposiciones y principios rectores en materia de salud y ambiente, así como la planificación y organización para el logro del desarrollo nacional, regional y local. Sin duda el sector residuos sólidos queda incluido	Constitución de República Bolivariana de Venezuela de 1999. Ley Orgánica del Ambiente. Ley Penal del Ambiente. Ley Orgánica de Salud. Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio. Ley Orgánica del Consejo Federal de Gobierno. Ley de Reforma Parcial a la Ley de los Consejos Locales de Planificación Pública. Ley Orgánica del Poder Público Municipal.
II	Leyes y normas que regulan la gestión integral de los DyRS peligrosos y no peligroso	Ley de Gestión Integral de la Basura. Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente. Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Residencial, Comercial, Industrial o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos. Normas para el Control y la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos. Normas para la Clasificación y Manejo de Desechos en Establecimientos de Salud
III	Leyes que promueven, organizan y consolidan el poder popular.	Ley Orgánica del Poder Popular. Ley Orgánica de Planificación Pública y Popular. Ley Orgánica para las Comunas. Ley Orgánica de los Consejos Comunales. Ley Orgánica del Sistema Económico Comunal. Ley Orgánica de Contraloría Social.

Tabla XIX.2. Instrumentos legales con injerencia en el sector residuos sólidos en Venezuela. (continuación)

Grupo	Objeto	Instrumento Legal
IV	Leyes que regulan aspectos administrativos del servicio	Ley de Licitaciones. Ley de Reforma Parcial de la Ley Orgánica de Administración Financiera del Sector Público
V	Instrumentos legales de alcance regional y local con incidencia en la planificación y gestión integral del manejo de los DRS.	Plan de Ordenación del Territorio Ordenanzas municipales sobre el servicio de aseo urbano y domiciliario.
VI	Acuerdos internacionales, tales como los asociados al Cambio Climático; Capa de Ozono y Movimiento transfronterizo de contaminantes, entre otros.	

Adaptado de: FI-Ucv, 2013

- > La gestión integral de los DyRS en el país está orientada a la reducción de su generación y garantizar que su recolección, aprovechamiento y disposición final sea realizada en forma sanitaria y ambientalmente segura.
- > La gestión integral de los DyRS y todo lo relativo a esa actividad “se declara de utilidad pública e interés social”.
- > La gestión integral de los DyRS es un servicio público que debe ser “garantizado por el Estado y prestado en forma continua, regular, eficaz, eficiente e ininterrumpida, en corresponsabilidad con todas las personas, a través de la comunidad organizada”...

Desde el punto de vista técnico, la política de gestión de residuos, antiguamente centrada en un enfoque correctivo (“al final del tubo”) ha evolucionado hacia uno de enfoque estratégico integral, donde la propuesta de gestión es el resultado de una combinación de técnicas y programas capaces de conseguir el máximo aprovechamiento de los recursos y fracciones útiles contenidas en los distintos materiales presentes en los DyRS, haciendo énfasis en que tales materiales pueden manejarse y disponerse de manera separada, así como en la cobertura de todo el ciclo de vida de los productos y residuos, lo que a su vez implica extender la responsabilidad del productor y activación de la conciencia de la sociedad sobre sus formas consumo y desprendimiento de residuos (Martínez et. al, 2005).

En concordancia con lo anterior y con el propósito de respaldar estos planteamientos, los países que han adoptado el enfoque sistémico e integral para la gestión de los DyRS coinciden en la conveniencia de declarar una serie de principios de política resumidos en la Tabla 3, que han facilitado la aplicación de un sistema ambientalmente adecuado y sostenible de sus residuos peligrosos y no peligrosos, en el marco del desarrollo sostenible.

1.2.4 Ejes de acción para contribuir a mejorar la situación de los DyRS en el sector que se esté considerando

Es claro que el manejo de los DyRS generados en el ámbito urbano bajo el esquema simplificado generación – recolección y disposición final de estas descargas es insuficiente para resolver la problemática que ellos representan. Así aparece evidenciado en los diagnósticos disponibles, realizados en América Latina y El Caribe. En la medida en que se ha avanzado en el conocimiento de la problemática del sector y sus posibles soluciones, se ha venido fortaleciendo la idea de plantear soluciones enmarcadas en el enfoque preventivo, aplicando inicialmente herramientas como el análisis del in-

Tabla XIX.3. Principios de la política de gestión de DyRS en el marco del desarrollo sustentable. (Adaptada de: Martínez et al., 2005).

Principio/ Criterio	Breve descripción
Responsabilidad del generador	El generador del residuo será responsable de su adecuada gestión en todo el ciclo de vida del producto y de los residuos, haciéndose cargo de los costos asociados a las acciones de prevención, aprovechamiento, tratamiento y disposición final de estas descargas
Prevención	Prevenir la generación de residuos en la fuente, tanto en cantidad como en su potencial de contaminación, involucrando sistemas productivos más eficientes, sustitución de materias primas o cambios tecnológicos. Incluye la modificación en el diseño de los productos, tanto para minimizar la cantidad de materiales peligrosos ples al final de la vida útil.
Precaución	Aplicar medidas para prevenir los riesgos asociados al manejo de residuos aún cuando no existieran pruebas concluyentes sobre posibles daños, siempre y cuando existieran antecedentes razonables para presumir el mismo.
Autosuficiencia	Procurar que la gestión de residuos se realice dentro del territorio donde se generan, siempre y cuando ello sea posible desde el punto de vista ambiental, social y económico. Este principio debe ser aplicado en forma flexible y su mayor aplicación es a nivel nacional y no local
Proximidad	Los residuos deberán ser gestionados preferentemente lo más cerca de su origen, por razones de seguridad y de costo. Este principio se asocia al de autosuficiencia y al igual que aquel deberá ser aplicado en forma flexible en función de las realidades de cada región.
Equidad	La distribución de tareas, deberes y derechos relacionados al manejo de residuos, deberá mantener el principio de equidad y solidaridad social.
Participación pública	Establecer mecanismos para que los diferentes sectores de la sociedad puedan tener acceso a la información sobre la gestión de residuos y oportunidades de participación en la toma de decisiones. La participación de la sociedad deberá ser proactiva y preventiva.

Tabla XIX.3. Principios de la política de gestión de DyRS en el marco del desarrollo sustentable. (Adaptada de: Martínez et al., 2005) (cont.)

Principio/ Criterio	Breve descripción
Transparencia	La gestión de residuos debe basarse en un adecuado manejo de la información con el objetivo de asegurar su disponibilidad y accesibilidad por parte de cualquier actor interesado.
Eficacia y eficiencia	Las etapas de gestión de residuos, desde su generación hasta su disposición final, deben desarrollarse sobre la base de criterios de eficacia y eficiencia ambiental y económica
Gradualismo y mejora continua	La implantación de un sistema de gestión integral de residuos necesariamente implicará una aplicación gradual, en un proceso de mejora continua, que permita la efectividad de las acciones y acompañe el desarrollo del conocimiento y el avance tecnológico. Este aspecto es importante explicitarlo a la hora de comunicar los planes de gestión a la sociedad.
Aceptación social	La aceptación social de las alternativas de gestión de residuos peligrosos y no peligrosos deberá ser un elemento adicional a tener en cuenta en la selección de alternativas de gestión.
Compensación	Se aplicarán instrumentos que permitan compensar los impactos aceptables no mitigables.
Flexibilidad	La heterogeneidad de situaciones que pueden generarse en torno al manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, sobre todo aquellas resultantes de las realidades territoriales específicas, hacen necesario que los instrumentos de política sean flexibles a efectos de poder dar solución a casos específicos y viabilizar la aplicación efectiva.

ventario de ciclo de vida de los DyRS (gestión de los residuos) y últimamente en el ciclo de vida del producto, es decir, durante su producción, consumo y postconsumo, (gestión del producto). Asimismo se insiste en la necesidad de abordar, además de la selección del conjunto de operaciones y procesos requeridas para el manejo seguro los DyRS, la identificación de los ejes de

acción en torno a los cuales se requiere intervenir para mejorar la situación en consideración, orientados en lo posible, a la atención de las causas que generan la problemática detectada. En este sentido cabe destacar que los aspectos identificados se constituyen por lo general en los puntos focales en la formulación de los objetivos estratégicos del plan de gestión de DyRS que se formule.

La Tabla XIX.4 resume los ejes de acción reiteradamente identificados en materia de mejoramiento del manejo y gestión de los DyRS en nuestro medio.

1.3 Aspectos técnicos y de gestión relacionados con la formulación de propuestas para la Gestión Integral de los DyRS

Reconocida la importancia y requerimientos básicos para desarrollar un sistema de gestión integral de los DyRS a nivel nacional regional o local, a continuación se presenta una breve descripción de los principales aspectos técnicos, en el entendido de que cualquier opción para avanzar en esa compleja tarea involucra en primer término, identificar y caracterizar los desechos y residuos sobre los cuales se pretende incidir, así como analizar las estrategias y las opciones tecnológicas disponibles para ello.

1.3.1 Desechos y residuos sólidos a considerar en el sistema de Gestión Integral de DyRS

Las leyes venezolanas definen desecho sólido como:

“todo material o conjunto de materiales remanentes de cualquier actividad, proceso u operación, para los cuales no se prevé otro uso o destino inmediato o posible, y debe ser eliminado, aislado o dispuesto en forma permanente”,

mientras que por residuo sólido se entiende:

“material remanente o sobrante de actividades humanas, que por sus características físicas, químicas y biológicas puede ser utilizado en otros procesos” (GORBV, 2010).

Sin embargo, en el ámbito técnico ambos términos pueden hacer referencia a todos aquellos materiales, cualquiera sea su naturaleza, provenientes de las actividades humanas y de animales que son normalmente sólidos y que se desechan como inútiles o indeseables, para quien los posee (Tchobanoglous, 1994).

Ante esta situación, se prefiere utilizar el término DyRS, para hacer referencia a la masa heterogénea descartada en cualquier actividad, sin discriminar los materiales que aun cuando en un momento dado se conside-

Tabla XIX.4. Ejes de acción identificados para mejorar la situación de los DyRS en Venezuela. (Adaptada de: FI-UCV, 2014; Martínez et al., 2005).

Eje de acción	Breve descripción
Fortalecimiento de la gestión integral de los DyRS a nivel municipal	En este contexto se considera que los esfuerzos estarán orientados hacia el desarrollo de instrumentos técnicos, normativos y financieros que orienten a las autoridades locales en el desarrollo de sus respectivos planes, bajo una visión integral del territorio e incorporando la realidad geográfica, urbana y social, local y regional.
Capacitación técnica	Es indispensable crear y fortalecer una cultura técnica actualizada en todas las categorías de actores involucrados en la gestión de los DyRS, a fin de asegurar la incorporación de todos los factores (técnicos, operativos, económicos, sociales y ambientales) en su planificación y desarrollo.
Fortalecimiento de la gestión participativa, protagónica y corresponsable	En el entendido que la gestión integral de los DyRS es un servicio de responsabilidad compartida, es indispensable propiciar los mecanismos para que la comunidad, en forma individual o colectiva, pueda asumir el compromiso requerido y cumplir sus responsabilidades, especialmente en lo que a su control y supervisión se refiere.
Incorporación de la investigación e innovación en la gestión de los DyRS	Búsqueda y consolidación del respaldo de universidades y centros de investigación a fin de que le den prioridad al sector y contribuyan a través de sus actividades de investigación, desarrollo e innovación al mejoramiento continuo de las estrategias, operaciones o procesos en la gestión integral de DyRS.

ran un desperdicio, pueden ser recuperados, ni aquellos que por su alta peligrosidad requieren un manejo especial, considerando además que el sistema de gestión que se formule debe darle atención y manejo seguro a ambas categorías de materiales.

Los criterios para clasificar los DyRS pueden ser muy variados y en general están asociados a la percepción de quien clasifica. Entre los más utilizados destacan: actividad humana que los genera (agropecuarios y forestales, mineros, industriales, urbanos y hospitalarios); estructura química de sus constituyentes: orgánicos degradables y no biodegradables (restos de materiales que derivan de seres vivo o de la transformación de combustibles

fósiles) e inorgánicos o inertes (vidrio, metales, residuos de construcción y demolición de edificios, tierras, escombros, entre otros); reactividad, incluye a los inertes (restos de materiales sin actividad química ni biológica), activos (restos de materiales con propiedades químicas o biológicas que les permiten reaccionar entre sí o con el medio donde son vertidos) y radiactivos (capaces de emitir radiaciones ionizantes); potencial de impacto ambiental (peligrosos y no peligrosos) y posibilidades de recuperación y aprovechamiento (recuperables y reciclables y no aprovechables), entre otros. (Barradas, 2009; Tchobanoglous, 1994).

En esta oportunidad se hace referencia a la gestión integral de los DyRS peligrosos y no peligrosos presentes en las principales corrientes de DyRS generados en los espacios urbanos y extraurbanos de la municipalidad que se esté considerando: residenciales, comerciales, industrias, instituciones y centros de atención a la salud, mercados populares, áreas verdes y limpieza de calles, entre otros. Los materiales provenientes de la demolición y construcción (escombros), también se incorporan en esta categoría, pero por las dificultades en su manejo, se procesan en sistemas separados (Franklin, 2002). La Tabla XIX.5, resume las categorías de DyRS en las cuales se recomienda reagruparlos, a los efectos de plantear soluciones integrales a la problemática que ellos representan, debiéndose reiterar que uno de los principales retos que enfrentan los responsables de la gestión de estas descargas, al menos en nuestro medio, es el progresivo incremento de las cantidades generadas acompañados de rápidos cambios en su composición, debido principalmente a la expansión de la urbanización, aumento del consumo y cambios de estilo de vida de los habitantes.

Según la información disponible en esta materia, en promedio, el componente mayoritario de los DyRS municipales es la fracción orgánica (54%), seguido por papel (14%), plástico (11%), vidrio (5%), metal (3%) y otros (13%), incluyéndose en este rubro, residuos peligrosos tales como baterías y medicamentos vencidos entre otros, provenientes principalmente de la actividad residencial y comercial (Graziani, 2018). Adicionalmente se deben considerar los DyRS peligrosos provenientes de las actividades productivas, las cuales, aun cuando su manejo y gestión son responsabilidad del generador, las autoridades responsables de la gestión de los DyRS deben asegurar su adecuado manejo y disposición (Ref) decreto.

Con el propósito de aportar una idea de la cantidad de DyRS no peligrosos generados en el ámbito urbano, en la Tabla XIX.6 se presentan la distribución porcentual de los aportes que allí representan las actividades generadoras de DyRS (FI-UCV, 2014).

Tabla XIX. 5: Principales categorías de DyRS a ser considerados en un sistema de gestión integral. Elaboración propia.

Categoría	Constituyentes	Origen
Reciclables secos	Envases ligeros: plásticos, metálicos, Tetrabrick; vidrio, papel, cartón.	Unidades residenciales, establecimientos comerciales , instituciones educativas y gubernamentales, industriales y centros de atención a la salud (fracción no peligrosa)
Órganicos putrescibles	Restos de alimentos y jardín, Papel sanitario y similares	Los anteriores más los generados en mercados populares y mantenimiento de áreas verdes
Otros materiales no aprovechables	Desechos mezclados, recuperables o no, sin posibilidades de aprovechamiento - “reswaste” incluye todos los materiales descartados en las actividades urbanas a excepción de los objetos voluminosos y escombros	Todas las actividades generadoras de DyRS ubicadas en el ámbito geográfico que se esté considerando.
Especiales	Restos de construcción y demolición; chatarra; restos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE); neumáticos; limpieza de playa u otros espacios públicos	Actividades de limpieza de espacios públicos y/o mantenimiento urbano.
Peligrosos	Productos de limpieza, productos de cuidado personal, aceites usados de motor y otros fluidos de automóviles , solventes, pinturas, baterías, pilas, pesticidas, herbicidas y fertilizantes, fármacos vencidos, recipientes contaminados entre otros	Actividad residencial y comercial en el ámbito urbano
	Cualquier desperdicio que por contener sustancias inflamables, corrosivas, tóxicas o que puedan producir reacciones químicas, puedan representar un riesgo para la salud o para el ambiente y por tanto, requieren un tratamiento específico y un control periódico de los efectos nocivos potenciales.	Instalaciones industriales (industria básica, química, petroquímica, metalurgia productos terminados en general, servicios, etc.); Instalaciones para el cultivo de vegetales y cría de animales; instalaciones para la comercialización de sustancias peligrosas

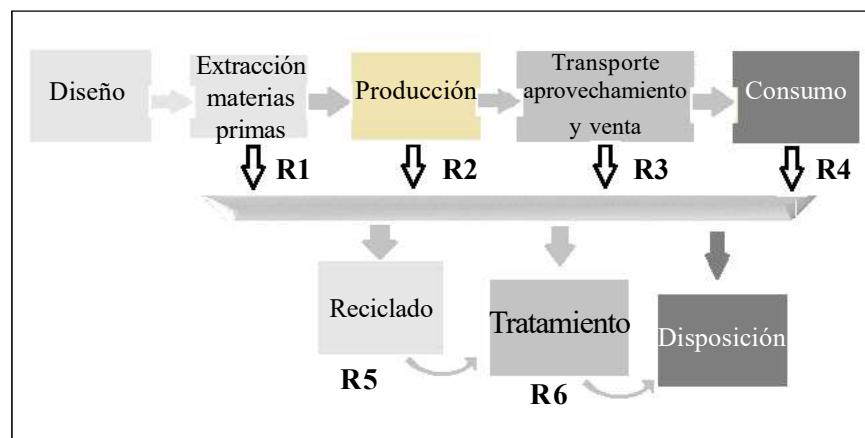
Tabla XIX.6. Distribución porcentual de los aportes que representan las actividades generadoras de DyRS en el ámbito urbano

Corriente	Residencial	Comercial	Instituciones educativas	Oficinas gubernamentales	Otras actividades en el ámbito urbano
Aporte al total de DyRS generados (%)	55,2	17,1	1,5	3,1	23,1
Fracción húmeda (%)	65,4	46,3	59	56,6	-
Fracción Seca (%)	34,6	53,6	41	43,4	-
Potencial recuperación de orgánicos putrescibles (%)	27,4	19,4	24,8	23,7	-
Potencial recuperación de fracción seca (%)	24,2	37,5	28,7	30,4	-
Tasa de generación promedio - DyRS urbanos	925 g/persona.d				

1.3.2 Herramientas e instrumentos de gestión aplicables

Como se ha venido señalando, la gestión integral de los DyRS requiere de un cambio de paradigma: alejarse del concepto de un manejo de DyRS enfocado fundamentalmente en su disposición final y pasar a priorizar las opciones de conversión de residuos en recursos y energía, es decir, reemplazar en la medida de lo posible, los residuos por materia prima secundaria (Graziani, 2018). Ello implica entre otras acciones, analizar el ciclo de vida de los productos y residuos a fin de identificar las oportunidades para la reducción sustancial de la generación de estas descargas o mejorar sus posibilidades de manejo.

Tal como se muestra en la Figura XIX.3, en todas las fases de la vida de un producto (extracción de materias primas, producción, transporte, almacenamiento y comercialización y consumo) se generan residuos, los cuales pueden ser reciclados a través del mismo sistema de producto (ciclo cerrado de reciclaje) o entrando en uno nuevo (ciclo de reciclaje abierto); procedidos para ser convertidos en nuevos recursos o energía, o llevados a disposición permanente, cerrándose así el ciclo de flujo de materiales.



Ciclo de vida del producto: Extracción de materias primas; producción; transporte, almacenamiento y venta

Ciclo de vida de residuos: Consumo; Reciclado, tratamiento y disposición final
R1 a R6: Residuos provenientes de las diversas etapas consideradas.

Figura XIX.3. Ciclo de vida de un producto indicando generación de residuos en cada una de las etapas del proceso. (Adaptada de: Martínez et al., 2005).

Un análisis exhaustivo del sistema descrito, permitirá identificar en cada etapa, oportunidades para reducir el impacto que genera el producto, así como disminuir el desplazamiento innecesario de cargas ambientales hacia otros espacios, donde se convierten en una amenaza para la biota y los componentes del medio físico natural, ocasionando impactos negativos que en el mediano y largo plazo, podrían limitar la disponibilidad de los recursos naturales necesarios para sostener el desarrollo de las generaciones futuras.

3 Ciclo de vida de productos y residuos

Entre las herramientas más utilizadas para realizar el mencionado análisis destacan: el **análisis de ciclo de vida del producto (ACVP)** y el **inventario de ciclo de vida de residuos (AICVR)**. En el primer caso se busca evaluar los efectos ambientales a lo largo de la vida del producto, desde las fuentes de recursos primarios (de la “cuna”) hasta su consumo y disposición final (a la “tumba”), e identificar los impactos ambientales más allá de los límites de la planta productiva. (Ref. ACV), mientras que en el segundo (AICVR), se pretende identificar y cuantificar las implicaciones económicas y ambientales del manejo de los DyRS, ofreciendo información objetiva para la selección de la mejor combinación de operaciones y procesos incorporados al sistema que minimicen tanto el consumo de energía y materias primas, como la generación de emisiones a los diferentes compartimientos ambientales: agua, aire y suelo. La Figura XIX.4, ilustra el esquema básico para la aplicación de esta herramienta. (McDougall, et.al., 2004).

A este punto conviene señalar que el inventario de ciclo de vida de residuos comienza en el momento en que un material se convierte en residuos (pierde su valor comercial y termina cuando se convierte en un producto útil, energía aprovechable o un material inerte en el sitio de disposición final).

Cabe destacar que el aprovechamiento de los diferentes constituyentes de los DyRS para cualquiera de los usos beneficiosos: material reusable y/o recuperable y obtención de productos de conversión (acondicionadores de suelo y energía), requiere de una separación previa de tales constituyentes. Aun cuando existe tecnología que permite realizar esta operación, tratando la mezcla heterogénea total que resulta de la generación de los desechos, se ha demostrado que la segregación en el origen, además de facilitar la recuperación de materiales con un mayor potencial de aprovechamiento, contribuye a la disminución de las cantidades de desechos a manejar, con la consecuente reducción de costos en la disposición final (McDougall, et.al., 2004). Asimismo conviene señalar que aun cuando la separación de los constituyentes se haga en el origen, dependiendo del objetivo de su recuperación,

será necesario aplicar algunas operaciones y procesos que permitan obtener materiales con los requerimientos de calidad aceptables para ser reciclados, así como el desarrollo de procesos químicos y biológicos que permiten la transformación de los desechos a fin de reducir su volumen u obtener productos de conversión, tales como acondicionadores de suelo y combustibles para la obtención de energía.

Por otra parte es necesario insistir en que cualquiera sea la combinación de opciones de tratamiento incorporados al sistema, éstas deben apoyarse en los tres pilares fundamentales de la sustentabilidad: a) *Efectividad Ambiental*, el impacto ambiental ocasionado como consecuencia de las operaciones y procesos que se incorporen al sistema debe ser reducido tanto en términos de consumo de recursos, incluyendo energía, como en la producción de emisiones al aire, agua y suelo. b) *Sostenibilidad Económica*, los costos asociados deben ser aceptados por todos los sectores de la comunidad servida (residencial, comercial, incluso el sector institucional y gubernamental) y c) *Aceptabilidad Social*, el sistema debe atender las necesidades de la comunidad local y reflejar los valores y prioridades de la sociedad. McDougall (2004).

3.1 Principio de jerarquía

La lógica que guía la gestión integral de los residuos sólidos es la jerarquía de residuos, entendida como un concepto que prioriza el tipo y prioridad



Figure XIX.4. Implicaciones económicas y ambientales del manejo de DyRS . (Adaptada de : McDougall, 2004).

de tratamiento que debe recibir un residuo, partiendo de que se deben favorecer con un orden descendente la prevención, minimización, reúso, reciclaje, otras recuperaciones y finalmente la disposición final como última opción deseable para lograr el propósito de extraer los máximos beneficios de los productos y generar la cantidad mínima de residuos (EEA,2015; Recytrans, 2013). La Figura XIX. 5 ilustra la jerarquía utilizada en el campo de la gestión integral de residuos sólidos.

Las dos primeras escalas en el orden jerárquico las ocupan la preventión y la minimización, objetivos que podría lograrse incorporando, entre otros, estrategias de producción más limpia y particularmente, cambios de conducta del generador. Siguen en el orden de preferencias el aprovechamiento y valoración de residuos, lo cual puede desglosarse en fomentar la recuperación de materiales, el reciclaje o cualquier técnica de valorización de residuos, siempre y cuando se enmarquen en un contexto de eficiencia económica y ambiental. El tratamiento ubicado en el tercer orden de preferencia, abarca la consideración de la amplia gama de opciones tecnológicas producto del desarrollo de iniciativas que persiguen la reducción de volumen y peligrosidad en el caso de residuos peligrosos y reúso, reciclaje o recuperación de energía entre otros, en el caso de los DyRS no peligrosos, finalmente la opción menos favorecedora es la disposición final mediante operación de relleno sanitario y/o de seguridad según corresponda de acuerdo al nivel de peligrosidad de la corriente de desechos que se esté considerando.

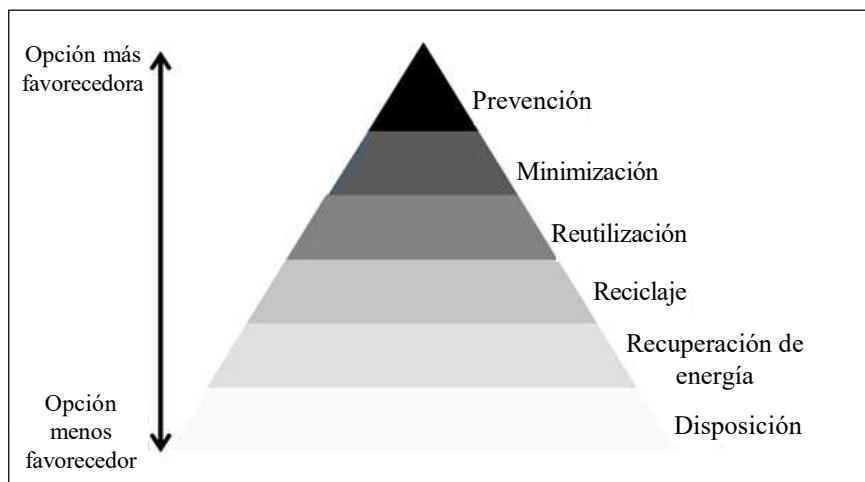


Figura XIX.5. Jerarquía de los residuos. (Adaptada de: Graziani, 2018).

3.2 Formulación de propuestas para el manejo integral de los DyRS

En términos generales se puede afirmar que la planificación y desarrollo de estrategias de acción encaminadas a cubrir la diversidad de aspectos relacionados con las distintas etapas involucradas en el ciclo de residuos, constituye una herramienta indispensable para mejorar notablemente y contribuir al logro de ciudades más limpias, saludables y sostenibles. Es por ello que se considera que el primer paso al abordar este importante desafío es la formulación de un plan que oriente el camino para avanzar en el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos, al asegurar el manejo ambientalmente adecuado, económicamente factible y socialmente aceptado de todos los tipos de residuos generados en el ámbito geográfico del municipio que se esté considerando, comprometido con la corresponsabilidad social e introduciendo el aprovechamiento y disminución de residuos apoyado en la educación, investigación, desarrollo e innovación tecnológica y generador de empresas, crecimiento económico y equidad social (FI – UCV, 2014).

En la Tabla XIX.7 se resumen las etapas que deben ser desarrolladas para lograr una propuesta cónsena con los lineamientos de la política de gestión integral presentados en secciones anteriores, debiéndose destacar, que la toma de decisiones en materia de gestión de residuos peligrosos es potestad del Estado y el responsable del diseño y buen desempeño de los planes y programas para el manejo de estos residuos es el generador. Asimismo es necesario señalar que al momento de formular las propuestas técnicas para el manejo ambientalmente seguro de los DyRS tanto peligrosos como no peligrosos, las etapas a desarrollar son básicamente las mismas, diferenciándose esencialmente en la naturaleza tecnológica de las opciones requeridas para procurar soluciones al problema que representan los DyRS según nivel de peligrosidad.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, la situación deseable para avanzar en el logro de una gestión integral de los DyRS, es que se formulen planes de gestión a nivel regional o local, claramente enmarcados en las líneas estratégicas pautadas al corto, mediano y largo plazo en un plan de alcance nacional a los efectos de asegurar compatibilidad de las líneas de acción que se proyecten.

Una vez identificadas y cuantificadas las distintas corrientes de DyRS, peligrosos y no peligrosos generados en el ámbito geográfico que se esté considerando, el próximo paso es la selección de las opciones para su manejo y disposición segura. Aun cuando escapa al alcance de este capítulo una discusión detallada de las diferentes tecnologías disponibles para tal fin, a

Tabla XIX.7. Etapas en el desarrollo de propuestas para el manejo integral de los DyRS generados en el ámbito municipal.

Etapa	Objetivo	Producto esperado	Herramientas aplicables
Identificación de corrientes y/o peligrosos	Determinar el origen de los DyR peligrosos y no peligrosos generados en el ámbito municipal: actividades productivas (industria manufacturera, producción agrícola ganadera, minería); sector comercial; sector servicios (atención a la salud, energía, telecomunicaciones, puertos, almacenamiento de sustancias y productos, entre otros); consumo de productos específico reconocidos como peligrosos y empresas de valorización y tratamiento de residuos, entre otros	Determinar responsabilidades del generador, así como corrientes de residuos que requieren atención	Cuantificación y caracterización de los DyRS generados en el ámbito municipal; inventario de ciclo de vida de residuos
Determinación de indicadores	Determinar la generación de residuos peligrosos y no peligrosos a los fines de: establecer prioridades de acción; sensibilización y concientización de los actores involucrados, necesidades de infraestructura para el tratamiento y disposición final, así como indicadores que faciliten el análisis de la efectividad de las medidas preventivas que se propongan.	Cuantificar indicadores de generación según tipo de residuos y por tamaño de la población	Estimaciones basado en indicadores generados en otras localidades a nivel nacional e internacional o declaraciones de carácter oficial sobre generación de residuos
Identificación y adaptación de opciones	Seleccionar el conjunto de operaciones y procesos a ser incorporados en el sistema de gestión integral de los DyRS en el ámbito geográfico que se esté considerando	Propuesta para la mejor combinación de operaciones y procesos incorporados al sistema de manejo de los DyRS generados en el ámbito municipal adaptada a la realidad técnica, económica ambiental y social de la localidad que se esté considerando.	Análisis de la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de las operaciones y procesos aplicables.

Tabla XIX.7. Etapas en el desarrollo de propuestas para el manejo integral de los DyRS generados en el ámbito municipal.

Etapa	Objetivo	Producto esperado	Herramientas aplicables
Formulación de un plan para la gestión integral de los DyRS	Estructurar una agenda de acciones específicas a corto mediano y largo plazo con la correspondiente asignación presupuestaria y programación para su ejecución, que permita avanzar en el logro de los objetivos, metas y líneas de acción estratégicas propuestas para lograr los grandes fines de la gestión integral, así como la definición de roles y responsabilidades para su ejecución.	Guía de acción que permita articular políticas, programas y proyectos o acciones que facilite la toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo, orientados al mejoramiento de la gestión de estas descargas a nivel municipal y que contribuyan a proteger la salud de las personas, promover la calidad ambiental con especial énfasis en los espacios urbanos, periurbanos y rurales, el uso sustentable de los recursos y la eficiencia y productividad de la economía local, regional y nacional.	Herramientas de planificación basadas en el Enfoque Escogencia Estratégica; Construcción de matrices DOFA: Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas – DOFA; Análisis de brecha y Mecanismos de validación, entre otros

continuación se resumen las opciones más utilizadas según la peligrosidad de estas descargas.

3.3. Opciones para el manejo de residuos peligrosos

En términos generales, el manejo de los DyR peligrosos inicia con la identificación, selección y aplicación del conjunto de medidas preventivas, dirigidas a evitar y/o minimizar la generación de los residuos, así como disminuir su peligrosidad. La Tabla XIX.8 presenta un resumen de las medidas y acciones correspondientes más utilizadas en la industria, principal foco de atención para el manejo de estas descargas. Aquellos residuos que inevitablemente se generan, requieren de un procesamiento que incluye: acondicionamiento, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final. Los principales aspectos a considerar en el desarrollo de cada una de ellas se resumen en las Tabla XIX.9 y XIX.10. (Martínez et al., 2005)

Cabe destacar que uno de los aspectos más importantes a considerar en el manejo de los residuos peligrosos es su incompatibilidad con otros materiales (ver Figura XIX.6). La descarga incontrolada de estos residuos puede generar mezclas complejas de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas peligrosas y no peligrosas, todas ellas en forma sólida, líquida o gaseosa, o sus mezclas, lo cual representa un alto riesgo ambiental, no solo por su capacidad de transporte, sino también por su alta toxicidad y peligrosidad para los seres vivos. Ello además obliga a la toma de previsiones para la selección de recipientes adecuados para su almacenamiento y transporte cumpliendo las disposiciones de la normativa correspondiente.

Con relación a las modalidades de tratamiento se debe tener en cuenta la generación de nuevas descargas (emisiones sólidas, líquidas y gaseosas) que también requerirán manejo seguro en función de sus características.

3.3.2 Opciones para el manejo de residuos no peligrosos

Las tendencias en materia de gestión de los DyRS no peligrosos, señalan que al momento de seleccionar el conjunto de estrategias, operaciones y procesos a ser incorporados en propuestas para el manejo de estas descargas, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

> Las propuestas deberán estar orientadas a la disminución de la generación de DyRS, como medio idóneo para reducir los impactos y costos asociados a su manejo, así como mejorar la calidad de vida de la población, el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales.

Tabla XIX.8. Acciones aplicables para la reducción de la generación y peligrosidad de residuos peligrosos. Elaboración propia.

Opciones	Posibles acciones	
Reducción en la fuente	Buenas prácticas de operación Se sugiere como primera opción. Por lo general se logran mejoras importantes sin mayores inversiones.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento de personal y programas de incentivos. - Buen manejo de materias primas y productos. - Adecuado control de stock de materias primas y productos (materiales perecederos). - Prevención de derrames. - Segregación de residuos. - Traslado de costos vinculados a los residuos al sector generador. - Organización de la producción.
	Cambios de tecnologías Modificaciones del proceso y equipamiento tendientes a reducir la generación de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios del proceso tecnológico. - Cambios de equipamiento, disposición de las unidades, cañerías, etc. - Uso de automatización cambios en las condiciones del proceso (flujos, temperatura, presión, tiempo de residencia).
	Cambios de materias primas Dirigidos a eliminar materiales contaminantes que se introducen con la materia prima o se forman en el proceso a partir de ella.	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales más puros. - Materias primas o insumos menos agresivos al medio ambiente. - Utilización de recursos renovables. - Utilización de materias primas recicladas o reciclables.
	Cambios de productos Orientados a reducir residuos derivados del uso del producto (Ej. envases).	<ul style="list-style-type: none"> - Sustitución del producto. - Cambios de composición. - Cambios de tipo de envases. - Extensión de la vida útil.
Reciclado	Uso y reúso de materiales	<ul style="list-style-type: none"> - Volver a usar el residuo en el proceso que lo origina. - Usar el residuo en otro proceso en la compañía o fuera de él.
	Recuperación	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperación de productos valiosos en el proceso productivo o fuera de él.
Producción más limpia	Se centra en la optimización del proceso de producción y el producto, de forma de utilizar en forma más eficiente los recursos y lograr la reducción de la generación de residuos.	
Eco-Eficiencia	La eco-eficiencia se apoya en el uso eficiente de las materias primas, reducción en la fuente, minimización de residuos, reúso y reciclado. Más que aumentar la eficiencia con las prácticas ya existentes, promueve y estimula la creatividad e innovación hacia la búsqueda de nuevas y mejores formas de hacer las cosas. “Producir más a partir de menos.”	

Tabla XIX.9. Algunos factores a considerar en las etapas de manejo de los residuos peligrosos.

Etapa	Factor a considerar	Información complementaria
Acondicionamiento	<p>Compatibilidad: Se consideran residuos incompatibles, aquellos que al entrar en contacto o mezclarse con otros, pueden generar calor, fuego, explosión, humos, gases tóxicos o inflamables, disolución de sustancias tóxicas o reacciones violentas. Factor indispensable considerar para el almacenamiento, traslado o cualquier manipulación de los desechos y residuos peligrosos.</p>	Los residuos peligrosos deben ser almacenados respetando los criterios de incompatibilidad mostrados en la Figura XIX.6.
	<p>Envasado: El recipiente debe ser de un material compatible con el residuo; durable y resistente a golpes; capaz de mantenerse cerrados sin posibilidades de pérdidas de material peligroso.</p>	Diversidad de contenedores en el mercado.
	<p>Etiquetado: Permite identificar el residuo peligroso e informar sobre la naturaleza del peligro que representa, alertando a las personas involucradas en el transporte o manejo sobre las medidas de precaución y prohibiciones.</p>	La etiqueta de riesgo informa sobre: identidad, cantidad, procedencia del residuo y la clase de peligro involucrado.
Almacenamiento	Se refiere a las condiciones para la contención temporal del residuo en un depósito especialmente acondicionado, a la espera de reciclaje, tratamiento o disposición final.	El sitio de almacenamiento debe cumplir con los criterios de ubicación, cercado y señalización; seguridad; manual de operación; planes de contingencia y capacitación de las personas involucradas en el manejo de estos residuos.
Transporte	Etapa intermedia entre el almacenamiento y sitio de tratamiento o disposición final durante la cual, el generador, transportista y destinatario de los residuos deberán coordinar las acciones para asegurarse que los residuos peligrosos se transporten en tiempo y forma segura hacia su destino.	El transporte debe realizarse en vehículos debidamente identificados por medio de rótulos de riesgo y paneles de seguridad para advertir que transportan residuos peligrosos (ver Figura XIX.7).

1	Oxidantes Ácidos minerales	1								
2	Caústicos	C	2							
3	Hidrocarburos Aromáticos	C,F		3						
4	Órganicos halogenados	C,E, GT	C,GI			4				
5	Metales	GI,C F			C,F	5				
6	Metales tóxicos	S	S					6		
7	Hidrocarburos alifáticos	C,F							7	
8	Fenoles y cresoles	C,F							8	
9	Agentes oxidantes fuertes		C	C, F		C,F	C	C		9
10	Agentes reductores fuertes	C,E, GT		C,GT					GI,C C,F,E	10
11	Aqua y mezcla que la contiene	C		C, E		S			GI, GT	11
12	Sustancias reactivas en agua	Extremadamente reactivas, no mezclar con ningún producto químico o material de desecho								12

Figura XIX.6: Criterios de incompatibilidad de residuos peligrosos. (Adaptada de Martínez et al., 2005).

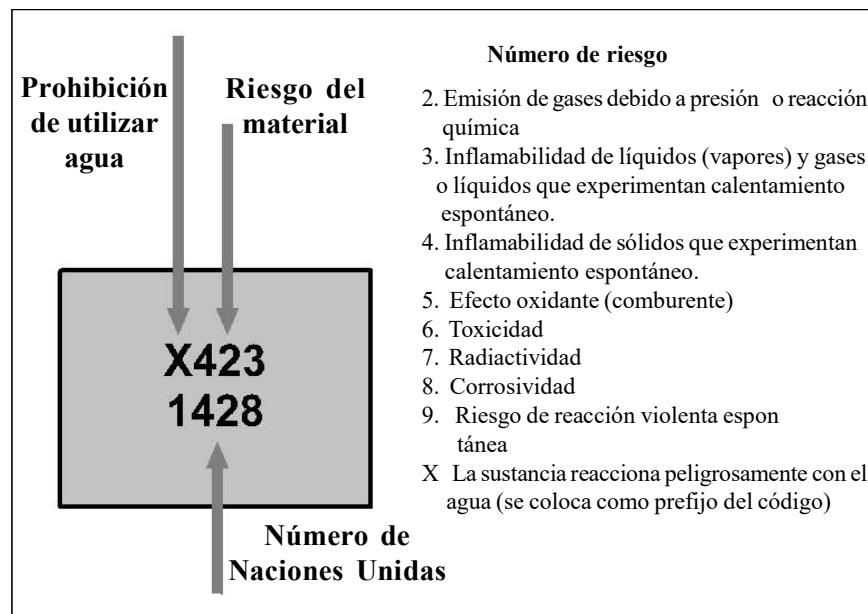


Figura XIX.7. Ejemplo de paneles de seguridad que deben identificar los vehículos utilizados para el transporte de residuos peligrosos⁶.

Tabla XIX.10. Modalidades para el tratamiento y disposición final aplicables en el manejo de los desechos peligrosos

Tipo de tratamiento	Aplicación	Propósito	Modalidad
Físico-químicos	Facilitar la recuperación de materiales y separación de constituyentes peligrosos, reducir la movilidad o peligrosidad de sus constituyentes, condicionar el residuo para ingresar a otra tratamiento o disposición final	Modifican las propiedades químicas o físicas de un residuo	<p>Físicos: Filtración; separación por gravedad (sedimentación, centrifugación, floculación y flotación); evaporación; destilación; arrastrar con aire o vapor; adsorción en carbón; intercambio iónico; también incluye irradiación con microondas y en autoclave, para la esterilización de residuos infecciosos.</p> <p>Químicos: Neutralización; precipitación; oxidación - reducción; descomposición por oxidación; declorinación con metales alcalinos</p>
Estabilización-solidificación	Mejorar las características físicas del residuo; disminuir la capacidad de transferencia de masa y solubilidad de los contaminantes presentes.	Reducir la capacidad de transferencia de masa y solubilidad de los contaminantes presentes.	<p>Fijación inorgánica: procesos de estabilización-solidificación utilizando materiales como cemento portland, materiales pozolámicos y cal.</p> <p>Encapsulamiento: con polímeros como asfalto, polietileno, urea formaldehído, poliester y butadieno</p> <p>También se utilizan técnicas de vitrificación por medio de la mezcla y fusión con materiales como la silice</p>
Biológicos	Propiciar la descomposición de ciertas sustancias por acción de un conjunto de cepas previamente seleccionadas y aclimatadas	Lograr la descomposición de contaminantes por acción de micro-organismos.	Tratamiento en suelo o «landfarming» y el tratamiento <i>in situ</i> de suelos contaminados o bioremediación
Térmicos	Reducir el volumen de residuos y recuperar energía.	Lograr la destrucción térmica del residuo	<p>Incineración , utilizando equipos diseñados para que los gases de combustión alcancen temperaturas en el rango de 850 a 1600 °C, con un tiempo en la cámara de combustión de al menos 2 segundos.</p> <p>Co-procesamiento o quema de residuos como sustituto parcial de combustible: Co-procesamiento en hornos de cemento - Incineración en calderas industriales</p> <p>Pirolysis (destrucción térmica en ausencia de oxígeno)</p> <p>Tecnología de arco de plasma (Uso de gas energizado en su estado de plasma mediante descarga eléctrica) Capaz de generar temperaturas de 3000 a 1.5000 °C</p> <p>Oxidación en sal fundida: oxidación sin llama a temperaturas entre 1500 y 2000 °C</p>
Disposición final	Obra de ingeniería diseñada, construida y operada para confinar en el terreno residuos peligrosos.	Disposición segura a los desechos peligrosos	Relleno de Seguridad dotado de la infraestructura y equipamiento, indispensable para el confinamiento seguro de todas las descargas generadas en el sistema de manejo de residuos incluyendo los provenientes del tratamiento, así como la minimización de la liberación de contaminantes al medio

> Tal propósito se pretende lograr mediante la modificación de prácticas de consumo cotidiano en las diversas actividades generadoras de estas descargas; introduciendo el concepto de producción limpia y consumo sustentable en los modelos de producción y consumo, incentivando el reúso y reciclado de los materiales aprovechables, propiciando su valoración y el reemplazo y ahorro de recursos naturales, entre otros.

> La propuesta deberá atender todas las corrientes de residuos provenientes de las diferentes etapas de manejo de residuos: generación, almacenamiento temporal, recolección y transporte, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.

Todo lo anterior ha inducido a que los nuevos modelos de gestión propicien formas diferentes de intervención para lograr sus objetivos, como por ejemplo, extendiendo la responsabilidad del productor y activando la conciencia de la sociedad sobre sus formas de consumo y desprendimiento de residuo. En términos generales, se puede afirmar que en la Región, las necesidades para mejorar los sistemas de manejo de DyRS actuales, tienen más que ver con estrategias de gestión, que con el sistema técnico operativo. Graciani (2018) reporta que en los países de América Latina y el Caribe, las principales necesidades, son: manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos; manejo de residuos eléctricos y electrónicos; aumentar separación en la fuente; aumentar tasas de reciclaje; promover el uso de tecnologías limpias; implementar sistemas de aprovechamiento energético; buscar usos y mercado para el “*compost*”; mejorar educación y participación ciudadana; financiamiento y esquema tarifario; eliminar quemas y disposición ilegal; fortalecimiento institucional y de capacidades; mejorar asociación entre municipios (mancomunidades) y mejora del marco normativo, entre otros.

A manera de ilustración, a continuación se presentan las tablas XIX.11 y XIX.12 donde se presentan un resumen de las tendencias en la incorporación de innovaciones tecnológicas en las distintas etapas del manejo de los DyRS no peligrosos generados en el ámbito urbano, así como las orientadas a mitigar el impacto ambiental negativo de estas descargas respectivamente.

4 Comentarios finales

La breve revisión de la situación actual del manejo y gestión de los DyRS generados en el ámbito municipal, sugiere que a pesar de los esfuerzos por avanzar en el cumplimiento de los compromisos en esta materia, el reto que representa ofrecer un servicio a cobertura plena y a costos razonables, cu-

Tabla XIX.11. Innovaciones tecnológicas incorporadas en las distintas etapas del manejo de los DyRS urbanos no peligrosos.

Etapa del Manejo	Innovaciones
Generación	Mejoras en la recolección selectiva, a fin de facilitar al usuario la clasificación de los residuos: Uso de colores identificativos, textos sencillos, sistemas participativos más eficientes, entre otros. Uso de flotas de transporte público impulsadas con biogás comprimido generados en la descomposición de la fracción orgánica de los residuos. Uso de máquinas que dan dinero a cambio de la entrega de materiales reciclables.
Almacenamiento	Modernización de contenedores, incorporación de contenedores inteligentes (reconocen personas que reciclan, avisan cuando están llenos entre otros), solares, con compactación automática y especiales para personas con discapacidad.
Recolección y transporte	Modernización de las características mecánicas y ergonómicas de los vehículos de recolecciónUso de vehículos de recolección con combustible biogás proveniente del tratamiento de residuos.
Recuperación y aprovechamiento de residuos	Especial énfasis en el manejo y aprovechamiento de los residuos orgánicos; aprovechamiento energético de los residuos; gestión y reciclaje de los residuos eléctricos y electrónicos (RAEE) y reciclaje de llantas usadas, PET y papel.
Disposición Final	Relleno Sanitario: Criterios más estrictos para el diseño, construcción y operación de la obra donde se confinarán en el terreno los desechos que no pueden ser recuperados o reciclados así como los provenientes de alguna modalidad de tratamiento aplicado para el acondicionamiento de estos desechos.

briendo las distintas etapas del manejo de los diferentes tipos de DyRS, desde su generación hasta su disposición final y apoyadas en un enfoque sistémico, que impida o minimice eficientemente el riesgo que estos representan para la salud y el ambiente y contribuya eficazmente al desarrollo sustentable de nuestras ciudades, aun no ha sido superado.

Tabla XIX.12. Tendencias en la incorporación de tecnologías para mitigar el impacto de los DyRS urbanos no peligrosos

Tecnología para	Tendencias
Aprovechamiento de residuos orgánicos	Formulación de normativa que restringe la disposición final de fracción orgánica sin procesamiento previo. Aplicación de prácticas de compostaje y digestión anaerobia, en muchas oportunidades acompañada de producción de biogás para el aprovechamiento energético de los residuos.
Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)	Designar a los productores de los equipos financieramente y físicamente responsables de sus aparatos hasta el final de ciclo de vida (Responsabilidad Extendida del Productor - REP). Impulsar estrategias para la clasificación y aprovechamiento de los RAEE, así como mejorar la capacidad de transporte, recolección, recuperación y re-venta.
Aprovechamiento energético de los residuos sólidos	Desarrollo de tecnologías orientadas al aprovechamiento de los residuos como fuente de energía renovable atribuida al contenido de biomasa (papel, cartón, madera y restos de alimentos. Entre ellas destacan: WTE (residuos para energía por sus siglas en inglés): los residuos se incineran a altas temperaturas ($>1000^{\circ}\text{C}$) para generar energía eléctrica y calórica a través de varios métodos complejos de conversión. Esta tecnología puede ser aplicada a diferentes tipos de residuos: semi-sólidos, líquidos y gaseosos. La ceniza remanente puede ser depositada en rellenos sanitarios o utilizada como agregado en otras aplicaciones, dependiendo del marco normativo y de las facilidades disponibles. Gasificación térmica: los residuos pre-procesados (acondicionamiento de tamaño de partícula) son gasificados en presencia de poco oxígeno (menor a requerimientos estequiométricos). El gas de síntesis resultante es utilizado como combustible para generar energía. La ceniza es depositada en los rellenos o se puede usar como agregado en otras aplicaciones.

Tabla XIX.12. Tendencias en la incorporación de tecnologías para mitigar el impacto de los DyRS urbanos no peligrosos (cont.)

Tecnología para	Tendencias
Aprovechamiento energético de los residuos sólidos	<p>Pirólisis: Se basa en la descomposición termoquímica del material orgánico a temperaturas en el orden de 800°C en ausencia de oxígeno. El gas de pirolisis resultante es utilizado como combustible para generar energía. Los residuos de carbón o aceitosos se depositan en los rellenos o se utilizan utilizados como materia prima en otros procesos.</p> <p>Gasificación por arco de plasma: En este caso los residuos orgánicos son pirolizados a altas temperaturas (4.000-7000°C) para convertirse en gas de síntesis que puede ser utilizado como combustible para generar energía. La fracción inorgánica se convierte en escoria vitrificada que se pueden usar como agregado en otras aplicaciones.</p> <p>Tratamiento mecánico biológico (MBT por sus siglas en inglés): Consiste en el procesamiento mecánico parcial de los residuos para remover ciertos constituyentes y el tratamiento biológico del material resultante. El objetivo es reducir volumen y facilitar uso posterior del sub producto, los cuales pueden ser: una fracción orgánica estabilizada, productos sólidos combustibles recuperados, materiales ferrosos/no ferrosos y biogas.</p> <p>Digestión anaerobia: la fracción orgánica de los residuos se somete a degradación biológica en ausencia de oxígeno. El principal producto es un biogás rico en metano que puede ser utilizado como combustible para generar energía. El compost residual se utiliza como acondicionador de suelo y otros materiales separados en pretratamiento del residuo se deposita en relleno.</p> <p>Compostaje: la fracción orgánica de los residuos se somete a degradación biológica en presencia de oxígeno para producir abono orgánico comercializable como acondicionador de suelo. Los materiales separados en pretratamiento del residuo se deposita en el relleno.</p>

Tabla XIX.12. Tendencias en la incorporación de tecnologías para mitigar el impacto de los DyRS urbanos no peligrosos (cont.)

Tecnología para	Tendencias
Reciclaje de materiales aprovechables	Impulsar programas de recuperación, reúso y reciclaje de materiales aprovechables tales como papel, cartón y plástico, entre otros constituyentes de los residuos. La creación de impuestos por uso del relleno sanitario ofrece una oportunidad para incentivar el reciclaje, convirtiéndose en la política ambiental más exitosa en el sector residuos sólidos.

Las experiencias exitosas reportadas en otros países señalan la imperiosa necesidad de incorporar cambios de conducta en la comunidad generadora, existiendo consenso en la necesidad en que además, es indispensable abordar los aspectos técnicos relacionados con la gestión integral de los DyRS, e incidir en la formación de los nuevos profesionales y de la comunidad en general con fortalezas para el desarrollo sustentable, haciendo énfasis en la prevención antes que en la remediación.

En síntesis, se puede afirmar que el enfoque sistémico de la política de gestión integral de los DyRS en una determinada localidad, sector o región implica formular propuestas que involucren todas las etapas de manejo de los DyR, (generación almacenamiento, recolección, valoración, tratamiento y disposición final) de todas aquellas corrientes de residuos que requieren atención por el potencial impacto que representan para el ambiente y la salud de las personas. Ello dará como resultado un sistema de manejo conformado por tantos subsistemas como corrientes se identifiquen, en mayor o menor grado interrelacionados entre sí, que permitirá dar soluciones integrales a la totalidad de DyRS que se generen en el sector bajo estudio. Los subsistemas considerados por lo general son: residuos sólidos urbanos, actividades productivas (industriales - agroindustriales) y de servicios; atención a la salud y residuos especiales, éste último a su vez, integrado por sistemas individuales en función del tipo de residuo en cuestión. (Martinez, et al., 2005).

Cabe destacar que la definición de las corrientes de DyRS a considerar deberá ser realizada en función de las características de los DyRS, del tipo de generador y las opciones disponibles para impulsar la gestión de los DyRS en forma sostenible y eficaz. La Figura XIX.8 muestra un esquema básico típico de la integración de los distintos subsistemas propuestos para

atender la problemática asociada a los grupos de corrientes identificadas tomado de Martínez et al (2005).

Asimismo es oportuno señalar que las propuestas se deben estructurar en el marco del ciclo de vida de productos y residuos, teniendo en cuenta la jerarquía en la gestión de residuos y utilizando técnicas efectivas como el análisis del inventario del ciclo de vida de desechos para cuantificar y evaluar su eficiencia ambiental, sostenibilidad económica y aceptabilidad social, los tres pilares fundamentales de la sustentabilidad. Adicionalmente se puede inferir que no es imprescindible contar con infraestructura para cada una de las fracciones de residuos que se generan en la localidad, ya que se pueden integrar sistemas en base a soluciones regionales siempre y cuando existan los acuerdos necesarios.

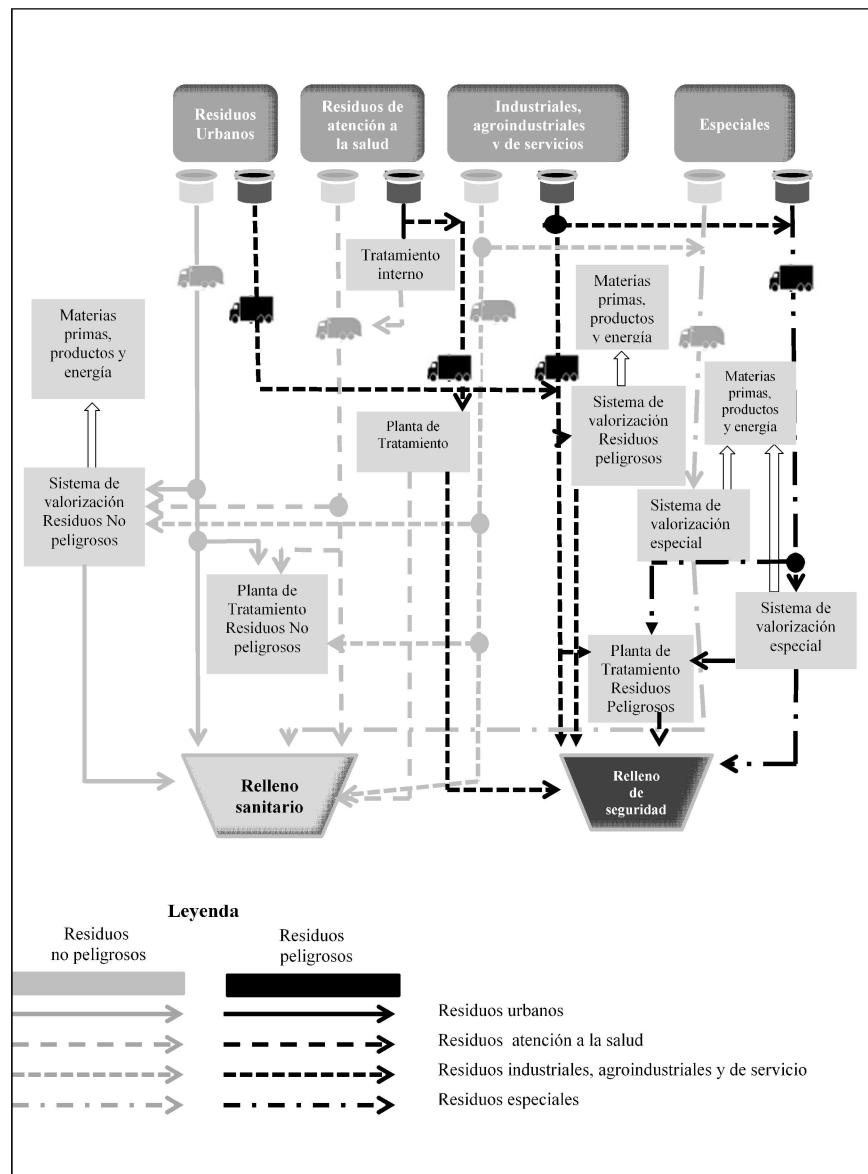


Figura XIX.8. Esquema básico típico de la integración de los distintos subsistemas en un sistema de gestión integral de DyRS. (Adaptada de: Martínez et al., 2005).

BIBLIOGRAFÍA

- ABARCA-GUERRERO, L., G. MASS y W. HOGLAND*
 2015. Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Tecnología en Marcha.* 28(2): 141-168.
- BID/DIRSA/OPS – OMS*
 2010. Evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe 2010 – *Informe Analítico por País: República Bolivariana de Venezuela* elaborado por Rebeca Sánchez – Facultad de Ingeniería -UCV. 49p.
- FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, FI-UCV*
 2013. *Diagnóstico para determinar las alternativas de solución para un manejo integral y sustentable de los residuos y desechos sólidos en el Estado Bolivariano de Miranda. Informe Final.* Proyecto realizado por el grupo de trabajo integrado por los Profesores Henry A. Blanco, Rosario Alberdi, Griselda Ferrara de Giner, María Virginia Najul, los profesionales de apoyo técnico: Ing. Julián Lovera, Jimena Arcaya, Julián Triana, Fernando García, y el personal de apoyo en campo, coordinados por la Profa. Rebeca Sánchez.
 2018. *Desarrollo de un plan de gestión integral de desechos y residuos sólidos para el Estado Bolivariano de Miranda. Informe Final.* Realizado por el grupo un trabajo de la Facultad de Ingeniería UCV coordinado por Rebeca Sánchez.
- GOBIERNO DE COLOMBIA*
 (sf). Estrategia Nacional de Economía Circular. Nuevos modelos de negocio, transformación productiva y cierre de ciclos de materiales. Documento de trabajo en su versión inicial para concertación con todos los actores involucrados, disponible en <https://cempre.org.co/cempre/wp-content/uploads/2018/11/ECONOMI%CC%81A-CIRCULAR-1.pdf>.
- GORBV- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA*
 2010. Ley de Gestión Integral de la Basura. GORBV N°6.017 30/12/2010. Documento en línea, disponible en: repositorios.unes.edu.ve:8080/jspui/bitstream/123456789/389/1/Ley_de_los_Consejos_Estadales_de_Planificación_y_Coordinación_de_Políticas_Públicas_282010%29.pdf. pp 18 -28.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA - INE*
 2018. *Proyecciones de población.* Documento en línea, disponible en <http://www.ine.gov.ve/>.
- MARCET, X., M. MARCET y F. VERGÉS*
 2018. Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio. Asociación Pacto Industrial de la Región Metropolitana de Barcelona. *Papeles del pacto Industrial* N° 4:56. Barcelona España.
- MARTÍNEZ, J., M. MALLÓ, L. ROSARIO, J. ÁLVAREZ, A. SALVARREY y P. GRISTO*
 2005. *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos Tomo I: Fundamentos.* Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. 163p.

NACIONES UNIDAS – COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, CEPAL

2016. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, Chile. 49p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, MEDIO AMBIENTE – ONU – MEDIO AMBIENTE

2017. *Aumenta la generación de residuos en América Latina y el Caribe mientras 145.000 toneladas aún se disponen de forma inadecuada cada día.* Documento en línea, disponible en: <https://www.aa.com.tr/es/mundo/onu-aumenta-la-generaci%C3%B3n-de-basuras-en-latinoamerica-y-el-caribe/974785>.

RODRÍGUEZ – HERRERA, H.

2012. *Gestión integral de residuos sólidos.* Fundación Universitaria del Área Andina. Bogotá Colombia. 112p.

SÁNCHEZ, R.

2018. *La gestión integral de los desechos y residuos sólidos en Venezuela: De los buenos propósitos a la realidad.* Conferencia presentada en Foro Desechos Sólidos Comisión Permanente de Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático. Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela.

2005. *Gestión de los residuos sólidos municipales en condiciones normales y en situaciones de emergencia.* Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. 90 p.

TCHOBANOGLOUS, G., H. THEISEN y S. VIGIL

1994. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Editorial .McGraw-Hill. Madrid.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM – UNEP

2005. *Integrated Waste Management Scoreboard. A Tool To Measure Performance In Municipal Solid Waste Management,* UNEP, 5-7.

2009. *Developing Integrated Solid Waste Management Plan.* Training Manual, Volume 2. Assessment of Current Waste Management System and Gaps therein. Compilado por United Nations Environmental Programme, Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre, Osaka/Shiga, Japan, 23 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM – UNEP - INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION – IAWA

2016. *Perspectiva mundial de la gestión de residuos. Resumen para los responsables de la toma de decisiones.* Documento en línea disponible en: https://issuu.com/jeffalexjota03/docs/gwmo_summary_spanish_1.

NOTAS

¹ Personas dedicadas a la búsqueda manual de constituyentes de los DyRS, incluyendo comida.

² Se estima que el manejo adecuado de los DyRS urbanos podría contribuir con la reducción del 15% al 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas a la actividad económica. (UNEP-ISWA,2016)

³ Modelo económico basado en la producción y consumo lineal. Los bienes son producidos a partir de las materias primas, vendidos, utilizados y finalmente desechados como residuos.

⁴ Modelo económico cuyo propósito es mejorar el rendimiento de los recursos mediante la implantación de nuevas formas de reutilizar los productos o sus componentes y restaurar los materiales valiosos, así como la energía y mano de obra.

⁵ Esta herramienta ha contribuido con éxito, en el ámbito local, a la identificación de problemas y al diseño de decisiones ante problemáticas complejas y limitadas en información, en situaciones de planificación bajo presión. Es un método enfocado a afrontar lo urgente sin dejar de lado lo importante, concertando prioridades y acciones entre los diferentes agentes involucrados, en un proceso participativo e interactivo, reconociendo los conflictos y disminuyendo el riesgo y la incertidumbre inherentes a estos procesos, permitiendo identificar y estructurar las acciones posibles, viables (y no las óptimas) en la resolución de problemas.

⁶ Los paneles de seguridad son placas anaranjadas con borde negro, rectangulares con no menos de 14 x 35 cm, que deben contener el número de Naciones Unidas según categoría de residuo en la parte inferior y el número de riesgo que le corresponda a la carga en la parte superior.

Rebeca Sánchez

Ingeniero Químico, Instituto Universitario Politécnico de Barquisimeto, 1977. MSc en Ingeniería Sanitaria – Mención Calidad del Agua, UCV, 1980, MSc en Investigación de Operaciones, UCV, 1997, Dra. Ciencias de la Ingeniería, UCV, 2012. Profesor Titular adscrita a la Facultad de Ingeniería – UCV, actualmente Directora de la Coordinación de Investigación de esa Facultad. Docencia e investigación en el área de manejo integral de desperdicios (sólidos y líquidos) en el sector municipal e industrial. El producto de su actividad docente e investigativa se refleja en 130 publicaciones de eventos científicos nacionales e internacionales; 21 libros/capítulos de libros y monografías; 35 artículos publicados en revistas arbitradas nacionales e internacionales. Tutor o cotutor de 52 trabajos especiales de grado y trabajos de grado de maestría.

CAPÍTULO XX

INSTRUMENTOS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

“la integración de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA), en la planificación y en apoyo a las tomas de decisiones ha sido llamado -la estrategia ideal mediante la cual el desarrollo sustentable puede ser alcanzado-”¹.

Introducción

El ser humano se encuentra en un constante cambio, no sólo en lo referido a los avances tecnológicos, sino también en todo lo que se refiere al desarrollo del individuo en sí mismo como persona. Es por ello, que el concepto de desarrollo humano se ha ido alejando de la esfera de la economía para incorporar otros aspectos igualmente relevantes para la vida, como la cultura.

Así pues, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) define hoy al desarrollo humano como “el proceso de expansión de las capacidades de las personas que amplían sus opciones y oportunidades”. Tal definición asocia el desarrollo directamente con el progreso de la vida y el bienestar humano, con el fortalecimiento de capacidades relacionadas con todas las cosas que una persona puede ser y hacer en su vida en forma plena y en todos los terrenos, con la libertad de poder vivir como le gustaría hacerlo y con la posibilidad de que todos los individuos sean sujetos y beneficiarios del desarrollo.

Al componente cultural se debe agregar aquellos derivados del componente económico tales como el ingreso per cápita, el empleo o los índices de productividad y competitividad, y aquellos asociados al fortalecimiento institucional, la existencia de tejido y capital social y la movilización de la ciudadanía. La cultura es primaria, se encuentra junto al individuo desde el comienzo, no existe persona que no tenga cultura, todos somos parte de una cultura que nos atraviesa a todos logrando así no sólo un desarrollo solitario, sino por el contrario, se logra un avance y desarrollo integral colectivo. La cultura pertenece a todos, no podemos hablar de incultos, puesto que cada grupo social tiene una cultura diferente, de la cual nosotros podemos aprender algo de ellas o viceversa; pero algo que tienen todas las culturas en común es que siempre quieren ser mejores.

La presión de la crisis ambiental propició que la Organización de las Naciones Unidas en 1983 estableciera la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. El grupo trabajó por casi tres años -bajo la coordinación de la Primera Ministra Noruega Gro Harlem Brundtland- que vieron su fin en 1987 con la publicación del documento llamado *Nuestro Futuro Común*. El reporte hace referencia a las crecientes tensiones entre el ambiente y la economía y propone llevar a cabo un “desarrollo sustentable” como el único camino seguro y viable a la estabilidad política y ecológica del mundo.

Sin embargo, el discurso configurado por el “grupo Brundtland” continúa apoyando el desarrollo programando la erradicación de la pobreza y la conservación del ambiente. La retórica sustentable pone como una víctima más a la que hay que rescatar a La Tierra, cuando se observó desde el espacio y al definirla como:

“... una esfera frágil y pequeña dominada no por la actividad y las diligencias humanas, sino por un conjunto de nubes, océanos, verdor y suelos.” (WCED, 1987:1).

En el mencionado documento *Nuestro Futuro Común* en el Capítulo “De una Tierra un Mundo” la página 24 sub capítulo 3. “El Desarrollo Duradero”, en el punto 27 se extrae la idea que la humanidad tiene la habilidad para hacer el desarrollo sustentable, con el fin de garantizar las necesidades actuales sin comprometer aquellas de las generaciones futuras, y más aún señala:

“*El concepto de desarrollo duradero (sostenible) implica límites, no límites absolutos, sino limitaciones que imponen los recursos del ambiente, el estado actual de la tecnología y de la organización social, la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de las actividades humanas. Pero tanto la tecnología como la organización social pueden ser ordenadas y mejoradas de manera que abran el camino a una nueva era de crecimiento económico.*”

Así mismo la Comisión se refirió al problema de la pobreza que la considera perversa por sí misma, por lo tanto, el desarrollo sustentable debe garantizar las necesidades básicas de todos y extender a todos las oportunidades para alcanzar sus aspiraciones de una vida mejor. Un mundo con pobreza endémica será siempre proclive a variados tipos de catástrofes incluyendo aquellas de carácter ambiental.

En el Anexo 1, página 339 el documento se refiere a los *Derechos Fundamentales* y expone que:

1. Todos los seres humanos tienen el derecho fundamental a un ambiente adecuado para su salud y bienestar.

Equidad Intergeneracional.

2. Los Estados deben conservar y usar el ambiente y los recursos naturales para el beneficio de generaciones presentes y futuras.

Evaluación Ambiental Previa.

5. Los Estados deben realizar y requerir Evaluaciones Ambientales Previas a aquellas actividades propuestas que pudieran afectar significativamente el ambiente o el uso de los recursos naturales.

Notificación Previa, Acceso, y Proceso Debido.

6. Los Estados deben informar en forma oportuna a todas las personas que pudiesen verse afectadas de manera significativa por una actividad planificada y debe garantizar acceso equitativo y debido proceso en procedimientos administrativos y judiciales.

Desarrollo Sustentable y Asistencia.

7. Los Estados deben asegurar que la conservación del ambiente debe ser tratada como parte del proceso de planificación y de la implantación de actividades para el desarrollo y deben proveer asistencia a otros Estados, especialmente a países en desarrollo para garantizar la protección ambiental y el Desarrollo Sustentable.

1 Definiciones

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental y Sociocultural (EIA), aplicables a Políticas, Planes, Programas y Proyectos (PPPP), corresponden a un proceso administrativo que da apoyo a las políticas públicas relacionadas con la materia ambiental. Es un instrumento analítico, de carácter racional y anticipativo y en apoyo a la toma de decisiones. Su uso y aplicación apoya en el mediano y largo plazo, tanto al ambiente como al proyecto. Desde el punto de vista del proyecto, permite la selección de las tecnologías y procesos adecuados, que minimicen los impactos negativos al ambiente, potencien aquellos positivos y permite una inserción armónica de este al entorno. Desde el punto de vista del ambiente y de las comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto, se logran diseños adecuados, así como una mayor aceptación social a las inversiones.

A continuación, se revisan las definiciones fundamentales para el tema:

Evaluación de Impacto Ambiental: Proceso en apoyo a la toma de decisiones, que se realiza a PPPP y en diferentes ámbitos geográficos, que se

sustenta en un análisis técnico previo para predecir y evaluar los efectos de las acciones del desarrollo sobre los componentes del ambiente físico-natural y socio-cultural y proponer cambios en la planificación y diseño de estrategias de acción o las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas, a los fines de verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales contenidas en la normativa legal y determinar los parámetros ambientales que conforme a la misma deban establecerse. La Evaluación de Impacto Ambiental según la Ley Orgánica del Ambiente (2006), en su artículo 3 la define como:

“un proceso de advertencia temprana que opera mediante un análisis continuo, informado y objetivo que permite identificar las mejores opciones para llevar a cabo una acción sin daños intolerables, a través de decisiones concatenadas y participativas, conforme a las políticas y normas técnicas ambientales.”²

Impacto o Efecto Ambiental: Incidencia o modificación favorable o desfavorable del ambiente o a uno o más de sus elementos, ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza. Este puede ser directo, indirecto o acumulativo.

Directos: Son aquellos causados por la acción del hombre o la naturaleza y ocurren en el mismo lugar y tiempo.

Indirectos: Son aquellos causados por la acción del hombre o la naturaleza y ocurren posteriormente en el tiempo y a distancia, pero pueden ser previstos. Los efectos indirectos pueden incluir efectos inducidos por crecimiento o por cambios inducidos en los patrones de uso de la tierra, densidad de población, tasas de crecimiento y cambios en sistemas naturales y socio-culturales.

Acumulativos: Son causados por la suma y sinergia de acciones pasadas, presentes o que se prevén a futuro, independiente de la persona que las ejecute. Los efectos acumulativos pueden resultar de acciones individuales menores pero que en colectivo son acciones significativas en el espacio y en el tiempo.

Estudio de Impacto Ambiental y sociocultural (EIASC): Estudio o documento de carácter técnico orientado a predecir y evaluar los efectos del desarrollo de una actividad sobre los componentes del ambiente (naturales o sociales) y proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas, a los fines de verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales contenidas en la normativa legal vigente en el país, y determi-

nar los parámetros ambientales, que conforme a las mismas, deben establecerse para cada programa o proyecto. En Venezuela según la Ley Orgánica del Ambiente (2006) en su artículo 3, define a los EIASC como la:

“Documentación técnica que sustenta la evaluación ambiental preventiva y que integra los elementos de juicio para tomar decisiones informadas con relación a las implicaciones ambientales y sociales de las acciones del desarrollo.”³

Estudios de Línea Base: Levantamiento o recolección de información físico-natural y socio-cultural del área donde se desarrollará una política, plan, programa o proyecto; incluye además, el procesamiento y análisis de la misma a los fines de establecer una descripción válida y que permita establecer posteriormente un programa de mediciones o seguimiento, para determinar tendencias y así prever o alertar oportunamente sobre los cambios que pudieran originarse o sucederse en el área objeto del desarrollo y su zona de influencia.

2 Justificación y cuando debe ejecutarse la Evaluación de Impacto Ambiental y Sociocultural (EIASC)

A mediados y finales de la década de los años '60, primero como consecuencia del interés por la materia ambiental y segundo como consecuencia de los resultados no muy positivos de proyectos mayores de ingeniería, se buscó la manera, desde el punto de vista técnico, de apoyar el proceso de Planificación Ambiental. Con este fin se idearon las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA).

Por las ideas expuestas se comenzaron a realizar Evaluaciones de Impacto Ambiental a nivel mundial. Como inicio de toda actividad surgieron varias interrogantes, la primera de ellas ¿en qué momento se debe incluir la componente ambiental en un proyecto?; la segunda ¿a qué tipo de proyecto se justifica realizarle una EIA?; tercera ¿en qué momento de las diferentes fases de la ingeniería se debe iniciar la EIA?

Todo proyecto de ingeniería implica diferentes fases que incluye: Prefactibilidad; Factibilidad; Básica y de detalle; Ejecución; Construcción; Puesta en marcha; Operación; Mantenimiento; Clausura y Desmantelamiento.

Lo recomendable es que la componente ambiental se introduzca en las fases más tempranas de las políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo, como en la de Prefactibilidad o Factibilidad.

La ejecución del Estudio de Impacto Ambiental y Socioeconómico y Cultural (EIASC), debe incorporarse desde sus etapas iniciales e irse ajustando a las distintas etapas, cuando la información importante para la determinación de los balances de masas de materias primas, procesos, efluentes, emisiones o desechos permitan determinar las opciones de localización de las instalaciones, características de los procesos, selección de tecnologías adecuadas y medidas requeridas para minimizar los impactos negativos al ambiente.

3 Breve reseña histórica de los EIASC en el mundo y en Venezuela.

La historia de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se inicia en 1969 en los Estados Unidos de Norte-América con la Ley Nacional de Política Ambiental (National Environmental Policy Act). El propósito de esta norma era el perfeccionamiento del procedimiento administrativo, a fin de mejorar la calidad de toma de decisiones desde la perspectiva ambiental y social.

Además, siguieron esta orientación Nueva Zelanda, Australia y Canadá y en otros países iniciaron sus propios procesos con un enfoque diferente. Países como Suecia en su Ley de Protección Ambiental (1969), o Francia en su Ley de Protección de la Naturaleza (1976), introdujeron la EIA. En estos países no se trataba de mejorar la calidad del proceso de toma de decisiones a través del perfeccionamiento del procedimiento administrativo, sino mejorar la calidad y cantidad de información técnica y, así, ampliar la base de conocimiento para la toma de decisión por parte de la autoridad. Avanzada la década del ochenta la Comunidad Europea aprobó la Directiva 85/337/CEE (modificada por la Directiva 97/11/CE) en la que se consolidaron las distintas legislaciones de los países miembros, y al mismo tiempo obligó a aquellos países que no tuvieran normativa en la materia, a adoptarla.

En América Latina el proceso de institucionalización de la EIA respondió inicialmente a satisfacer los requisitos exigidos para el otorgamiento de créditos por parte de los organismos multilaterales financieros. Así, este proceso latinoamericano priorizó el enfoque de la presentación de estudios o informes de impacto ambiental, antes que el procedimiento a través del cual mejorar el sistema de decisiones públicas. Colombia fue pionera al incorporar los EIA en su Código de Recursos Naturales en 1973, luego otros países como México en 1978, Brasil en 1988, Venezuela y Bolivia en 1992, Paraguay, Chile y Honduras en 1993 y Uruguay en 1994.

En Venezuela después de la promulgación de la Ley Orgánica del Ambiente (1976), y la creación del Ministerio del Ambiente y de los Recursos

Naturales Renovables (Ley Orgánica de Administración Central) se inician las EIA, siguiendo los criterios establecidos internacionalmente, pero sin dar cumplimiento a ninguna normativa legal existente.

El primero de ellos en Venezuela, correspondió al efectuado al Proyecto Planta Centro en el año 1979. No fue sino hasta la promulgación de la Ley Penal del Ambiente (3-1-1992) y el Decreto 2213 (23-4-1992) "Reglamento Parcial de la Ley Orgánica del Ambiente sobre Estudios de Impacto Ambiental", posteriormente derogado por el Decreto 1257 (13-3-1996), "Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente", que el procedimiento se establece oficialmente.

En 1979, Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA), Casa Matriz de la industria petrolera venezolana, sus empresas filiales operadoras (Corpoven, Maraven y Lagoven) y el Intevep (Centro de Investigación), iniciaron esfuerzos para consolidar la función Ambiente en sus organizaciones. Igualmente se buscaba mejorar la calidad del proceso de toma de decisiones mediante procedimientos de carácter administrativo, a fin de mejorar la perspectiva ambiental y social. Los EIA, se convirtieron en instrumentos de Planificación y Control de Gestión Ambiental y se han realizado para un gran número de proyectos de la IPPCN, destacando aquellos correspondientes al desarrollo integral de la Faja Petrolífera del Orinoco y el Proyecto CIGMA entre otros.

4 Métodos utilizados para la realización de las Evaluaciones Ambientales y Socioculturales

Según Morris y Therivel (2001) los métodos utilizados para la realización de los EIA, han venido evolucionando como resultado de:

- > La experiencia práctica acumulada en los últimos 40 años.
- > Aparición de nuevas herramientas utilizables, entre las cuales destaca el desarrollo de la computación, la aparición de la disciplina de la Geomática y las bases de datos ambientales.

La evolución se ha observado en alguno de los métodos más comúnmente utilizados tales como:

- > Listas de Chequeo. Aplicable en la identificación de impactos claves, con el fin de evitar que sean pasados por alto especialmente en las fases iniciales de visualización.

> Las matrices de interacción. Permiten identificar impactos, pero son especialmente útiles en la identificación de la relación causa-efecto, entre las fuentes de los impactos y los impactos al ser ploteados en ejes diferentes.

> Diagramas de flujos y redes. Pueden ser utilizadas en la identificación de la relación/conexiones/rutas de las causa-efecto, entre fuentes de los impactos, entre fuentes e impactos y entre impactos primarios y secundarios.

> Modelos Matemáticos y Estadísticos. Se apoyan en el uso de funciones matemáticas o estadísticas que son aplicadas para calcular valores cuantitativos determinísticos o probabilísticos, basado en valores numéricos como entrada. Pueden variar entre procedimientos muy sencillos que pueden ser calculados con calculadoras de bolsillo o mediante hoja de cálculo o con la aplicación de sofisticados modelos capaces de manejar muchas variables. Requieren de datos adecuados y confiables. Los resultados requieren de validación.

> Cartografía apoyada en computadoras, aplicación de la percepción remota y sistemas de información geográfica (disciplina conocida como Geomática). La aplicación de las herramientas de Geomática (cartografía digital, datos provenientes de sensores remotos y los sistemas de información geográfica) permiten la identificación de áreas impactadas, localización y extensión de las superficies receptoras de los impactos. Los SIG permiten integrar información de diferentes fuentes, así como capas de información simplificando la introducción y manipulación de datos cuantitativos e incluso la aplicación de modelos.

5 Fases de una Evaluación de Impacto Ambiental

Según Morris y Therivel (2001) las fases para una EIA se muestran en la figura XX.1.

Después de la fase de visualización que le corresponde al promotor de la idea la fase fundamental inicial de toda EIA es la descripción del ambiente o sitio de desarrollo. Comprende la descripción detallada de los diferentes factores ambientales, así como la búsqueda de la documentación, datos e información relativa al ambiente en el cual el Plan, Programa o Proyecto se desarrollará. Un sumario de la información y datos técnicos detallados del proyecto, así como las características del ambiente deben ser obtenidas.

Existen muchas herramientas útiles para el desarrollo de las descripciones de los factores ambientales. No existe un procedimiento o herramienta

universal, razón por la cual la combinación de varias de ellas puede llevar a mejores resultados. Los datos e información relacionada a los factores ambientales de interés, es muy variada, sin embargo, dependiendo de un análisis previo exhaustivo, puede ser llevado a un número mínimo de factores a considerar, que sean de relevancia para el EIA a realizar.

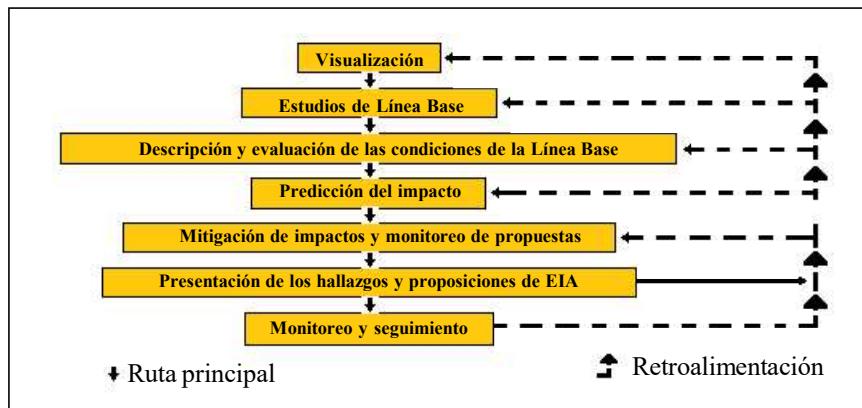


Figura XX.1. Fases o modelo conceptual de una EIA (Según Morris y Therivel 2001).

En general se acepta que esta fase debe cubrir una descripción lo más detallada que sea posible de los componentes del ambiente y del proyecto en cuestión. En el caso del ambiente se incluyen al medio natural que comprende la descripción del paisaje natural; los suelos, geología y geomorfología; los recursos hídricos; la ecología (flora y fauna y sus relaciones); y las características asociadas a la calidad del aire, al clima y a la meteorología. Adicionalmente se debe recabar toda la información sobre las características socioeconómicas y culturales del área de influencia directa e indirecta del proyecto. En cada uno de los aspectos listados se deben efectuar los estudios de Línea Base, la predicción de los impactos, determinar las medidas de mitigación y control de esos impactos y el diseño de un Plan de Monitoreo.

Así como se realizó una descripción de las características del ambiente a ser afectado se debe realizar la correspondiente al proyecto a desarrollar.

En la realización de un EIA a un Plan, Programa o Proyecto, según la legislación vigente, debe incluir la documentación siguiente:

1. Una descripción detallada del proyecto que debe tener:

1a. Descripción de las características físicas del conjunto del proyecto y de las exigencias en materia de utilización del suelo durante las fases de construcción y operación,

1b. Descripción de las principales características de los procedimientos de fabricación, con indicaciones, por ejemplo, sobre la naturaleza y cantidad de materiales utilizados,

1c. Estimación de los tipos y cantidades de residuos y emisiones previstos (contaminación del agua, del aire y del suelo, ruido, vibración, luz, calor, radiación) que se derivan del funcionamiento del proyecto.

2. Identificación del Área de Influencia (AI), directa e indirecta, producto de una descripción detallada de los espacios requeridos por todas las fases del proyecto (1) y sus áreas de influencia.

3. Principales alternativas examinadas y una indicación de las principales razones de una elección, teniendo en cuenta el impacto ambiental.

4. Descripción de los elementos del ambiente que puedan verse afectados de forma considerable por el proyecto propuesto.

5. Descripción de los impactos/efectos importantes del proyecto propuesto sobre el ambiente, debido a:

5a. La existencia del proyecto,

5b. La utilización de los recursos naturales,

5c. La emisión de contaminantes, la creación de sustancias nocivas o el tratamiento de residuos, y los métodos de previsiones utilizadas para evaluar los efectos sobre el ambiente.

6. Descripción de las medidas previstas para evitar, reducir y, si fuere posible, compensar los efectos negativos importantes del proyecto sobre el ambiente.

6 Otros tipos de Evaluaciones de Impacto Ambiental

6.1 Las Evaluaciones Ambientales Estratégicas

Constituyen un método ampliamente reconocido como prometedor, para la evaluación de los efectos en el ambiente de políticas, planes y programas (UNEP, 2004). Se entiende como un proceso formal y sistemático que analiza los efectos en el ambiente de políticas, planes y programas, así como de otras iniciativas de carácter estratégico.

Según Thérivel et al. (1992):

“La evaluación ambiental estratégica se puede definir como el proceso formal, sistemático e integral de evaluación de los impactos ambientales de una política, plan o programa que incluyen la preparación de un informe escrito de los resultados de esa evaluación, y el uso de los resultados en la toma de decisiones públicamente responsable.”

En la mayor parte de los estados europeos occidentales esto ha sido llevado más allá hasta incluir los aspectos sociales y económicos de la “sostenibilidad”. La EAE debería asegurar que política, planes y programas toman en consideración los efectos ambientales que causan. Cuando estos efectos ambientales son parte de todo el proceso de toma de decisiones se trata de una EAE.

Las EAE extienden los objetivos y principios de los EIA a niveles más alto de la toma de decisiones, donde alternativas se mantienen abiertas con una visión mucho más amplia, que el de un proyecto específico, con el fin de integrar consideraciones ambientales a sus metas y objetivos.

Adicionalmente los EAE, pueden y de hecho proveen alertas tempranas sobre efectos acumulativos a gran escala, particularmente aquellos resultantes de proyectos de menores dimensiones, que hayan sido evaluados como posibles, en EIA separados.

En la figura XX.2 se señala la ubicación de la EAE (caso de Nueva Zelanda) en relación al resto de las acciones que debe acometer un país para la estructuración de estrategias como parte de Políticas de estado en materia de desarrollo integral, conforme a la defensa y protección del ambiente.

Los EAE han sido desarrollados con el fin de cubrir efectos no considerados directamente en los EIA. Las diferencias entre ellos se muestra en la Tabla XX.1.

6.2 Evaluación Ambiental Acumulativa (EAA)

La Agencia Canadiense para la Evaluación Ambiental (CANADIAN Environmental Assessment Agency) la define como la evaluación de los Cambios en el Ambiente causados por la acción combinada con acciones humanas del pasado, presente y futuro (CEAWG, 1999: 7).

Para el US Council on Environmental Quality las EAA son la evaluación del impacto incremental resultante cuando se adicionan efectos de acciones del pasado, presente y un futuro plausible, sin tomar en cuenta la organización de individuos que las adelanten. (CEQ, 1997:1).

Tabla XX.1. Dalal-Clayton y Sadler (1999) *Startegic Environmental Assessmente: A rapidly evolving approach*, International Institute for Environment and Development, Environmental Planning Issues, No. 18, Table 1.

Diferencias entre un EAE y un EIA	
EAE Políticas, Planes y Programas	EIA de Proyectos
- Al principio del ciclo de toma de decisiones	- Al final del ciclo de toma de decisiones y previo a la fase de diseño
- Aproximación proactiva al desarrollo	- Acción reactiva al desarrollo
- Identificación de las implicaciones ambientales	- Identificación de impactos específicos
- Amplio rango de alternativas	-Número limitado de alternativas
- Alerta temprana de efectos acumulados	- Revisión limitada de efectos acumulativos
- Énfasis en alcanzar los objetivos ambientales	- Énfasis en medidas de mitigación y control y mantenimiento de los sistemas naturales
- Menor nivel de detalle, énfasis en la visión de conjunto	- Alto nivel de detalle
- Proceso por multietapas superposición de componentes	- Procesos bien definidos
- Foco en la agenda de desarrollo sustentable	- Foco en la agenda del proyecto

Sin embargo, se han planteado dos puntos de vista en relación a las EAA el primero de ellos que las EAA son en realidad un EIA bien hecho (Duinker, 1994) y una segunda que indican que las EAA son en realidad un instrumento para la evaluación de la planificación regional.

Otro de los problemas que ha surgido es según el Mc Leod Institute: ¿Quién es responsable de realizar la EAA? La solución a la pregunta depende de varios factores como:



Figura XX.2. Tomado y modificado de Ward y col. (2005). SEA Experience and Opportunities in New Zealand (Chapter 9). En: *Strategic Environmental Assessment at the Policy Level, Recent Progress, Current Status and Future Prospects* Barry Sadler (Ed). Ministry of the Environment, Czech Republic.

- *Alcance de la consulta*: responde a un proyecto; mantener un nivel adecuado en la calidad ambiental o responder a los posibles efectos de un proyecto específico.

- *Escala de la actividad*: Corresponde a un solo proyecto; a un proyecto que predomina en el área; importancia de la actividad a desarrollar en el área o corresponde a considerar el desarrollo del área en su totalidad.

- *Alcance e intereses en competencia*: Es la consulta dirigida a un conjunto de actividades o a una sola; están involucrados más de un sector o las actividades están bien representadas.

Resumiendo, el objetivo de las EAA es el de asegurar que los efectos incrementales combinados de varios proyectos sean evaluados correctamente, aunque los efectos derivados de cada uno de los proyectos pudiesen ser considerados como insignificantes (CEAWG, 1999: 1).

6.3 La Evaluación Ambiental Integral (EAI)

La EAI es una metodología diseñada por el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA). El objetivo del programa *Perspectivas del ambiente mundial* o GEO (Global Environmental Outlook) es ase-

gurarse que las problemáticas ambientales emergentes de amplia relevancia internacional reciban la atención pertinente, adecuada y oportuna de los gobiernos y otros grupos de interés. Como parte de la iniciativa GEO, el PNUMA participa activamente en el desarrollo y fortalecimiento de capacidades para ayudar a la gente a aprender a realizar evaluaciones ambientales integrales de carácter regional, subregional y nacional (PNUMA, 2007).

Una EAI es mucho más amplia que el tradicional informe sobre el estado del ambiente; lo amplía al llevar a cabo una evaluación y un análisis crítico y objetivo de los datos y la información a fin de satisfacer las necesidades del usuario y apoyar la toma de decisiones. Aplica el criterio de expertos a los conocimientos que ya se tienen con el propósito de aportar respuestas científicamente creíbles a preguntas de política pública. Todo ello constituye un enfoque participativo y estructurado para vincular el conocimiento con la acción (PNUMA, 2007).

Según el PNUMA (2007) las EAI ofrecen un enfoque participativo y estructurado para vincular el conocimiento con la acción. Con el tiempo, GEO ha desarrollado un enfoque cada vez más integral para la evaluación ambiental, el uso de indicadores y la elaboración de informes.

El enfoque integral abarca las siguientes tareas:

- > vincular el análisis del estado y las tendencias del ambiente con el análisis de políticas;
- > incorporar perspectivas globales y sub-globales;
- > incorporar perspectivas históricas y futuras;
- > cubrir una amplia gama de problemáticas y políticas; e
- > integrar la consideración del cambio ambiental y el bienestar humano.

Los objetivos globales de GEO, tal como se estipula en el marco de evaluación del PNUMA(UNEP/GEO4/CP/doc1/draft1), son:

- > brindar acceso al mejor conocimiento científico para apoyar la gobernanza ambiental internacional y la transversalidad de las preocupaciones ambientales en los sectores social y económico, y para apoyar las metas de desarrollo convenidas internacionalmente;
- > facilitar la interacción entre la ciencia y la política pública mediante procesos de evaluación integral que sean multidimensionales y multiescala, y mediante productos de gran legitimidad, credibilidad y utilidad; y
- > desarrollar alianzas geográficas y con equidad de género, además de capacidades para realizar evaluaciones ambientales.

En la Figura XX.3. se muestra el Marco Conceptual en el cual se basan las EAI y que busca comprender los vínculos que se dan entre la sociedad, el ambiente y el desarrollo, el bienestar humano y la vulnerabilidad de estos ante los cambios ambientales. El modelo se basa en el Modelo FPEIR o fuerza-presión-estado-impacto-respuesta. El modelo FPEIR fue desarrollado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA), que tomó en cuenta una iniciativa anterior de la Organización para el Desarrollo Económico y Cooperación OCDE (1993).

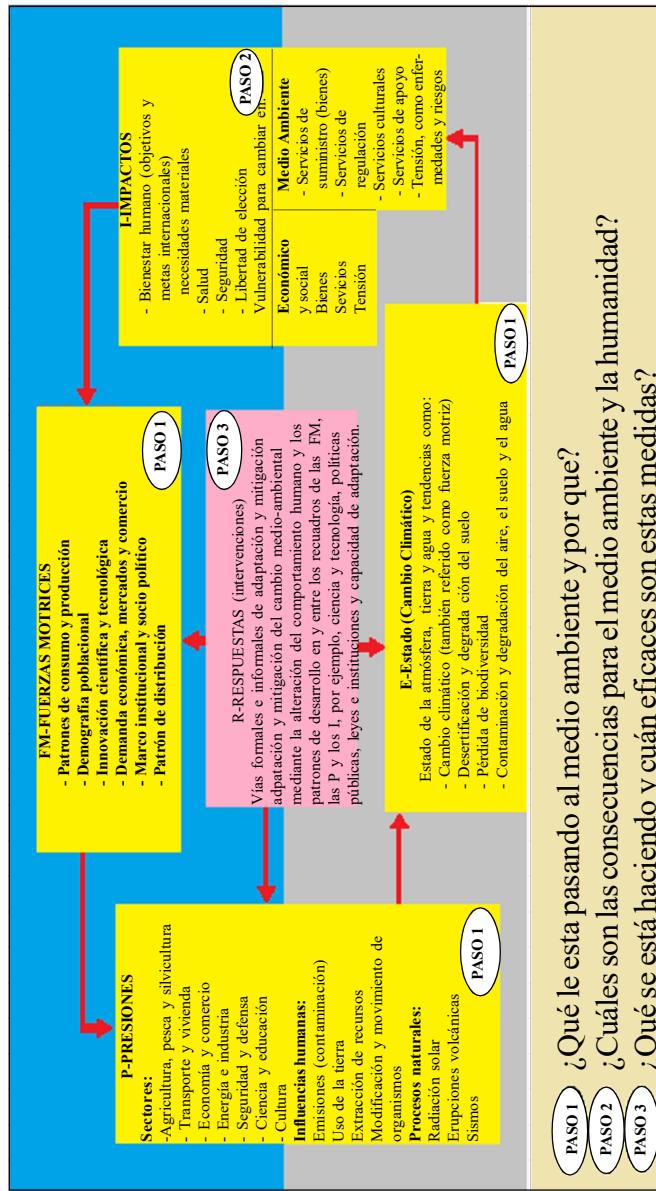
El modelo se fundamenta en el planteamiento de que todo desarrollo económico y social en la forma de *Fuerzas*, ejerce *Presiones* sobre el ambiente, que a su vez producirán cambios de *Estado* en los componentes del entorno, que a su vez generarán *Impactos* (positivos o negativos) sobre los componentes del ambiente (tanto sobre el componente abiótico, biótico como socioeconómico y cultural). Estos impactos producen, *Respuestas* de la comunidad, de la sociedad organizada y de los organismos públicos que tienen la responsabilidad y competencia en la materia ambiental y que deben reaccionar con una gestión efectiva y eficaz, a fin de eliminar o minimizar esos cambios de estado e impactos.

Además de los objetivos de las EAI se han señalado un conjunto de preguntas claves que debe responder con respecto a la Evaluación de Estado del Ambiente y el Análisis de Políticas en el enfoque de las EAI. En la figura XX.4, se muestra el Diagrama de Pasos en el cual se deben responder las cinco preguntas claves, que según el documento GEO-4 del PNUMA indica que las Evaluaciones Ambientales tradicionales solo responden la primera de ellas ¿Qué está pasando con el ambiente y por qué?

6.4 Las Evaluaciones Ambientales para la Sostenibilidad (ES)

Las Evaluaciones de Sostenibilidad (ES), tuvieron sus inicios en la conceptualización de las EIA de los años '70 y más recientemente en el desarrollo de las EAE y EAI. La ES busca asegurar que las políticas y propuestas de desarrollo reflejen en todas sus dimensiones los principios de sostenibilidad, que tiene como objetivo la integración de aspectos ambientales, económicos y sociales.

Se debe considerar que el desarrollo de la ES debe actualizarse, con el fin de que refleje los cambios factibles en la información básica, así como cualquier variación en los criterios de adecuación de los componentes de planes y programas que puedan surgir.



- PASO 1** ¿Qué le está pasando al medio ambiente y por qué?
- PASO 2** ¿Cuáles son las consecuencias para el medio ambiente y la humanidad?
- PASO 3** ¿Qué se está haciendo y cuán eficaces son estas medidas?

Figura XX.3. Marco conceptual de GEO-4 para la Evaluación Ambiental Integral y la elaboración de los informes. Tomado de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (S/F). *EAI Manual de capacitación para evaluación ambiental integral y elaboración de informes. Módulo de Capacitación I: El enfoque GEO para la realización de evaluaciones ambientales integrales*. página 2 pág. 8.

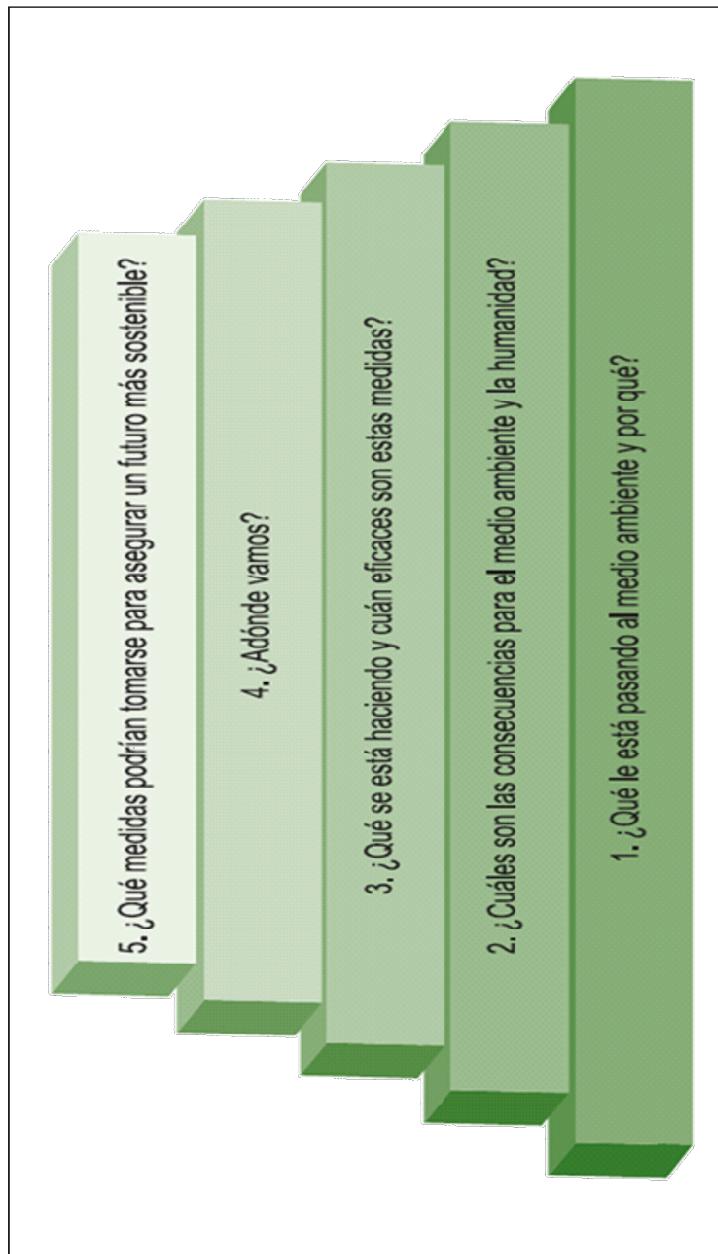


Figura XX.4. Conjunto de preguntas claves que responde la aplicación de la EAI sobre la Evaluación del Estado del Ambiente y el Análisis de Políticas Públicas. Tomado de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (S/F). *EAI Manual de capacitación para evaluación ambiental integral y elaboración de informes. Módulo de Capacitación I: El enfoque GEO para la realización de evaluaciones ambientales integrales*. página 6.

Según Pope et al., (2004), apoyados en los trabajos de George (1999); Gibson (2001) y Sadler (1999), definen la ES como:

un proceso para determinar si una propuesta, iniciativa o actividad es o no sostenible y por lo tanto trae como consecuencia una pregunta de si o no.

Esto en vez de preguntar ¿Vamos en la dirección correcta?

6.5 El Cambio Climático (CC) y las Evaluaciones de Impacto Ambiental y Sociocultural (EIASC) (Figs. XX.5a y XX.5b.)

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD por sus siglas en inglés), el Cambio Climático (CC) plantea un importante desafío al desarrollo sostenible (DS). Internacionalmente se ha reconocido la importancia de incluir la variable CC en el desarrollo de Proyectos, Programas, Planes y Políticas (PPPP).

En los análisis de carácter estratégicos se deben tomar en cuenta los riesgos potenciales que se deriven del desarrollo de todo tipo de actividad (PPPP), que puedan generar importantes volúmenes de gases efecto invernadero (GEI), o importantes modificaciones en los patrones de uso de la tierra (PUT). Estas últimas son reconocidas como causas fundamentales de origen antropogénico que han generado profundos efectos en el clima.

Los grandes proyectos de infraestructura o para el aprovechamiento de recursos en general o aquellos de carácter industrial deben, por sus largos períodos de vida útil, considerar en sus estudios de carácter estratégico, los potenciales riesgos asociados al cambio climático. Como en el caso de otras herramientas de apoyo al desarrollo, estas se han puesto en práctica en comunidades de especialistas y su aplicación en apoyo al DS ha sido muy limitado.

Según la OECD, el esfuerzo debe orientarse a incluir en las fases más tempranas de la visualización de proyectos de desarrollo la variable de CC. Varias organizaciones han trabajado con este objetivo buscando incluir la variable CC y proponer las medidas de adaptación y de mitigación necesarias en las diferentes fases desde la visualización estratégica que antecede al EIA, en la definición del alcance, la evaluación propia y la implantación.

Sin embargo, también se han identificado algunas limitantes como son por un lado la falta de información climática histórica detallada y la clara definición de escenarios de cambio climático a futuro en escalas apropiadas para PPPP.

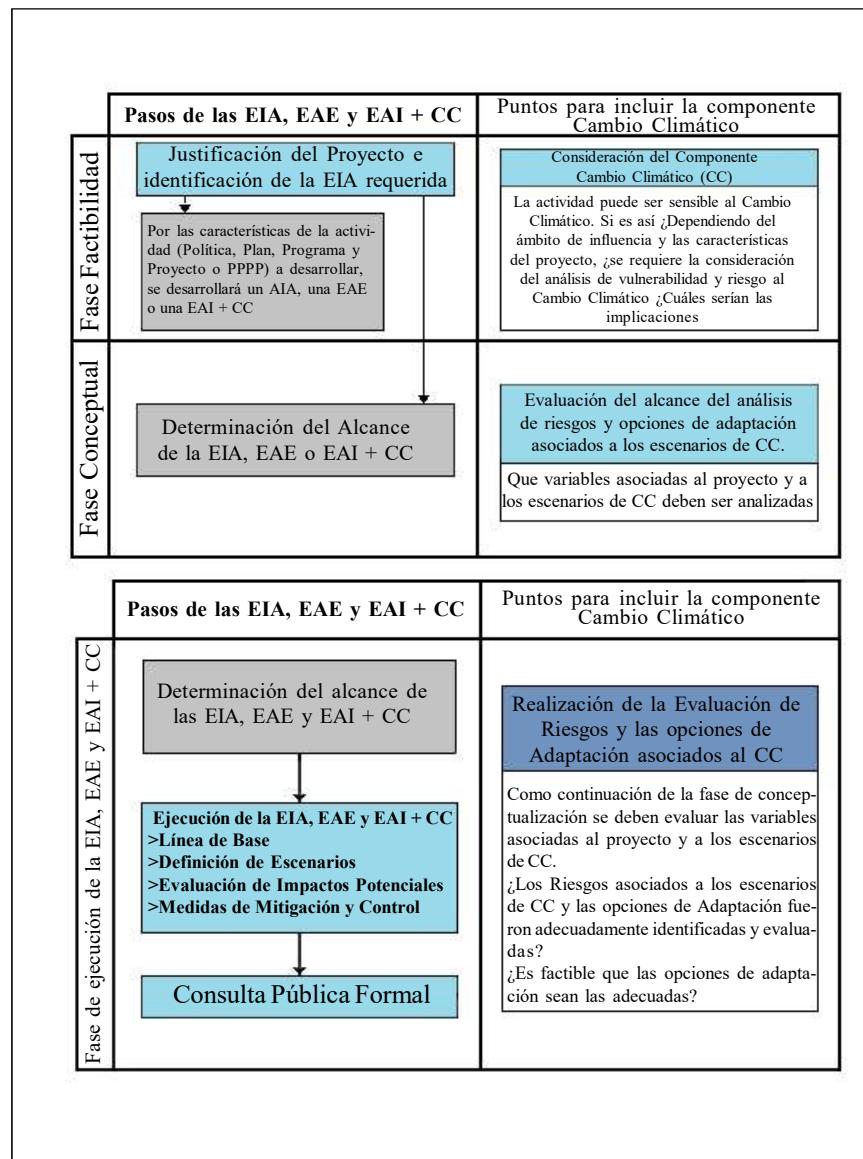


Figura XX.5a. El Cambio Climático (CC) y las Evaluaciones de Impacto Ambiental y Sociocultural (EIASC) según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD por sus siglas en inglés).

Pasos de las EIA, EAE y EAI + CC	Puntos para incluir la componente Cambio Climático
Operación y Plan de Monitoreo <ul style="list-style-type: none"> > Construcción > Operación > Mantenimiento > Auditorías ambientales > Validación del desempeño ambiental 	Implantación de las Medidas de Adaptación al CC <p>Como continuación de la fase de conceptualización se deben evaluar las variables asociadas al proyecto y a los escenarios de CC</p>

Fuente: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)
 Shardul Agrawala, Arnoldo Matus Kramer, Guillaume Prudent-Richard and Marcus Salnsbury.
Incorporating Climate Change Impacts and Adaptation in Environmental Impact Assessment: Opportunities and challenges, 17-Aug-2010

Figura XX.5b. El Cambio Climático (CC) y las Evaluaciones de Impacto Ambiental y Sociocultural (EIASC) según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD por sus siglas en inglés).

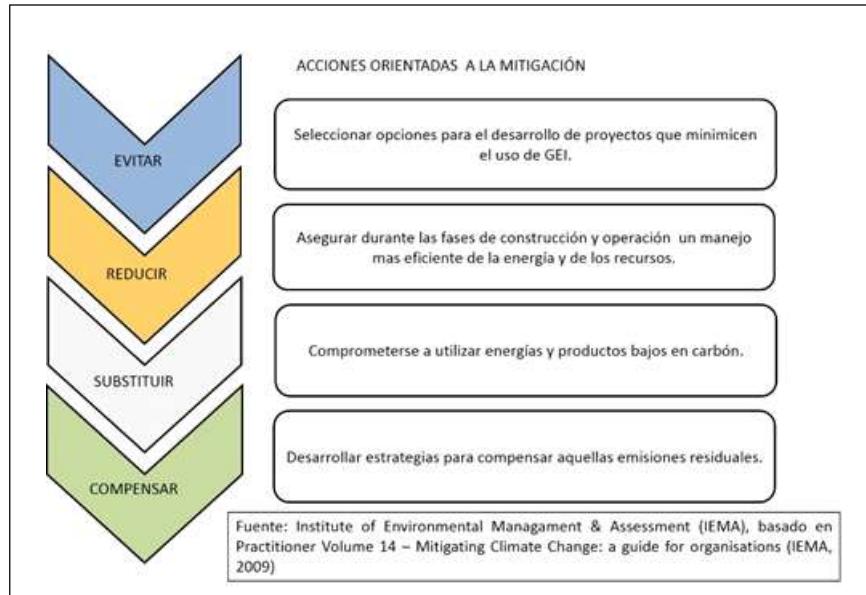


Figura XX.6. Acciones orientadas a la mitigación al Cambio Climático como parte de las Evaluaciones de Impacto Ambiental y Sociocultural (EIASC) según el Instituto para la Evaluación y Manejo Ambiental o IEMA por sus siglas en inglés.

7 Planificación y Gestión de una Evaluación de Impacto Ambiental

Según Larry Canter (1996) la Planificación y la Gestión (Gerencia) de los Estudios de Impacto Ambiental para Planes, Programas y Proyectos debe tomar en consideración diversos aspectos.

En el proceso de planificación de los EIA se deben considerar aspectos tales como:

1. Los aspectos conceptuales para llevar adelante los EIA
2. Desarrollo de la propuesta
3. Conformación del equipo interdisciplinario
4. Selección del líder del equipo
5. Plan de gerencia de la actividad
6. Diseño del control y seguimiento de la actividad.

7.1. Los aspectos conceptuales para llevar adelante un E.I.A.

Estos aspectos conceptuales contemplan diez fases fundamentales:

La primera fase es la Determinación de las características del proyecto a desarrollar (CP), la necesidad del mismo, y las alternativas que han sido o podrían ser consideradas (según Canter, 1997), que incluye:

a. descripción técnica del proyecto; b. locación propuesta y razones para selección; c. tiempo de construcción del proyecto; d. requerimientos ambientales del proyecto durante la fase de operación (tierras requeridas, emisiones, uso del agua y potencial contaminación y generación de desechos y necesidades para su disposición); e. necesidades actuales del proyecto para la localización propuesta. (incluye residencias, control de inundaciones, desarrollo industrial, desarrollo económico, etc.); f. cualquier otro aspecto fundamental tales como: localización, tamaño del proyecto, diseño del proyecto, medidas para el control de la contaminación contempladas, cronogramas de las fases de construcción y de operación (Bacow, 1980).

La segunda fase es la recopilación de la Información Institucional Pertinente relacionada a la construcción y operación del proyecto. La Información Institucional corresponde a toda aquella referida a políticas de estado, leyes, normas, regulaciones, relacionadas con aspectos ambientales en lo fisicoquímico, biológico, cultural o socioeconómico.

La tercera fase es la Identificación de Impactos Potenciales, es el temprano reconocimiento de los impactos potenciales del proyecto. Una activi-

dad importante en este paso corresponde a la revisión bibliográfica (en el país y exterior) de los tipos de impactos de proyectos similares. En esta fase es práctico la utilización de matrices, redes y listas de chequeo ya que permiten evaluar las relaciones entre las actividades del proyecto y las características ambientales.

La cuarta fase corresponde a la Descripción del Ambiente Afectado, permite una descripción detallada del ambiente y la identificación de elementos fundamentales del estudio de Línea de Base. Es necesario que elementos ambientales que puedan ser afectados directamente durante la construcción u operación del proyecto sean identificados con la finalidad de profundizar en el análisis de esos elementos en especial.

La quinta fase, la Predicción de Impactos, posiblemente la de mayor dificultad desde el punto de vista técnico. Esta fase debe buscar la cuantificación o en el mejor de los casos una descripción cualitativa detallada de aquellos impactos potenciales del proyecto en sus diferentes etapas y tomando en consideración las características ambientales del área de influencia del proyecto. En esta fase se deben utilizar todas las herramientas disponibles con la finalidad de contar con la mejor información.

La sexta fase corresponde a la Evaluación del Impacto (EI), es una mezcla de información técnica y de análisis conjuntamente con juicios de valor, según lo expresado por Bacow (1980). La Evaluación es un proceso que busca la interpretación del significado de los cambios relacionados al proyecto en cuestión. En este proceso deben incluirse los juicios de valor aportados por expertos en materias específicas. Otro de los datos/informaciones fundamentales de la EI, es aquél dado por el público o comunidad involucrada/afectada. Este dato/información puede obtenerse en reuniones con los involucrados o mediante consultas públicas o programas con la participación de la comunidad. La comunidad residente del área puede aportar datos/información que deben ser incluidos en la EI.

La séptima fase corresponde a la Medidas para la Mitigación del Impacto (MM). Las llamadas Medidas de Mitigación buscan: 1. evitar el impacto al no desarrollar una acción o parte de esta; 2. minimizar los impactos al limitar el grado o magnitud de la actividad o en su implantación; 3. rectificando el impacto mediante reparación, recuperación o restaurando el ambiente afectado; 4. reduciendo o eliminando el impacto en el mediano y largo plazo mediante la preservación y el buen mantenimiento durante la operación y 5. compensando por el impacto causado, remplazando y proveyendo un recuso sustitutivo.

La octava fase corresponde a la Selección de la Acción Propuesta (SAP). En líneas generales se recomienda en esta fase y aquellas más tempranas de los EIA la selección de varias alternativas viables. En el caso de los países desarrollados la selección de alternativas es considerada como el componente central de los EIA. La experiencia indica que inclusive en esos países los desarrollos privados y en los países en vías de desarrollo el rango de alternativas es muy limitado.

La novena fase correspondería al proceso de preparar La Documentación Escrita (DE). El elemento más importante de esta fase es el de utilizar un basamento técnico bien fundamentado. Los datos e información generados durante el EIA deben garantizar una comunicación efectiva tanto para la audiencia técnica como para aquellas no técnicas.

La décima y última fase es la planificación e implantación del Programa de Monitoreo Ambiental (PMA). Esta fase es fundamental en proyectos de envergadura o aquellos en los cuales se esperen importantes consecuencias desde el punto de vista ambiental.

7.2 Desarrollo de la Propuesta.

La elaboración de detallados Cronogramas de actividades y del Presupuesto del EIA constituyen puntos críticos y deberán revisarse las veces que sea necesario. En la elaboración de los Cronogramas deben utilizarse técnicas ampliamente probadas como las de Ruta Crítica o los métodos de Evaluación y Revisión de Proyectos, bien sea mediante procedimientos convencionales o aquellos asistidos por computadora. En la elaboración del presupuesto pueden también utilizarse opciones convencionales o aquellas más sofisticadas apoyadas en computadora, pero en líneas generales deben contemplarse los fondos requeridos para cada una de las fases del EIA.

7.3 Conformación del equipo interdisciplinario.

El conjunto de individuos debe funcionar como equipo, caracterizado por las interrelaciones y compartir e integrar los hallazgos de los miembros del equipo. Un equipo “Interdisciplinario” se define como el grupo de más de dos personas entrenadas en diferentes campos del saber con diferentes conceptos, ideas, métodos de trabajo que han sido organizados para llevar adelante un problema común con un proceso de comunicación continuo entre ellos a pesar de ser de diferentes disciplinas.

La conformación del equipo debe tomar en consideración los aspectos siguientes:

1. Experiencia necesaria para el tipo de estudio a desarrollar
2. Experiencia de los miembros comparada con proyectos similares
3. Capacidad de los miembros para trabajar en equipo
4. Receptividad de los miembros a otros puntos de vista
5. El campo de interés de cada uno de los miembros
6. Disponibilidad para trabajar en el equipo
7. Formación integral de los miembros del equipo

7.4 Selección del líder del equipo.

El líder del equipo debe dar día a día la orientación técnica, debe organizar el trabajo y garantizar las fechas de entrega, controlar el costo del proyecto, debe coordinar con diferentes departamentos tanto dentro de la empresa como los de las organizaciones involucradas y debe proveer el control de calidad del trabajo. El líder del equipo sin embargo debe mostrar ciertas características que garantizarían el término del EIA:

1. Demostrar conocimiento y capacidad de liderazgo,
2. Actitud positiva en el soporte y conducción del EIA,
3. Buena relación con el resto de los miembros del equipo,
4. Habilidad para comunicarse con personal técnico o no,
5. Orgullo y conocimiento de su área de especialización,
6. Confianza en sí mismo,
7. Iniciativa,
8. Reputación de ser una persona con capacidad para realizar cosas,
9. Habilidad para enfrentar con éxito el reto de hacer las cosas con calidad,
10. Deseo de asumir las responsabilidades para el trabajo y liderar el equipo.

7.5 Plan de Gerencia de la Actividad (EIA).

Una gran cantidad de aspectos pueden llevar al éxito de la Gerencia Integral de un proyecto y varios autores han mencionado algunas de ellas. A continuación, se listan seis planteadas por Cleland y Kerzner en 1986, en relación al proyecto y al líder:

1. Una posición concisa y clara de la misión y propósito del equipo.
2. Un sumario claro de todos aquellos objetivos fundamentales que el equipo desea alcanzar en la planificación y conducción del EIA.

3. Una acertada identificación de las tareas requeridas para alcanzar los logros del equipo y cada una de ellas divididas en actividades individuales.
4. Un sumario de las estrategias del equipo para abordar las políticas, programas, procedimientos, planes, presupuestos, y la ubicación de otros recursos y métodos requeridos en la conducción del EIA.
5. Planteamiento claro del diseño organizacional del equipo, con la información que debe incluir los roles, autoridad, y responsabilidad de todos los miembros del equipo, incluyendo al líder del equipo.
6. Una clara delineación de los recursos disponibles humanos, materiales y económicos requeridos por el equipo para su funcionamiento.

8.6 Diseño del Control Presupuestario.

Corresponde al procedimiento que le permite al líder del grupo llevar el control exhaustivo del uso de los recursos disponibles para la realización del EIA. Existen una gran cantidad de herramientas convencionales y aquellas asistidas por computadoras que permiten hacer un seguimiento del uso de los recursos en el tiempo. Estos permiten comparar el porcentaje de tareas realizadas vs el presupuesto gastado o plotear el progreso actual vs el programado.

Este seguimiento, en cuanto a la utilización de los recursos se puede efectuar semanalmente, mensualmente, trimestralmente, dependiendo las dimensiones del proyecto o la precisión deseada.

BIBLIOGRAFÍA

BACOW, L.S.

1980. The technical and judgmental dimensions of impact assessment.
Environmental Impact Assessment Review, 1(2):109-124.

CANTER, L. W.

1996. *Environmental Impact Assessment*. second edition. New York: McGraw-Hill Book Company.

1997. Cumulative effects and other analytical challenges of NEPA (Chapter 8: 115-137). In: *Environmental Policy and NEPA: Past, Present, and Future*, E R Clark and L W Canter (Eds). Delray Beach, Florida: St Lucie Press.

THE CUMULATIVE EFFECTS ASSESSMENT WORKING GROUP (CEAWG) AND AXYS ENVIRONMENTAL CONSULTING LTD.

1999. *Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide*. Prepared for Canadian Environmental Assessment Agency by CEAWG & AXYS.

COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY-CEQ

1997. *The National Environmental Policy Act. A study of its Effectiveness After Twenty-five years.* Executive Office of the President. Washington.

CLELAND, D. I. AND H. KERZNER

1986. *Engineering team management.* New York: Van Nostrand Reinhold Company.

DALAL-CLAYTON, B. AND B. SADLER

1998. *Strategic Environmental Assessment: A rapidly evolving approach,* International Institute for Environment and Development, Environmental Planning Issues, No. 18.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

1985. Council Directive of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. *Official Journal of the European Communities* C175: 40-49, 5 julio 1985. (Directiva 85/337/CEE).

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

1997. Proposal for a Council Directive on the Assessment of the Effects of Certain Plans and Programmes on the Environment. 97/C 129/08. *Official Journals of the European Communities* C 129/14-18, Brussels (Directiva 97/11/CE).

DUINKER, P.

1994. Cumulative effects: What's the big deal. I: *Cumulative Effects Management Tools and Approaches*, A. Kennedy (Ed.). Edmonton, Alberta: Alberta Society of Professional Biologists.

GEORGE, C.

1999. Testing for sustainable development through environmental Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 19: 175-200.

GIBSON, R. ET AL.

2002. *Specification of Sustainability-based Environmental Assessment Decision Criteria and Implications for Determining "Significance" in Environmental Assessment*, Canadian Environmental Assessment Agency, Ottawa/Gatineau

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES-MARNR

1996a. Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente (decreto 1.257). Gaceta Oficial del 13-2-96

MORRIS, P. AND R. THERIVEL

200. *Methods of Environmental Impact Assessment»* Spon Press, London. England.492 p.

NEPA

1969. *The National Environmental Policy Act of 1969.* Public Law No. 91-190 91st Congress. 2nd Session (NEPA) pp. 1-5.

PARTIDÁRIO, M. R.

2003. *Strategic environmental assessment (SEA): current practices, future demands and capacity-building needs*. Course Manual. International Association for Impact Assessment IAIA Training Courses.

1996. Strategic Environmental Assessment: Key issues emerging from recent practice. *EIA Review*, 16:31-55.

POPE, J., D. ANNANDALE, AND A. MORRISON-SAUNDERS

(2004). Conceptualizing sustainability Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 24:595-616.

PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD)

2007. *Perspectivas del ambiente mundial o GEO (Global Environmental Outlook)*.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, PNUMA

(s/f). *EAI Manual de capacitación para evaluación ambiental integral y elaboración de informes. Módulo de Capacitación 1: El enfoque GEO para la realización de evaluaciones ambientales integrales*.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

2006. Ley Orgánica del Ambiente, Gaceta Oficial Nº 5.833 Extraordinario del 22 de diciembre de 2006.

REPUBLICA DE VENEZUELA

1992. Ley Penal del Ambiente (3-1-1992)

1992. Decreto 2213 Reglamento Parcial de la Ley Orgánica del Ambiente sobre Estudios de Impacto Ambiental.

SADLER, B.

1999. Environmental sustainability assessment and assurance (12-32). In: J. Petts, (Ed.), *Handbook on environmental impact assessment*. London: Blackwell.

SHARDUL, A., A. MATUS KRAMER, G. PRUDENT-RICHARD AND M. SAINSBURY

2011. *Incorporating climate change impacts and adaptation in environmental impact assessments: opportunities and challenges environment*. Working Paper no. 24 Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).

SHEPERD, A. AND L. ORTOLANO

1996. Strategic Environmental Assessment for Sustainable Urban Development. *Environmental Impact Assessment Review*, Elsevier Science Inc., 16: 321-335.

THÉRIVEL, R., E. WILSON, S. THOMPSON, D. HEANY AND D. PRITCHARD

1992. *Strategic Environmental Assessment*, Earthscan Publications Ltd, London.

WARD, M., A. DALZIEL AND R. WILKIE

2005. SEA. Experience and Opportunities in New Zealand (76-87). En: *Strategic Environmental Assessment at the Policy Level, Recent Progress, Current Status and Future Prospects*. Barry Sadler (Ed), Chapter 9. Ministry of the Environment, Czech Republic.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT-WCED
1987. *Nuestro Futuro Común*. Oxford University Press. New York. 408p.

NOTAS

¹ Dra. Partidario. En: Sheperd A., Ortolano, L. (1996) Strategic Environmental Assessment for Sustainable Urban Development. *Environmental Impact Assessment Review*. Elsvier Science Inc., 16: 321-335.

² República Bolivariana de Venezuela . Ley Orgánica del Ambiente (2006), Gaceta Oficial N° 5.833 Extraordinario del 22 de diciembre de 2006.

³ República Bolivariana de Venezuela . Ley Orgánica del Ambiente (2006), Gaceta Oficial N° 5.833 Extraordinario del 22 de diciembre de 2006

Rafael Lairet Centeno

Geógrafo Universidad Central, MSc Universidad Mac Master (Canadá), Doctor en Desarrollo Sostenible, USB. Trabajó en los Ministerios de Obras Públicas y de Ambiente, como experto en Geomática, en la Industria Petrolera Asesor Mayor en Ambiente para proyectos Faja Petrolífera del Orinoco y Condominio Industrial Jose. Autor de libros de más de 45 publicaciones y capítulos de libros sobre ambiente. Profesor universidades Experimental de las Fuerzas Armadas, Simón Bolívar, Metropolitana y Central de Venezuela. Miembro de la Comisiones de Ambiente de la Academias Nacionales de la Ingeniería y el Hábitat, y la de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.



La Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, creada en 1998, forma parte de la comunidad de Academias Nacionales, y de la comunidad internacional de Academias de Ingeniería. Es una institución llamada a contribuir con la discusión permanente de los asuntos más importantes del país, en especial, los vinculados a la Ingeniería y el Hábitat. Sus objetivos están orientados principalmente a: promover, programar y difundir trabajos de investigación y proyectos; cooperar en la definición y elaboración de directrices generales, políticas y estrategias públicas, así como a apoyar y fortalecer iniciativas, públicas y privadas, que incidan significativamente en el desarrollo nacional. La Academia agrupa en su seno a 35 Individuos de Número.