

## CAPÍTULO 1

### DESARROLLO SUSTENTABLE Y GLOBALIZACIÓN

#### 1.1) INTRODUCCIÓN

El Ser Humano ha modificado drásticamente su hábitat desde su aparición misma en tiempos remotos. A través de los siglos, la población humana fue creciendo lentamente, a medida que avanzaba en conocimientos, tecnología y capacidad de organización. Este proceso gradual se aceleró bruscamente en los últimos dos siglos, lo que ha resultado en un aumento explosivo de la población (6 veces en los últimos 150 años). Más aún, en la segunda mitad del siglo XX la producción industrial y el consumo de recursos naturales han crecido a una velocidad superior al incremento de la población. Como resultado de este proceso, el entorno natural ha sufrido grandes alteraciones, donde millones de hectáreas de bosques y praderas fueron reemplazados por terrenos agrícolas, ciudades, plantaciones forestales y desiertos. Hemos construido embalses para almacenar agua preferentemente para fines agrícolas o para la producción de energía hidroeléctrica, modificando el curso de los ríos e inundando grandes extensiones de terrenos. Hemos abierto la cubierta terrestre para excavar los minerales desde sus entrañas, o extraer el carbón, petróleo o gas natural que se encuentran almacenados en las profundidades. Necesitamos madera, plantas, minerales, combustibles, agua, etc., para sostener formas de vida cada vez demandantes en recursos naturales.<sup>+</sup>

En las últimas décadas, una parte de la sociedad humana ha experimentado niveles de consumo y progreso tecnológico sin precedentes. Esto ha ido acompañado de una creciente globalización de la economía que, si bien ha traído progreso y bienestar para algunos, también ha significado un progresivo deterioro de las condiciones de vida de muchos otros. Hoy somos casi 8 mil millones de habitantes y menos de un tercio de la población mundial tiene acceso a los avances de la vida moderna. En casi todo el mundo, la sociedad se ve aquejada por graves problemas económicos, ambientales y sociales que afectan negativamente la calidad de vida y entregan una visión pesimista del futuro. En muchas partes del planeta reinan fenómenos caracterizados por la existencia de hambre, sequías, guerras, violencia social, drogadicción, desempleo, prostitución infantil y tantos otros flagelos de la sociedad actual, que no parecen tener final. Lo vemos a diario en la TV, lo leemos en los diarios o tomamos conocimientos a través de las redes sociales o simplemente lo experimentamos en nuestras propias vivencias. ¿Cómo será el mundo en 2 generaciones más? ¿Qué mundo tendrán nuestros nietos? Muchas veces hemos visto, a través de las novelas y del cine ficción, la imagen de un planeta Tierra con su aire irrespirable, sin recursos naturales, cubierto de humo, sin luz solar, sin alimentos frescos, sin naturaleza tal como hoy la conocemos, inmerso en un caos demencial. Pero también está la esperanza de que la cordura se

---

<sup>1</sup> Se recomienda revisar el extraordinario documental HOME dirigido por Yann Arthus-Bertrand, sobre el impacto ambiental de la actividad humana, desde el sitio web: <https://www.youtube.com/watch?v=9HA76kBVU5Q>

impondrá y podremos tener un planeta capaz de acoger a la población humana en una relación armónica con su entorno, muy diferente a la realidad actual.

En las secciones siguientes se describirán brevemente algunos de estos desafíos. Primeramente, se presenta una breve historia del desarrollo de la Humanidad, desde la perspectiva de la organización productiva de las diferentes épocas.

## **1.2) EVOLUCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN PRODUCTIVA**

### **1.2.1) Los primeros pasos:**

Los simios aparecieron hace alrededor de 14 millones de años, mientras que los primeros homínidos (bípedos erectos) datan de hace 4-6 millones de años. Durante cientos de miles de años, nuestros ancestros evolucionaron y desarrollaron gradualmente capacidades para enfrentar los desafíos de la mayor interacción entre ellos y con el entorno natural.

Nuestros antepasados eran animales insignificantes, cuyo impacto ecológico era inferior al de cualquier insecto o reptil, complementando su frágil arquitectura corporal con el uso de herramientas y armas confeccionadas con piedra, huesos y madera. El control del fuego constituyó un importante avance en la capacidad para sobrevivir, ya que no sólo le permitió combatir el frío, ahuyentar a los depredadores e iluminar la oscuridad de la noche y la profundidad de las cavernas, sino que también le amplió el espectro de fuentes alimenticias gracias a la cocción. A lo anterior cabe mencionar, además, que el fuego constituyó un fértil espacio de interacción social en la intimidad del grupo humano.

Durante mucho tiempo, coexistieron diferentes especies de homínidos; sin embargo, a partir de alrededor de 40 mil años, el *Homo sapiens* se transformó en la especie dominante del género *Homo* en todos los continentes, gracias a su mayor desarrollo cognitivo y capacidad de cooperar flexiblemente en gran número<sup>2</sup>.

### **1.2.2) La Revolución Agrícola**

Hasta hace 10 mil años, aproximadamente, la mayoría de los homínidos vivían en pequeños grupos móviles de recolectores-cazadores, condicionados por la disponibilidad de alimento a partir de plantas, frutos, animales, peces, algas y/o mariscos.

A partir de ese entonces, comienza un progresivo desarrollo de prácticas agrícolas y de pastoreo, dando origen a una transformación radical de los modos de vida y de las estructuras sociales, conocida como la Revolución Agrícola o Revolución Neolítica. Así, los seres humanos pasan de ser manadas nómadas de recolectores-cazadores, a comunidades productoras agro-pastoriles. Ello permitió ampliar significativamente la capacidad de producción de alimentos, lo que a su vez

---

<sup>2</sup> Se recomienda leer la obra "Sapiens. De animales a dioses: una breve historia de la Humanidad" de Yuval Noah Harari, donde se describe el desarrollo de la humanidad desde una interesante perspectiva multidisciplinaria.

resultó en un incremento de la población y aparición de asentamientos urbanos con estructuras sociales y administrativas cada vez más complejas. La sedentarización facilitó la acumulación de saberes y un aumento significativo de la capacidad para transformar los materiales que ofrecía la naturaleza. Así, se desarrolló la alfarería, la metalurgia de la plata, oro, cobre, bronce y hierro. Hace 5.000 años, la base de la metalurgia se había establecido en las sociedades de mayor desarrollo, lo que derivó en instrumentos y armamentos de mayor calidad y resistencia. El mejoramiento de la base tecnológica generó una mayor productividad en la producción de alimentos y una profundización de la distribución del trabajo. Más aún, el descubrimiento de la rueda y otros ingenios mecánicos, como la palanca y las poleas, facilitó el transporte y la construcción de obras de infraestructura de gran envergadura, así como la creación de los primeros centros urbanos.

La urbanización pre-industrial avanzó en todos los continentes durante más de 2.000 años, con sociedades sustentadas en una importante base agrícola, producción artesanal de tejidos, alfarería, artefactos metálicos y de otros materiales. La energía humana y animal eran las principales fuentes de trabajo mecánico, junto al aprovechamiento de la energía cinética del agua y del viento. Los combustibles más utilizados eran de fuentes lignocelulósicas (ej. madera), estiércol, grasa animal y, en menor medida, combustibles fósiles de fácil acceso.

		
<b>ECONOMÍA RECOLECTORA Y CAZADORA</b>	<b>ECONOMÍA AGRICOLA -PASTORIL</b>	<b>URBANIZACION PRE-INDUSTRIAL</b>
300.000 – 10.000 ac	10.000 – 3.000 ac	3.000ac – 1.800dc
Nómada y Dispersa	Sedentarización	Urbanización
Trabajo Manual	Trabajo Manual	Trabajo Manual
Fuente de Energía:	Fuente de Energía:	Fuente de Energía:
Humana	Humana	Humana
Calor	Animal	Animal
	Calor	Calor
		Viento
		Hidráulica

**FIGURA 1.1 ERAS TECNOLÓGICAS PRE-INDUSTRIALES**

### 1.2.3) La Revolución Científica

Este modo de producción se mantuvo relativamente inalterado por casi 3000 años, con algunas variantes y niveles de sofisticación en diferentes territorios.

A partir del siglo XVII, principalmente en Europa y más tarde en EEUU, comienza un explosivo proceso de desarrollo del conocimiento científico tecnológico que en menos de 3 siglos revolucionó la vida a nivel global. Las causas de esta Revolución Científica aun son objeto de debate, pero la expansión europea a América, Asia y África y la consiguiente transferencia de conocimientos y productos fomentaron cambios profundos que desataron la capacidad creativa y el desarrollo de inventos, innovaciones y emprendimientos. La Tabla 2.1 resume algunos hitos relevantes que ocurrieron entre los años 1600 y 1900, que sentaron las bases del mundo moderno.

**TABLA 1.1 HÍTOS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DURANTE LA REVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO**

<b>Avances del Siglo XVII</b>	
1600 Galileo: Termómetro 1609 Galileo: Telescopio 1609 Kepler: Movimiento de los Planetas 1614 Napier: Logaritmo 1619 Descarte : Geometría Analítica 1620 Oughtred : Regla de Cálculo 1642 Pascal: Máquina sumadora 1643 Torricelli: Barómetro 1654 Guericke: Máquina neumática	1657 Huygens: Péndulo del Reloj 1661 Boyle: Metanol 1670 Newton: Cálculo 1672: Guericke: Máquina electrostática 1675 Roemer: Velocidad de la luz 1687 Newton: Ley de Gravedad 1687 Newton: Ley del Movimiento 1690 Huygens: Teoría de Ondas de la Luz
<b>Avances del Siglo XVIII</b>	
1709 Cristófori: Piano 1714 Fahrenheit: Termómetro de Mercurio 1745 Von Kleist: Condensador Eléctrico 1752 Franklin: Pararrayos 1761 Harrison: Cronómetro 1769 Watt: Máquina de Vapor Rotatoria 1770 Cugnot: Carro de Vapor 1774 Priestley: Oxígeno 1777 Miller: Sierra Circular 1777 Lavoisier: Explica la Combustión	1778 Jouffroy: Bote de Vapor Experimental 1780 Franklin: Lentes Bifocales 1783 Montgolfier: El Globo 1785 Cartwright: Telar Mecánico 1785 Blanchard: Paracaídas 1785 Ransome: Arado de Hierro Fundido 1792 Murdoch: Lámpara de Gas 1796 Senefelder: Litografía 1797 Wittemor: Máquina de Tarjeta
<b>Avances del Siglo XIX</b>	
1800 Volta: Batería Eléctrica 1802 Symington: Bote Vapor 1803 Fulton: Barco a vapor comercial 1811 Blenkinsop: Locomotora a vapor 1824 Aspdin: Cemento Portland 1825 Stephenson: Ferrocarril a vapor 1828 Henry: Electromagneto 1831 Faraday: Generador Eléctrico 1833 Morse: Sistema Telegráfico 1835 Talbot: Fotografía 1837 Davenport: Motor CD 1837 Morse: Telégrafo 1845 Hoe: Rotativa 1846 Howe: Máquina de coser 1847 Staite: Lámpara de Arco 1849 Bourding: Turbina Gas 1850 Francis: Turbina Hidráulica 1858 Siemens-Martin: Horno para acería	1864 Marcus: Automóvil Experimental 1866 Nobel: Dinamita 1868 Gramme: Dinamo de CD 1876 Bell: Teléfono 1879 Edison: Lámpara Incandescente 1876 Otto: Motor 4 ciclos 1882 Wheeler: Ventilador Eléctrico 1885 Benz: Auto, Engranaje Diferencial 1885 Daimler: Motocicleta con motor combustión 1885 Stanley: Transformador Eléctrico 1887 Tesla: Motor de Inducción 1888 Eastman: Cámara Kodak 1889 Daimier: Motor Gasolina 1892 Tesla: Motor CA 1892 Morrinson: Auto. Eléctrico 1893 Tesla: Radio 1895 Diesel: Motor Diesel

Gradualmente, la producción artesanal fue dando paso a una producción de mayor escala, con maquinaria y organización del trabajo cada vez más sofisticada. Los nuevos ingenios mecánicos

dieron un impulso a la producción agrícola, textil y minera, primeramente, utilizando la energía cinética de las aguas y del viento, y más tarde la energía química de los combustibles. La invención de la máquina a vapor constituye un hito icónico en esta revolución tecnológica, ya que no solo permitió una mayor capacidad de producción industrial, sino que también dio origen al ferrocarril y a barcos a vapor. Ello generó un drástico incremento en la velocidad y capacidad de transporte de personas y mercancías, y un aumento explosivo de la producción de acero y carbón.

Rápidamente, se abrieron nuevos mercados y fuentes de materias primas, junto a profundas transformaciones sociales y políticas. Los viejos modos de producción feudal y colonial colapsaron ante la irrupción de un modo de producción capitalista dinámico y transformador.

El comienzo del siglo XX es testigo de la rápida expansión del uso de la electricidad y del motor de combustión interna. La generación eléctrica significó un impulso a la demanda de cobre para la transmisión de electricidad y elaboración de motores. Por su parte, la masificación del uso del motor de combustión interna tuvo como consecuencia directa la creación de la industria del petróleo. Las dos guerras mundiales del siglo XX tuvieron una estrecha relación con la lucha por fuentes de combustibles fósiles y otras materias primas minerales de valor estratégico.

Durante el siglo XX, el desarrollo de la ciencia y tecnología ha superado los límites de la ficción. Los avances son innumerables y han impactado todos los ámbitos de la sociedad humana. El desarrollo de la manufactura industrial, la petroquímica, los materiales sintéticos, las aplicaciones de la química nuclear, la automatización, las innovaciones en electrónica y la revolución digital, la creciente expansión de la biotecnología y la nanotecnología, conforman un escenario donde la realidad de hoy ha superado a la ficción de ayer y el mundo del futuro cercano pareciera solo tener como límite la imaginación.

La Figura 1.2 ilustra las diferentes eras tecnológicas a través de las cuales ha transitado la sociedad moderna. Estamos ad portas de la 4ª Revolución Tecnológica que abre las puertas a un mundo complejo difícil de predecir, en una comunidad mundial cada vez más globalizada<sup>3</sup>.

#### **1.2.4) Los límites del sistema**

Los seres humanos hemos expandido nuestra acción transformadora a todos los confines del planeta. El uso masivo de recursos naturales, la ocupación expansiva de los territorios y los desechos que generamos han modificado sustancialmente las características de nuestro Hogar Común, amenazando nuestra propia existencia futura. A modo de ejemplo, podemos mencionar algunos de los problemas ambientales que se han generado como resultado del desarrollo tecnológico y productivo de las sociedades modernas:

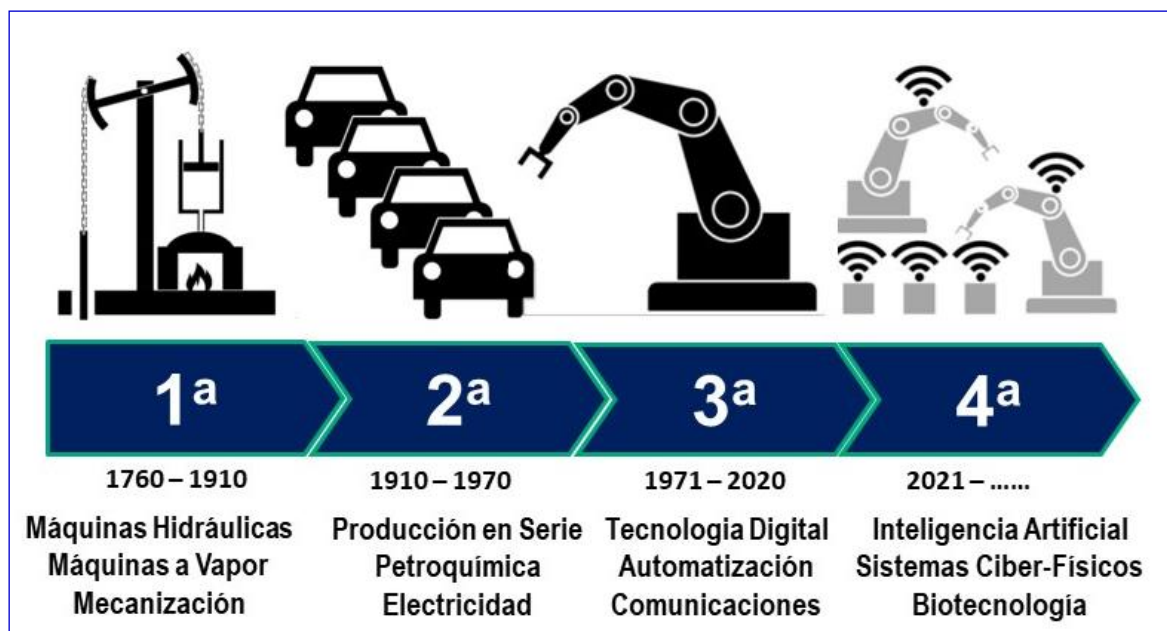
- Contaminación atmosférica: gran parte de los seres humanos enfrentan problemas debido, en parte, a la mala calidad del aire generada por la combustión masiva de leña, carbón, petróleo, etc.
- Presión sobre los recursos hídricos: los escasos cuerpos de agua dulce hoy disponibles se ven afectados por contaminación y sobre-explotación de carácter industrial, minero y agrícola.

---

<sup>3</sup> Se recomienda la obra de Yuval Noah Harari "21 Lecciones para el siglo 21"

- Pérdida de biodiversidad: muchas especies han desaparecido o se encuentran en peligro de extinción debido a las diferentes acciones humanas. Piense el lector, por ejemplo, en los potenciales efectos negativos sobre el ecosistema de un proyecto tan útil y necesario como lo es la construcción de un camino pavimentado en una zona rural, si no se incorpora en su diseño opciones que aseguren el libre tránsito de animales e insectos. Si ello no ocurre, entonces seremos testigos del funeral de una cantidad importante de seres vivos que no tuvieron la posibilidad de adaptarse a las nuevas condiciones de su hábitat (el camino literalmente corta el territorio en 2 partes).
- Contaminación de los océanos: los desechos que masivamente se vierten al mar, principalmente plásticos e hidrocarburos, afectan la vida acuática con efectos ecológicos potencialmente desastrosos.
- Cambio climático: existe evidencia científica de que el cambio climático se ha acelerado debido a las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antrópico (humano), lo cual repercute directamente en las condiciones de vida de los seres humanos.

Adicionalmente, las diferencias económicas y sociales se han ido agudizando, tanto a nivel global como local, incrementando aún más el riesgo para la salud humana, disponibilidad de alimentos y la convivencia pacífica en muchos lugares del mundo. Ante esta situación, la comunidad internacional a través de las Naciones Unidas, gobiernos y otros organismos ha desarrollado diversas iniciativas con vistas a enfrentar los problemas ambientales y sociales prioritarios, algunas de las cuales serán revisadas más adelante en este capítulo<sup>4</sup>.



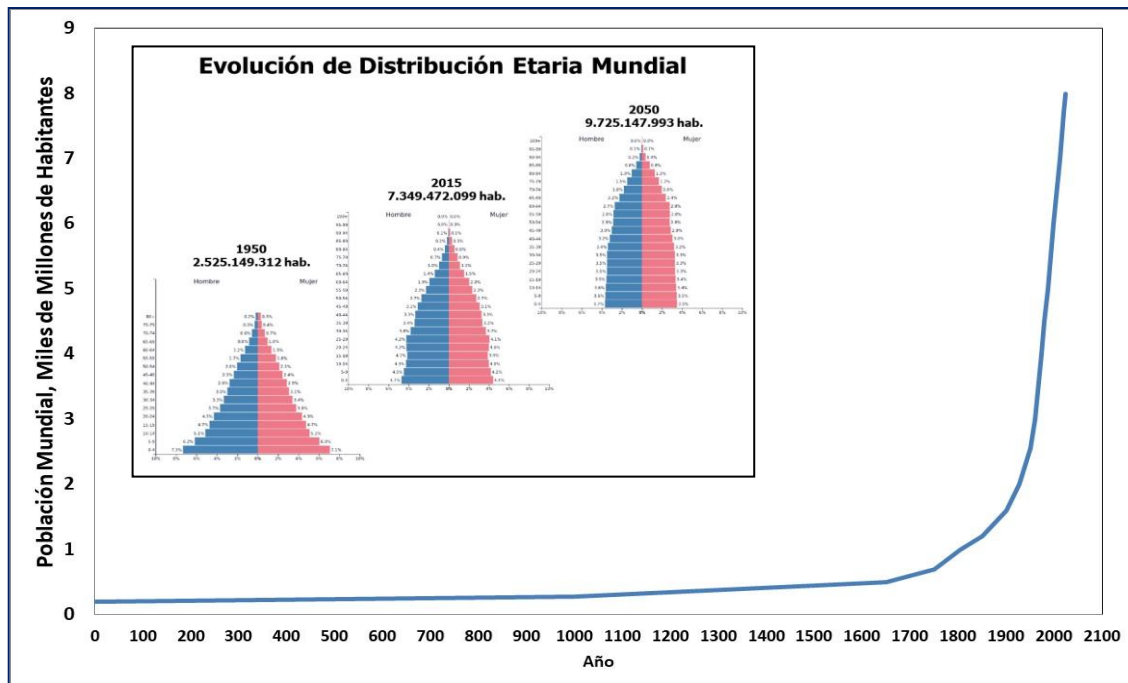
**FIGURA 1.2 ERAS TECNOLOGICAS MODERNAS**

<sup>4</sup> El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (UNEP por sus siglas en inglés) es un programa de las Naciones Unidas que coordina las actividades relacionadas con el medio ambiente, asistiendo a los países en la implementación de políticas medioambientales adecuadas, así como a fomentar el desarrollo sustentable. Fue creado por recomendación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Humano (Estocolmo - 1972). Sitio web del PNUMA: <http://www.unep.org/spanish/>

## 1.3) POBLACIÓN MUNDIAL Y CONSUMO DE RECURSOS NATURALES

### 1.3.1) Crecimiento y consumo

Durante los primeros 1.700 años de la era cristiana, la población mundial creció de manera sostenida, llegando a triplicar su número durante ese período. A partir de la revolución industrial, a fines del siglo XVII, la tasa de crecimiento poblacional comienza a aumentar de manera notable, gracias a los avances en ciencia y tecnología que permitieron una mayor disponibilidad de alimentos, mejores condiciones de vida, avances en la medicina, etc. Como resultado, en los últimos 150 años la población se multiplicó por un factor de 6. En la actualidad existen más de 7.700 millones de habitantes en este planeta y se espera que para el año 2040 la población superará los 9 mil millones. La Figura 1.3 muestra la evolución de la población mundial, con una proyección hasta el 2100. Una parte importante del crecimiento de la población ocurre en Asia, con más de 60% de la población total. En el recuadro de la Figura 1.3 se presenta la evolución de la pirámide etaria global, constatando un claro envejecimiento de la población mundial que se agudizará en las próximas décadas, una tendencia que coincide plenamente con las perspectivas para Chile y el resto de América Latina.



**FIGURA 1.3 EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN MUNDIAL.  
RECUADRO: DISTRIBUCIÓN ETARIA.**

El crecimiento en el número de habitantes ha ido acompañado de un importante incremento de la urbanización, con más de la mitad de la población mundial viviendo en centros urbanos en la



actualidad. En Chile, de acuerdo a estadísticas oficiales, la población urbana corresponde al 87% del total nacional, aproximadamente<sup>5</sup>.

Adicionalmente, se constata una tasa aún mayor de aumento de la producción industrial y del consumo de materiales y energía. En los últimos 25 años, la producción industrial y el consumo de energía se multiplicaron por un factor superior a 3, mientras que la población sólo se duplicó. Esto ocasiona una intensa presión sobre recursos naturales escasos y no renovables, incluyendo suelos con potencial agrícola, fuentes de agua dulce, combustibles fósiles, recursos bióticos y minerales. A modo de ejemplo, cabe mencionar que entre 2010 y 2014 China consumió más cemento y acero que los Estados Unidos de América a través de toda su historia, con más del 55% del consumo mundial en esos años. El consumo global de minerales, combustibles fósiles y biomasa ha crecido casi 10 veces con respecto a los niveles existentes a comienzos del siglo XX. De seguir las actuales tendencias de crecimiento, para 2050 la Humanidad triplicaría su tasa de consumo de esos recursos naturales con respecto a los valores actuales. La pregunta que debemos hacernos es si aún estarán disponibles esos y otros tipos de recursos, ya que de lo contrario se compromete drásticamente la satisfacción de las necesidades de las próximas generaciones.

Existe una gran heterogeneidad en las tasas de consumo en diferentes países; en efecto, el consumo per cápita promedio en los países industrializados es cinco veces mayor que el de los países en vías de desarrollo. Estas cifras son preocupantes, ya que vivimos en un planeta finito y sus recursos son muy limitados. Al respecto, se ha creado un consenso entre los expertos acerca de la necesidad de desacoplar el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente. Como resultado, comienzan a aparecer múltiples iniciativas que permitan satisfacer las necesidades humanas reduciendo la presión sobre los recursos naturales escasos. Por ejemplo, el año 2007, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) creó el Panel Internacional de Recursos<sup>6</sup>, cuyos estudios técnicos demostraron la necesidad urgente de replantear el vínculo entre prosperidad económica y el uso de recursos, en base a una inversión masiva en innovación tecnológica, financiera y social. Esto debe ir acompañado de una significativa reducción del consumo per cápita en los países de mayor desarrollo industrial, mientras que los países en vías de desarrollo deben tener la oportunidad de mejorar sus condiciones de vida sin emular un estilo derrochador de crecimiento.

Para lograr estos objetivos, se requiere aunar voluntades en todos los niveles de la sociedad, incluyendo los gobiernos, empresas y ciudadanía, con vistas a realizar los profundos cambios en los paradigmas de producción y consumo actuales. Sin lugar a dudas, estos cambios estructurales son complejos y de largo plazo, pero es necesario comenzar a construir desde ya las bases de un nuevo modelo de producción-consumo<sup>7</sup>. Chile enfrenta desafíos ambientales, energéticos e hídricos

---

<sup>5</sup> Es importante tener en cuenta que el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile considera como rural a las localidades de menos de 2 mil habitantes, mientras que el Banco Mundial y la OCDE incluyen criterios adicionales relacionados con densidad de población y lejanía (ej. tiempo de viaje a centros urbanos). De acuerdo a los criterios internacionales, Chile tendría una población rural superior al 30%.

<sup>6</sup> El Panel Internacional de los Recursos es un panel científico de expertos cuyo objetivo es entregar apoyo científico para el diseño de estrategias que minimicen el uso de recursos naturales en todo el ciclo de vida. Sitio web: <http://www.unep.org/resourcepanel/>

<sup>7</sup> En 2015, el Papa Francisco emitió su segunda Encíclica denominada "*Laudato si: Sobre el cuidado de la Casa Común*", donde realiza una fuerte crítica al actual modelo de producción-consumo, promoviendo una acción



que amenazan severamente su competitividad. Éstas son fuerzas motrices suficientemente poderosas para que se elaboren estrategias viables que permitan incentivar una mayor eficiencia de en la utilización de los recursos naturales, para "hacer más con menos" en un marco de mayor equidad social, tanto a nivel global y local. Por ahora, las brechas en estas materias son éticamente inaceptables y se debe priorizar un cambio cultural a corto plazo

Desgraciadamente, el consumo desmedido de recursos naturales constituye una de las principales amenazas para las generaciones futuras. En la actualidad, estamos consumiendo a una tasa superior a la velocidad de lo que el sistema natural puede proveer sin reducir el stock de recursos naturales. Algunos estiman que necesitamos más de un planeta Tierra para mantener los actuales niveles de consumo. Y sólo existe uno.

### 1.3.2) Inequidad Social

A pesar de los enormes avances científico-tecnológicos y del progreso material aparente, en todas las regiones del mundo encontramos enormes desigualdades socio-económicas. A nivel global, estas diferencias son impresionantes, tal como se observa en la siguiente tabla en la que se muestra la distribución de la riqueza mundial, construida a partir de estimaciones del Banco Mundial<sup>8</sup>:

**TABLA 1-2: DISTRIBUCIÓN DE LA RIQUEZA MUNDIAL**

<b>Tramo de población %</b>	<b>% riqueza global</b>
0 – 2	50
2 – 10	35
10 – 50	14
50 – 100	1

Los 700 millones de habitantes más ricos poseen el 85% de la riqueza mundial, mientras que el 50% de la población más pobre solo accede al 1%. A pesar de que una parte significativa de los más desposeídos habita en Asia, África y América Latina, también se encuentran en países de mayor desarrollo industrial donde existe una fuerte desigualdad en la distribución de la riqueza.

---

mundial rápida y unificada para combatir la degradación ambiental y el cambio climático, y avanzar así a un desarrollo sustentable que beneficie a toda la Humanidad. Sitio web:

[http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si.html](http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html)

<sup>8</sup> El Banco Mundial posee bases de datos consolidadas sobre diferentes indicadores sociales, económicos y ambientales a los cuales se pueden acceder en el sitio web: <http://wdi.worldbank.org/tables>

Este cuadro se agrava si se considera que en muchos países no se respetan los derechos humanos y laborales, ni existen condiciones sanitarias dignas. En tal sentido, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros organismos internacionales, están permanentemente desarrollando iniciativas para revertir las tendencias actuales.

A nivel global, una parte importante del consumo privado está concentrado en los sectores de más altos ingresos, donde el 30% de la población más rica es responsable del 85% del consumo, mientras que el 50% más pobre consume alrededor del 7% del total mundial.

Actualmente, el consumo mundial provocado por cada habitante, está dedicado casi en un 40% al sector alimentos y bebidas, seguido por alrededor de 27% en vestuario, vivienda y transporte, mientras que los servicios de educación, salud, energía y TIC cubren poco más del 20% del total. Los sectores de mayores ingresos destinan una proporción mayor de sus ingresos a transporte, servicios financieros y vivienda, y una menor proporción en alimentos y bebidas.

Chile es reconocido como uno de los países con mayor inequidad económica en América Latina, con un índice de Gini superior a 0,5. En temas sociales, este indicador se utiliza para establecer las brechas en la distribución de los ingresos al interior de los países: mientras más cercano a 0, más igualitaria es la distribución. De acuerdo a cifras publicadas recientemente, el 10% de los habitantes más ricos de Chile posee el 38% del ingreso total, comparado con sólo 1,7% para el 10% más pobre de la población. Más aún, un estudio realizado en base a datos publicados por el Servicio de Impuestos Internos, demuestra que, de un total de 8,2 millones de personas naturales, el 81% de los contribuyentes que declararon ingresos el año 2010 poseían ingresos mensuales inferiores a US\$1.100 con un promedio de US\$338, mientras que el 1% más rico declaró ingresos sobre US\$7.300, con un promedio sobre US\$13.000, lo que representa una brecha de casi 40 veces entre los ingresos de ambos tramos <sup>9</sup>. Los autores de esa investigación concluyen que el ingreso real del 1% más rico de los chilenos supera el 20% del ingreso total del país, posicionándolo en el más desigual de los países de la OCDE.

#### 1.4) CONSUMO DE ENERGÍA

El ser humano necesita energía para cocinar sus alimentos y protegerse del frío, para transportar a las personas, las materias primas y los productos; para mover las maquinarias y calentar los hornos y calderas; para iluminar sus viviendas; en suma, para existir como sociedad. En efecto, sin energía no es posible concebir la existencia humana, por lo que su Historia está estrechamente ligada a la disponibilidad de fuentes de energía.

En la actualidad, se consumen aproximadamente 12 mil millones de toneladas equivalentes de petróleo (equivalentes a 500 millones de TJ). Aproximadamente el 80% de la energía primaria utilizada proviene de la combustión de petróleo, carbón y gas natural. El primero es utilizado principalmente como combustible en los motores de los vehículos de transporte y, en menor medida,

---

<sup>9</sup> : La 'Parte del León': Nuevas Estimaciones de la Participación de los Súper Ricos en el Ingreso de Chile. Trabajo publicado por R. López, E. Figueroa, P. Gutiérrez, en Serie de Documentos de Trabajo, SDT 379, Marzo 2013. <http://www.econ.uchile.cl/uploads/publicacion/306018fad3ac79952bfl395a555a90a86633790.pdf>

en la generación de electricidad. A su vez, el uso principal del carbón y gas natural es como fuente de calor para la producción de vapor y de electricidad. Por su parte, la combustión de biomasa representa el 11% del consumo total de energía e incluye la leña y otros residuos orgánicos utilizados como fuente de energía calórica en actividades domésticas e industriales. Otras fuentes renovables, como solar y eólica, aportan un 3% a la matriz energética primaria, mientras que la energía nuclear llega a un 5% del total.

Esta distribución del consumo energético representa emisiones globales del orden de 10 mil millones de toneladas de carbono provenientes de fuentes fósiles (equivalente a 37 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>), siendo uno de los principales responsables de la contribución humana al efecto invernadero.

En la actualidad, la mitad mas pobre de la población mundial vive en una situación de alta precariedad, con un consumo energético per cápita inferior a 0,5 kJ/s, comparado con un promedio mundial de 2,4 kJ/s. A medida que se incrementa el nivel de desarrollo económico de las naciones, se constata una tendencia a elevar el consumo energético per cápita particularmente asociado a transporte, comercio y producción industrial. Por lo tanto, la presión sobre los recursos energéticos podría incrementar significativamente cuando los países más pobres comiencen a transitar hacia un mayor nivel de desarrollo económico. Ello obliga a implementar con urgencia el uso de nuevas formas de energía basadas en fuentes renovables.

Al mirar a nuestro alrededor, es fácil darse cuenta de que el mundo moderno depende de la electricidad para su funcionamiento en cada ámbito de nuestra actividad: para generar luz y calor, para impulsar motores eléctricos, para darle vida a todos los ingenios electrónicos que modelan nuestra existencia actual, etc. En efecto, el siglo XX será conocido como el siglo de la energía eléctrica. A pesar de que el descubrimiento de los fenómenos electromagnéticos data de hace más de 2.000 años, sus aplicaciones productivas nacen durante el siglo XIX, gracias a las contribuciones de físicos e inventores como Coulomb, Galvani, Volta, Oersted, Ampère, Faraday, Ohm y muchos otros, que dieron vida a la batería, telégrafo, dínamo, ampolleta, teléfono, motor eléctrico, y todos los ingenios basados en dichos fenómenos (ver Tabla 1.1).

En 2010 el consumo de electricidad en el mundo fue del orden de 20 millones de GWh. El 66% de dicha generación eléctrica se realiza a partir de la combustión de combustibles fósiles (principalmente carbón y gas natural), mientras que las fuentes renovables de energía representan menos del 20% de la generación total, con la energía nuclear aportando el resto

En la actualidad, aún existen más de mil millones de personas que no cuentan con acceso a la electricidad, principalmente en África y Asia, lo que implica un gran desafío tecnológico y económico para las próximas décadas. Por lo tanto, se prevé un significativo incremento del consumo eléctrico mundial como resultado de las iniciativas para mejorar las condiciones de vida de la población menos favorecida y del masivo reemplazo del motor de combustión interna por motores eléctricos en el transporte, con una creciente contribución de las fuentes renovables, debido al incremento del precio de los combustibles fósiles que ocurrirá a medida que las reservas se agoten y, paralelamente, se incrementen las presiones ambientales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El petróleo, el carbón y, más recientemente, el gas natural, constituyen la base energética de la sociedad moderna. Estos tres combustibles provienen de organismos vivientes fosilizados en procesos de varios millones de años de duración. El principal impacto ambiental que generan los combustibles fósiles se debe a las emisiones de CO<sub>2</sub> que se emiten debido a la combustión,

contribuyendo al efecto invernadero. El CO<sub>2</sub> generado por la combustión devuelve a la atmósfera el carbono que fue capturado por fotosíntesis hace millones de años atrás. Si bien estos combustibles fósiles tienen su origen en la energía solar, se requieren millones de años para regenerar cada tonelada de combustible fósil que se consume hoy, por lo que estos recursos energéticos se consideran como no renovables.

En nuestro país los recursos fosilizados son limitados por lo que 98% de los combustibles fósiles consumidos son importados, lo que significa un riesgo permanente debido a restricciones de suministro. Por otra parte, Chile es rico en recursos energéticos renovables que ofrecen un gran potencial de utilización sustentable. Cabe destacar que Chile, en virtud de una actual Política Energética con mirada de futuro, ha avanzado de manera significativa en términos relativos en el uso de fuentes renovables para la generación de energía eléctrica, principalmente con la incorporación de plantas generadoras eólicas y fotovoltaicas.

Las soluciones para abordar la cuestión energética no son sencillas, debido a las diferentes aristas tecnológicas, económicas, ambientales, culturales, políticas y sociales del problema. La energía solar representa una fuente prácticamente inagotable de energía que permitirá resolver la problemática energética a medida que se vayan superando los límites tecnológicos y económicos que impiden su masificación. Además, ello debe ir acompañado de iniciativas para incrementar significativamente la eficiencia de uso de la energía, es decir, de "hacer más, con menos consumo de energía".

### **1.5) RECURSOS HÍDRICOS**

El desarrollo de la Humanidad depende de la existencia de un adecuado suministro de agua dulce. A través de su evolución, la sociedad ha establecido sus asentamientos en aquellos lugares donde existen acuíferos de calidad compatible con su uso como fluido vital. Además, el agua es esencial para la producción de alimentos y la actividad industrial.

Si bien el 75% de nuestro planeta está cubierto por agua, más del 95% corresponde a agua de mar. Del total de agua que existe globalmente, menos del 0,02% es agua dulce superficial.

La reducción de fuentes de agua adecuadas para el consumo humano constituye una de las principales preocupaciones a nivel mundial, ya que el acelerado incremento de la población y de la producción industrial ha impuesto una mayor demanda y una afectación del ciclo hidrológico.

La intervención masiva del ser humano sobre el sistema natural ha alterado el ciclo hidrológico local en muchas partes del mundo, afectando la disponibilidad de agua para consumo humano en esas zonas. Más aún, el efecto del cambio climático sobre los perfiles climáticos locales y regionales es aún incierto, aun cuando los estudios científicos demuestran claramente que las tendencias climáticas de las últimas décadas se mantendrán y, en muchos casos, se agudizarán.

Se debe señalar que Chile ha venido experimentando un largo proceso de desertificación que ha reducido en forma significativa los recursos hídricos del Norte y Centro del país. Durante el siglo XX, la pérdida de dichos recursos en esa zona es sólo comparable con el proceso de desertificación del Norte de África. Los estudios realizados recientemente, indican que dicha tendencia se mantendrá y se extenderá hacia el Sur de Chile, constituyendo un alto riesgo para los recursos de agua dulce que existen en la actualidad.

En Chile, el agua que alimenta los ríos y los lagos proviene de 3 fuentes principales: las precipitaciones, las reservas nivales estacionales y, en menor medida, los glaciares andinos. La lluvia alimenta directamente los acuíferos y fluye hacia el mar, mientras que la nieve que se deposita en las tierras altas, sobre la isoterma de 0°C, constituye una reserva de agua que alimentará los cuerpos superficiales en los períodos cálidos, una vez que comiencen los deshielos. Por otra parte, los glaciares cordilleranos (cada vez más escasos) son fuente permanente de agua dulce, particularmente en el Sur de Chile.

Algunas actividades humanas, tales como la agricultura, la generación hidroeléctrica y la silvicultura, tienen un efecto significativo sobre la disponibilidad y características del recurso hídrico. La agricultura constituye uno de los principales consumidores de agua y, normalmente, implica la extracción de dicho recurso de un cuerpo hídrico superficial o subterráneo y su descarga en otro sistema sin que retorne en su totalidad al cuerpo de origen. Por otra parte, las centrales hidroeléctricas tienen un importante efecto en las características hidráulica del sistema fluvial. En el caso de la actividad silvícola, la explotación no sustentable de recursos forestales puede generar deforestación y erosión, con serios efectos sobre los recursos hídricos superficiales.

La visión moderna sobre la gestión de cuencas hídricas se fundamenta en armonizar las actividades humanas y las condiciones naturales del sistema hidrológico para evitar un deterioro del suministro de agua para los usuarios de toda la cuenca. Dentro de dichas estrategias, el régimen de lluvia y los perfiles térmicos son factores importantes que determinan la cantidad de agua dulce de que dispone una región específica.

El hemisferio norte ha presentado una marcada tendencia de calentamiento en su atmósfera, con incrementos de más de 1°C/década en las latitudes altas. Por su parte, Chile a pesar de poseer una ubicación geográfica privilegiada que le ha permitido tener temperaturas medias relativamente constantes en las últimas décadas, ha sufrido significativas pérdidas de sus glaciares andinos y otros recursos hídricos. Todas las predicciones científicas indican que tendremos un incremento del orden de 1-2°C promedio durante el presente siglo. Los modelos climáticos predicen que dicho aumento de temperatura afectará directamente la capacidad de almacenamiento nival de la Cordillera. Al incrementar la temperatura, se eleva la isoterma de 0°C que marca el límite a partir del cual se almacena nieve. Al elevarse dicha isoterma, se pierde una significativa reserva nival, afectando severamente el caudal de los ríos durante los períodos de estiaje.

Este fenómeno va acompañado de una continua reducción de los glaciares cordilleranos, debido al calentamiento atmosférico. Dicha situación se ha estado desarrollando durante los últimos 15 mil años y es resultado natural del período inter-glaciar en que nos encontramos<sup>10</sup>.

Uno de los principales determinantes climáticos en Chile es el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que se manifiesta en los eventos conocidos como El Niño y La Niña. Este es un

---

<sup>10</sup> Una glaciación es un periodo de larga duración en el cual baja la temperatura global y da como resultado una expansión del hielo continental de los casquetes polares y los glaciares tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur; generalmente, duran millones de años. Dentro de cada glaciación existen períodos glaciales (períodos más fríos de las glaciaciones) e interglaciares (para los períodos más cálidos de dichas glaciaciones). La glaciación actual empezó hace 40 millones de años con la expansión de la capa de hielo Antártica, intensificándose hace tres millones de años con la extensión de capas de hielo en el hemisferio norte, y continuó durante el Pleistoceno. Desde entonces, el mundo ha alternado ciclos de glaciación con el avance y retroceso de las capas de hielo durante miles de años. El periodo glacial más reciente finalizó hace unos diez mil años, cuando entramos en la presente fase interglaciar.

fenómeno natural de interacción océano-atmósfera bastante complejo y difícil de predecir, que genera períodos intermitentes de lluvias y sequías extremas, no solo en el Pacífico Sur, sino que produce alteraciones significativas en los patrones climáticos en regiones muy lejanas.

El fenómeno El Niño se manifiesta en Chile como un incremento de la temperatura superficial del mar frente a nuestras costas y debilitamiento del Anticiclón del Pacífico Sur y de los vientos alisios. Cabe recordar que dicho anticiclón mantiene una alta presión atmosférica frente a las costas del Norte de Chile, lo que evita el acceso de los sistemas frontales provenientes del Sur, generando así un clima predominantemente seco. Cuando dicho anticiclón se debilita, los sistemas frontales australes penetran hacia dichas regiones trayendo precipitaciones. Durante un evento El Niño, las precipitaciones en el Centro y Sur de Chile incrementan en hasta un 50% respecto a un año normal.

Por su parte, en la fase inversa de ENOS, el fenómeno La Niña implica una reducción de la temperatura superficial del mar frente a nuestras costas y un fortalecimiento del Anticiclón del Pacífico Sur y de los vientos alisios. Cuando el anticiclón se fortalece, su influencia se extiende hacia el Sur de Chile, impidiendo que penetren allí los sistemas frontales y manteniendo condiciones de sequía. Durante un evento La Niña, el déficit hídrico se agudiza en el país, con un fuerte efecto sobre las regiones VII y VIII, que ven reducidas sus precipitaciones en hasta 50%. Paralelamente, se constata una menor temperatura del mar en las costas de Chile, con presencia de surgencias marinas ricas en nutrientes.

Los fenómenos El Niño y La Niña ocurren periódicamente, cada 3 a 5 años, con una cierta alternancia entre ambos fenómenos. Recientemente, se ha descubierto que el fenómeno ENOS presenta un comportamiento periódico de fases calientes seguidas de fases frías, que se alternan cada dos a tres décadas. Durante la fase caliente se producen eventos El Niño más intensos que las Niñas, mientras que en la fase fría los eventos La Niña son más intensos que los Niños.

De acuerdo a los últimos estudios oceanográficos, estaríamos entrando en una fase fría de la Oscilación Decadal del Pacífico Sur, lo que implica que a partir de ahora y durante las próximas 2 o 3 décadas, tendremos una mayor frecuencia de eventos La Niña intensos, resultando en años secos y una fuerte reducción de los recursos hídricos.

Estos fenómenos naturales generan un escenario complejo para el suministro de agua fresca en nuestro país, con una agudización de la escasez de agua dulce en el Norte y Centro del país, y significativa reducción del potencial hídrico en el Sur.

## **1.6) CAMBIO CLIMÁTICO**

El cambio climático es definido como un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. El término, a veces se refiere específicamente al cambio climático causado por la actividad humana, a diferencia de aquellos causados por procesos naturales de la Tierra y el Sistema Solar. En este sentido, especialmente en el contexto político, el término "cambio climático" ha llegado a ser sinónimo de "calentamiento global antropogénico", o sea un aumento de las temperaturas por acción de los seres humanos.

Los cambios de clima forman parte de la historia de la Humanidad. El clima local cambia permanentemente y, muchas veces, afecta negativamente la capacidad de los habitantes para

mantenerse en ese territorio. La carencia de agua y los eventos climáticos extremos afectan directamente la capacidad para producir los alimentos y, bajo determinadas circunstancias pueden hacer inviable la existencia de grandes comunidades humanas en esos lugares. Al respecto, el calentamiento global puede tener efectos significativos sobre el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua local, repercutiendo directamente en los rendimientos agrícolas, ya sea negativa o positivamente

En las últimas décadas se han constatado importantes incrementos en la concentración de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) de la atmósfera y la consecuente elevación de la temperatura media. Este gas tiene un importante efecto invernadero, es decir, retiene una parte de la radiación infrarroja que escapa desde la Tierra. Al aumentar la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, se produce un incremento de la temperatura, generando drásticos cambios en el clima de nuestro planeta. Otros gases que tienen efectos similares son el metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido dinitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y vapor de agua. El efecto radiactivo del  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  es 25 y 300 veces superior al del  $\text{CO}_2$ , respectivamente.

El efecto invernadero se debe a la absorción atmosférica de la radiación infrarroja (onda larga) emitida por la Tierra, luego de recibir la radiación solar (onda corta). Gran parte de las emisiones de gases con efecto invernadero provienen de la combustión de combustibles fósiles (ej. en sistemas termoeléctricos, motores de combustión interna, calderas). Por su parte, el metano es emitido principalmente como resultado de la digestión de materia orgánica expuestos a ambientes anaeróbicos (ej. basuras, residuos agrícolas e industriales, pantanos). El óxido dinitroso es generado, principalmente, en los sistemas agrícolas debido a la metabolización microbiana de abonos nitrogenados.

El efecto invernadero evita que la energía recibida constantemente vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero. En el sistema solar, los planetas que presentan efecto invernadero son Venus, la Tierra y Marte, pues poseen atmósferas con ese tipo de gases. Si no fuera por el efecto invernadero, la vida en la Tierra, tal como la conocemos, no sería posible, ya que la temperatura en la superficie estaría en torno a los  $-18^\circ\text{C}$ .

Los cambios que está experimentando el sistema climático global y las tendencias proyectadas para el resto del siglo XXI revisten extrema gravedad para la sociedad humana. La severidad de las consecuencias que enfrenta la Humanidad está fuertemente asociada al significativo aumento de la población humana. Durante los últimos 150 años el consumo de agua y energía se incrementó en 40 y 100 veces, respectivamente. Esto, sumado a la agresiva intervención territorial de las comunidades humanas, ha incrementado la vulnerabilidad de la sociedad en su conjunto.

Para sostener a una población creciente, los sistemas agrícolas deben ser subsidiados con enormes cantidades de energía, situación que se tornará crítica con el agotamiento de los recursos energéticos fósiles. Por otra parte, los cambios en los patrones climáticos pueden tener efectos devastadores en aquellas zonas del planeta que verán reducido su potencial hídrico. La tendencia mostrada por el clima de África y de parte importante de Asia se agudizará, poniendo en peligro a las poblaciones que dependen de los sistemas locales de producción de alimentos, incluyendo las escasas fuentes de agua potable.

En la comunidad científica y política existe preocupación en este sentido y se están buscando las fórmulas para reducir la presencia de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y de otros gases invernaderos. A nivel internacional, existen importantes iniciativas para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero.



En 1988 se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)<sup>11</sup> con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. En 1992, se creó la Convención Marco para el Cambio Climático de Naciones Unidas<sup>12</sup> acordado luego de la Cumbre de Río de 1992. Anualmente, se realizan reuniones de los países signatarios de este acuerdo, para acordar medidas que tiendan a la mitigación y adaptación al cambio climático. En ese contexto, en 1996 se estableció el Protocolo de Kioto<sup>13</sup>, que tuvo como objetivo forzar a las principales naciones industrializadas a tomar medidas para disminuir sus emisiones de gases que tienen efecto invernadero y, paralelamente, incentivar la captación de CO<sub>2</sub> por fotosíntesis.

Desde ese entonces se han implementado medidas de reducción de emisiones de gases invernadero, además de mecanismos de mercado y políticas públicas que han incrementado la presión para reducir el consumo de combustibles fósiles, incrementar la ecoeficiencia de los procesos y cambiar los patrones de consumo energético. El lector que desee profundizar sus conocimiento acerca de las causas y consecuencias del cambio climático, y las medidas de mitigación y adaptación propuestas, puede encontrar valiosa información en los informes emitidos por el IPCC disponibles en su sitio web.

## **1.7) DESARROLLO SUSTENTABLE**

### **1.7.1) Definición del concepto de Desarrollo Sustentable**

La preocupación por las implicancias de largo plazo del crecimiento económico y demográfico no es un tema reciente. A partir de los años sesenta, estas materias adquieren máxima relevancia, debido a la creciente degradación ambiental y reducción de recursos naturales escasos resultantes del acelerado aumento de la producción industrial y de la urbanización. En diferentes círculos se generaron propuestas para enfrentar los desafíos del desarrollo económico y de la creciente globalización. Surge así el concepto del “desarrollo sustentable”.

---

<sup>11</sup> El IPCC se creó en 1988 a iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas. En su sitio web se encuentran disponibles numerosos informes sobre las causas y efectos del cambio climático. [http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml)

<sup>12</sup> La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y entró en vigor el 27 de marzo de 1994. Permite, entre otras cosas, reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático. En 1997, los gobiernos acordaron incorporar una adición al tratado, conocida con el nombre de Protocolo de Kioto, que cuenta con medidas más energéticas (y jurídicamente vinculantes).

Sitio web de la Convención: [http://unfccc.int/porta1\\_espanol/items/3093.php](http://unfccc.int/porta1_espanol/items/3093.php)

<sup>13</sup> Sitio web del documento Protocolo de Kioto en español <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

La primera definición internacionalmente reconocida de “desarrollo sustentable” (o su equivalente “desarrollo sostenible”)<sup>14</sup> se encuentra en el Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983<sup>15</sup> :

*“Desarrollo Sustentable: es el desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”.*

Esta definición se incorporó en el Principio 3º de la Declaración de Río, incluida en el Programa XXI de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo realizada en Rio de Janeiro en 1992<sup>16</sup>.

Desde esta perspectiva, el desarrollo sustentable es la capacidad que tiene una sociedad para hacer un uso consciente y responsable de sus recursos, sin agotarlos o exceder su capacidad de renovación, y sin comprometer el acceso a estos por parte de las generaciones futuras. Implica un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del cambio tecnológico e institucional, están todos en armonía, aumentando el potencial actual y futuro para atender las necesidades y las aspiraciones humanas. Todo esto significa que el desarrollo del ser humano debe hacerse de manera compatible con los procesos ecológicos que sustentan el funcionamiento de la biósfera.

Sustentabilidad se refiere a la cualidad de poderse mantener por sí mismo, sin ayuda exterior y sin agotar los recursos disponibles. Existe una creciente conciencia acerca de que el crecimiento económico por sí mismo no garantiza un mejoramiento generalizado de la calidad de vida. Las experiencias que se observan en diferentes partes del mundo demuestran que el “progreso” va acompañado de altos costos sociales y ambientales. En la medida que exista mayor conciencia acerca de los límites ambientales y sociales, y de la importancia de crear condiciones de largo plazo que hagan posible un real bienestar para los todos seres humanos, estaremos en condiciones de aseverar que dichos objetivos no constituirán una amenaza para las condiciones de vida de las futuras generaciones.

Las políticas de desarrollo sustentable consideran tres dimensiones interdependientes que se refuerzan mutuamente: desarrollo económico, desarrollo social y protección ambiental. En esencia, los objetivos de la protección ecológica, la erradicación de la pobreza, el desarrollo económico

---

<sup>14</sup> El término original en idioma inglés es “Sustainable Development”, lo que ha sido traducido al español como “Desarrollo Sostenible” (España) o “Desarrollo Sustentable” (Chile y algunos otros países Latinoamericanos). En Chile, la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente define Desarrollo Sustentable como el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras.

<sup>15</sup> Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas creada por la Asamblea de las Naciones Unidas en 1983, presidida por la Ministra de Medio Ambiente de Noruega Gro Harlem Brundtland

<sup>16</sup> Programa XXI (también conocido como Agenda 21) es un plan detallado de acciones a nivel mundial, nacional y local, para lograr un desarrollo sustentable. Acordado en la Conferencia de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Desarrollo realizada en Rio de Janeiro en 1992. Sitio web: <http://web.archive.org/web/20090420073232/http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm>

equitativo, el respecto a los derechos humanos, la democracia y la paz son interdependientes e indivisibles.

Cada 10 años, la comunidad internacional tiene la oportunidad de reunirse y debatir acerca de los desafíos del desarrollo sustentable, bajo el alero de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo (también conocidas como Cumbre de la Tierra). En particular, la 3ª Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Rio de Janeiro (Brasil) en junio de 1992, permitió acordar un conjunto de principios básicos de conducta para lograr un adecuado complemento entre el desarrollo socioeconómico y la sustentabilidad ambiental. Entre los acuerdos, destaca un vasto programa de acción destinado a minimizar el daño ambiental y garantizar la viabilidad e integridad de la Tierra como Hogar Común, del hombre y de todos los seres vivientes. Dicho programa, conocido como la Agenda 21, consta de 40 capítulos con objetivos y acciones específicas, que sentaron las bases para la construcción de una nueva institucionalidad ambiental global (ver Tabla 1.3)<sup>17</sup>. A partir de ahí, el número de iniciativas destinadas a abordar los principales problemas ambientales y sociales se han multiplicado, en un largo camino plagado de avances y retrocesos, acuerdos y desacuerdos, esperanzas y decepciones.

Recientemente, en septiembre de 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó una nueva agenda de desarrollo sustentable, con 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, igualdad de la mujer, defensa del medio ambiente o diseño de nuestras ciudades, tal como se resumen en la Tabla 1.4. Cada ODS tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años<sup>18</sup>. Por desgracia, aún persisten diferencias importantes entre países que enfrentan diferentes realidades o que son más vulnerables a los vaivenes de políticas internas, lo que impide la ejecución de acciones globales efectivas.

El concepto de Sustentabilidad ha estado sujeto a interesantes controversias académicas, con visiones que van desde la dimensión económica hasta la ecológica, mientras otras se han formulado para facilitar su operativización a nivel de políticas públicas y empresas<sup>19</sup>.

La ONG sueca Natural Step, fundada en 1989, formuló 4 principios para definir Desarrollo Sustentable, basados en que la Tierra es un sistema complejo del cual los seres humanos formamos parte integral, a saber:

- Los materiales peligrosos que son extraídos de la tierra, tales como plomo y mercurio, no se deben acumular en el medio ambiente.
- Los materiales que son creados por los seres humanos no pueden acumularse a una tasa mayor que la capacidad del ecosistema para degradarlos.

---

<sup>17</sup> Ver el sitio web de ONU sobre la Agenda 21: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>

<sup>18</sup> Ver el sitio web de ONU referido a los ODS: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

<sup>19</sup> Para una interesante revisión de las diferentes definiciones de desarrollo sustentable, se recomienda el artículo de Scott Swisher "Sustainable Production: Definition, Comparison, and Application", The Park Place Economist: vol.14(1), 2006.

- La actividad humana no debe destruir la capacidad de la Tierra para proveernos los servicios que necesitamos, como por ejemplo prácticas que causan erosión o destruyen la capacidad de los humedales.
- Los recursos naturales deben ser utilizados de manera equitativa y eficiente, para evitar su destrucción.

**TABLA 1.3: CAPÍTULOS DE LA AGENDA 21**

<b>I) Dimensiones sociales y económicas</b>	
1. Preámbulo	
2. Cooperación internacional para acelerar el desarrollo sustentable	
3. Lucha contra la pobreza	
4. Evolución de las modalidades de consumo	
5. Dinámica demográfica y sustentabilidad	
6. Protección y fomento de la salud humana	
7. Fomento del desarrollo sustentable de los recursos humanos	
8. Integración del medio ambiente y el desarrollo en la toma de decisiones	
<b>II) Conservación y gestión de recursos para el desarrollo</b>	
9. Protección de la atmósfera	
10. Enfoque integrado de la ordenación de los recursos de la tierra	
11. Lucha contra la deforestación	
12. Lucha contra la desertificación y la sequía	
13. Protección de zonas de montaña	
14. Fomento de la agricultura y del desarrollo rural	
15. Conservación de la diversidad biológica	
16. Gestión ecológica de la biotecnología	
17. Protección de los recursos marinos	
18. Protección de la calidad de vida y el suministro de los recursos de agua dulce	
19. Gestión ecológicamente racional de los productos químicos tóxicos	
20. Gestión ecológicamente racional de los desechos peligrosos	
21. Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos y aguas servidas	
22. Gestión segura y ecológicamente racional de los desechos radiactivos	
<b>III) Fortalecimiento del papel de las partes interesadas</b>	
23. Preámbulo	
24. Medidas mundiales en favor de la mujer para lograr un desarrollo sustentable	
25. Los niños y jóvenes en el desarrollo sustentable	
26. Reconocimiento y fortalecimiento del papel de las poblaciones indígenas	
27. Fortalecimiento del papel de las organizaciones no gubernamentales (ONG)	
28. Incentivos de las autoridades locales en apoyo de la Agenda 21	
29. Fortalecimiento del papel de los trabajadores y sus sindicatos	
30. Fortalecimiento del papel de la industria y comercio	
31. La comunidad científica y tecnológica	
32. Fortalecimiento del papel de los agricultores	
<b>IV) Medios de ejecución</b>	
33. Financiamiento	
34. Transferencia tecnológica	
35. Ciencias	
36. Educación	
37. Cooperación internacional	
38. Acuerdos internacionales institucionales	
39. Instrumentos jurídicos internacionales	
40. Información	

**TABLA 1.4 OBJETIVOS DE DESARROLLO SUSTENTABLE 2015 – 2030**

<b>OBJETIVOS DE DESARROLLO SUSTENTABLE 2015-2030</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Erradicar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo</li><li>2. Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible</li><li>3. Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos para todas las edades</li><li>4. Garantizar una educación de calidad inclusiva y equitativa, y promover las oportunidades de aprendizaje permanente para todos</li><li>5. Alcanzar la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas</li><li>6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos</li><li>7. Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos</li><li>8. Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos</li><li>9. Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación</li><li>10. Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos</li><li>11. Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles</li><li>12. Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles</li><li>13. Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (tomando nota de los acuerdos adoptados en el foro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático)</li><li>14. Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible</li><li>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</li><li>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</li><li>17. Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible</li></ol>

Por su parte, la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo definió Desarrollo Sustentable como "un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la orientación de las inversiones y del desarrollo tecnológico, y el cambio institucional están en armonía y aumentan el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas" Por su parte, el Foro para el Futuro define el Desarrollo Sustentable como "un proceso dinámico que permite a las personas realizar su potencial y mejorar su calidad de vida, mientras que al mismo tiempo protegen y mejoran los sistemas de soporte de vida de la Tierra".

En todo caso, existe un común denominador en todas las definiciones de desarrollo sustentable, en relación con considerarlo como un modelo de desarrollo que busca proteger la capacidad del planeta para sustentar la vida y el desarrollo de la Humanidad en el largo plazo.

### 1.7.2) Indicadores de Desarrollo Sustentable

Existen diferentes propuestas de indicadores para medir la "sustentabilidad" de un país o región. Estos indicadores incluyen una amplia variedad de parámetros ambientales, sociales y económicos, tales como calidad del aire y agua, biodiversidad, producto interno bruto, expectativa de vida, educación, consumo energético, emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros. A continuación, se presentan algunos ejemplos ilustrativos.

**Huella Ecológica:** Es un indicador que estima el área terrestre ecológica y productiva necesaria para generar los recursos consumidos por una sociedad y asimilar los residuos correspondientes. Fue desarrollado por investigadores de la Universidad de la Columbia Británica en 1990<sup>20</sup>.

**Índice de Desarrollo Humano (IDH):** Es un indicador compuesto calculado desde 1990 por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en base a 3 parámetros socio-económicos<sup>21</sup>:

- Salud: Expectativa de Vida al Nacer
- Educación: Tasa Alfabetización Adultos + Tasa Combinada Matrícula Educativa
- Riqueza: Producto interno bruto (PIB) per cápita

**Índice de Progreso Social (IPS):** Determina el nivel de satisfacción de las necesidades sociales y ambientales de los países, con el objeto de calcular y orientar las prioridades de desarrollo. Fue elaborado por M. Porter de la Universidad de Harvard y Scott Stern del Instituto Tecnológico de Massachusetts, en base a 54 indicadores agrupados en 3 pilares<sup>22</sup>:

- Necesidades básicas humanas
- Bienestar fundamental
- Oportunidades de progreso

---

<sup>20</sup> Información sobre Huella Ecológica en: <http://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>

<sup>21</sup> Información sobre IDH en: <http://hdr.undp.org/es/content/el-%C3%ADndice-de-desarrollo-humano-idh>

<sup>22</sup> Información sobre IPS en: <http://www.socialprogressimperative.org/>

**Índice de Planeta Feliz (IPF):** Es un indicador de desarrollo social y ambiental, publicado desde 2016 por New Economics Foundation (NEF), basado en 3 pilares <sup>23</sup>:

- Expectativa de Vida
- Percepción de Felicidad
- Huella Ecológica

**Índice de Sociedad Sustentable (SSI):** Es un indicador compuesto propuesto por la Sustainable Society Foundation de Holanda, en base a 21 indicadores agrupados en 3 dimensiones <sup>24</sup>:

- Bienestar Humano
- Bienestar Ambiental
- Bienestar Económico

## 1.8) GLOBALIZACION

Según la Real Academia de la Lengua Española, la Globalización es la tendencia de los mercados y de las empresas a extenderse, alcanzando una dimensión mundial que sobrepasa las fronteras nacionales. Se le reconoce como un proceso económico, tecnológico, político, social, empresarial y cultural a escala mundial, originado desde el mundo occidental, que consiste en la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países del mundo, uniendo sus mercados, sociedades y culturas, a través de una serie de transformaciones sociales, económicas y políticas que les dan un carácter global.

Algunos autores señalan que la presente globalización se inició en 1492 con la colonización de gran parte del mundo por parte de Europa, mientras que otros historiadores establecen su inicio formal en 1989 (caída del muro de Berlín) o 1991 (disolución de la Unión Soviética) globalización es un proceso.

Existe bastante controversia acerca de los resultados de la globalización, particularmente, en los países en vías de desarrollo de África y Asia, donde su cultura y modos de vida se han visto avasallados por conceptos y valores occidentales.

La globalización económica y tecnológica, sumada a los medios de comunicación, ha resultado en la globalización de los problemas políticos, financieros, laborales, ambientales y de seguridad. Esta globalización de los problemas requiere de la construcción de una ética y gobernanza global. Las fronteras económicas se han desvanecido, permitiendo el comercio mundial de bienes, servicios y el movimiento de capitales e intensificándose los flujos de personas, motivando a que a futuro se construyan instituciones políticas globales.

Algunos analistas han concluido que la globalización ha permitido mejorar la calidad de vida en casi todo el planeta, mostrando significativas reducciones en los índices de extrema pobreza, aun cuando se reconoce que ha crecido la brecha entre ricos y pobres.

---

<sup>23</sup> Información sobre IPF en: <http://neweconomics.org/2006/07/happy-planet-index/>

<sup>24</sup> Información sobre ISS en: <http://www.ssfindex.com/>



Los desafíos políticos, económicos, ambientales y sociales que se generan a partir de la globalización son concordantes con los retos que enfrentamos para lograr un verdadero desarrollo sustentable. Pareciera que el proceso de globalización es irreversible y se seguirá profundizando con el correr de las décadas, lo cual irá generando nuevos retos para lograr un planeta sustentable.

## **Reflexiones finales**

En este capítulo se han resumido de manera sucinta los principales desafíos que enfrenta la sociedad moderna para lograr un desarrollo sustentable, en el contexto de un mundo crecientemente globalizado.

Los retos para la ingeniería que se desprenden de este escenario son complejos y de naturaleza multidisciplinaria. Ya no se trata solamente de responder a los requerimientos de controlar las emisiones atmosféricas, descargas de efluentes líquidos o generación de residuos sólidos, sino que se debe velar por que el desarrollo de la capacidad de producción de bienes y servicios vaya de la mano de una real sustentabilidad ambiental, fortalecimiento de la equidad social y de las condiciones sociales, políticas e institucionales que hacen posible un camino hacia el Bienestar Humano.

Los Objetivos de Desarrollo Sustentable identifican los grandes lineamientos que deben orientar la práctica de la ingeniería, en los ámbitos de la investigación y desarrollo, innovación y emprendimiento, diseño y control de procesos, gestión empresarial, educación, elaboración de políticas públicas y normas, entre otros.

Hoy tenemos que formular una ingeniería que contribuya al desarrollo sustentable de manera transversal, con enfoques multidisciplinarios que den cuenta de la complejidad de los problemas que enfrenta la Humanidad en esta época de cambios acelerados. La ingeniería está llamada a ser el pilar sobre el cual se construyan capacidades profesionales para apoyar la transición hacia un sistema de producción sustentable que respete la Naturaleza y contribuya al logro de una vida digna para todos los seres humanos.

En este contexto, los siguientes capítulos deben ser vistos como un conjunto reducido de pequeñas piezas de un rompecabezas aun mayor, cuyo propósito es permitir un mínimo nivel de ordenamiento de los principios y prácticas que representan la base para una actividad ingenieril sustentable para la industria de procesos, acorde a los desafíos del siglo XXI.

## Referencias

Se recomiendan los siguientes sitios web:

Programa XXI:

<http://web.archive.org/web/20090420073232/http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm>

Carta de la Tierra:

<http://earthcharterinaction.org/contenido/pages/Lea%20la%20Carta%20de%20la%20Tierra>

Encíclica Papal Laudato Si (2015):

[http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si.html](http://w2.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html)

Objetivos de Desarrollo Sustentable ONU 2015-2039:

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente PNUMA:

<https://www.unenvironment.org/es>

Organización Internacional del Trabajo:

<http://www.ilo.org/global/lang-es/index.htm>

Organización Mundial de la Salud:

[www.who.int/es/](http://www.who.int/es/)

Panel Intergubernamental para el Cambio Climático:

[http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.shtml#.UcswuIdMa8](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml#.UcswuIdMa8)

Agencia Internacional de Energía:

<http://www.iea.org/>

Ministerio de Salud de Chile:

<http://www.minsal.cl/>

Ministerio de Energía de Chile:

<http://www.minenergia.cl/>

Ministerio de Medioambiente de Chile:

<http://www.mma.gob.cl/>

Sistema Nacional de Información Ambiental de Chile

<http://www.sinia.cl/>