



UTPL
La Universidad Católica de Loja

Modalidad Abierta y a Distancia

Gestión Integral de Residuos y Desechos

Guía didáctica



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Química

Gestión Integral de Residuos y Desechos

Guía didáctica

Carrera	PAO Nivel
▪ Gestión Ambiental	VIII

Autora:

Villa Achupallas Mercedes Alexandra



A M B I _ 3 0 3 3

Asesoría virtual
www.utpl.edu.ec

Universidad Técnica Particular de Loja

Gestión Integral de Residuos y Desechos

Guía didáctica

Villa Achupallas Mercedes Alexandra

Diagramación y diseño digital:

Ediloja Cía. Ltda.

Telefax: 593-7-2611418.

San Cayetano Alto s/n.

www.ediloja.com.ec

edilojacialtda@ediloja.com.ec

Loja-Ecuador

ISBN digital - 978-9942-39-422-4



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons – **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0)**. Usted es libre de **Compartir – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar – remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: Reconocimiento- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.** Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. **No Comercial-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.** No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Índice

1. Datos de información.....	7
1.1. Presentación de la asignatura	7
1.2. Competencias Genéricas de UTPL	7
1.3. Competencias específicas de Carrera.....	7
1.4. Problemática que aborda la asignatura	8
2. Metodología de aprendizaje	9
3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje	10
Primer bimestre.....	10
Resultado de aprendizaje 1.....	10
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje.....	10
Semana 1	10
Unidad 1. Residuos sólidos.....	10
1.1. Definición	11
1.2. Criterios de clasificación de residuos	13
1.3. Propiedades físico-químicas-biológicas de residuos	16
Semana 2	20
1.4. Generación de residuos.....	20
1.5. Caracterización de residuos sólidos	22
1.6. Estudio de caso: GPC	26
Actividad de aprendizaje recomendada.....	28
Autoevaluación 1	29
Semana 3	31
Unidad 2. Gestión de residuos sólidos	31
2.1. Prevención y minimización de residuos.....	32
Semana 4	35
2.2. Segregación y almacenamiento de residuos.....	36
Actividad de aprendizaje recomendada.....	38

Semana 5	44
2.3. Recolección y transporte de residuos	45
Actividad de aprendizaje recomendada.....	49
Semana 6	50
2.4. Aprovechamiento de residuos	50
Semana 7	58
2.5. Disposición final de residuos	58
Actividad de aprendizaje recomendada.....	62
Autoevaluación 2.....	63
Actividades finales del bimestre	65
Semana 8	65
Segundo bimestre	66
Resultado de aprendizaje 1.....	66
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje.....	66
Semana 9	66
Unidad 3. Calidad del agua	66
3.1. Tipos de Agua	68
3.2. Ciclo hidrológico del Agua.....	68
3.3. Ciclo integral del Agua.....	70
Semana 10	74
3.4. Monitoreo del Agua	74
Actividad de aprendizaje recomendada.....	83
Semana 11	85
3.5. Indicadores de calidad del agua	85
Actividad de aprendizaje recomendada.....	87
3.6. Índice de Calidad del Agua.....	88
3.7. Cálculo del ICA.....	93

Autoevaluación 3	100
Semana 12	102
Unidad 4. Tratamiento de vertidos	102
4.1. Pretratamiento	103
Semana 13	109
4.2. Tratamientos primarios	109
Semana 14	115
4.3. Tratamientos secundarios	116
Actividad de aprendizaje recomendada.....	121
Autoevaluación 4.....	122
Semana 15	124
Unidad 5. Contaminación del aire	124
5.1. Contaminación del aire.....	124
5.2. Buenas prácticas gestión de energía	127
5.3. Buenas prácticas gestión del transporte	127
Autoevaluación 5.....	129
Semana 16	130
4. Solucionario	131
5. Referencias bibliográficas	136



1. Datos de información

1.1. Presentación de la asignatura



1.2. Competencias Genéricas de UTPL

- Orientación a la innovación y a la investigación.
- Pensamiento crítico y reflexivo.
- Trabajo en equipo.

1.3. Competencias específicas de Carrera

- Identifica las causas de la problemática ambiental y reconoce los procesos técnicos y normativos para su medición y control.
- Evalúa impactos ambientales y propone medidas para prevenir, mitigar y compensar sus efectos.

1.4. Problemática que aborda la asignatura

En el campo profesional del gestor ambiental puede encontrar una serie de problemáticas derivadas de la inadecuada disposición de residuos, desechos y vertidos que impactan significativamente sobre el ambiente que se resume en una “Deficiente gestión de la calidad ambiental”. Este impacto deriva en problemas de contaminación ambiental que degrada la calidad de matrices ambientales agua, aire y suelo. En esta asignatura se abordan las herramientas de gestión para solventar esta problemática.



2. Metodología de aprendizaje

Metodología de aprendizaje basado en problemas

Esta metodología se la denomina también como ABP por sus siglas en inglés, como su nombre lo dice permite fortalecer el aprendizaje mediante el análisis de casos de estudio sobre problemas de gestión de residuos y vertidos, aplicado a diferentes escenarios, potenciando el razonamiento, discernimiento y toma de decisiones para optimizar su gestión, tratamiento, valorización o disposición.

Así por ejemplo, para abordar la problemática de contaminación por vertidos de descargas de aguas residuales urbanas, se estudiará un caso que contextualice las recomendaciones a seguir para monitorear, caracterizar, evaluar y tratar un vertido a fin de dar cumplimiento a la regulación ambiental nacional vigente.

Además, recuerde que nuestra modalidad de estudio brinda otras herramientas de comunicación directa para atender sus inquietudes como son las tutorías de consultas, mensajes, chats, emails, y una serie de actividades síncronas y asíncronas planificadas para el estudio de nuestra asignatura.



3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje



Primer bimestre

Resultado de aprendizaje 1

- Conoce y analiza los procesos de gestión integral de residuos y desechos.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje

El resultado de aprendizaje propuesto para esta asignatura se alcanzará mediante el estudio de la base conceptual de los residuos y desechos, mecanismos para su gestión y valorización, en torno a las recomendaciones y especificidades de la regulación ambiental del país. Además, se estudiarán las herramientas recomendadas para minimizar su producción, a fin de prevenir problemas de contaminación y reducir su impacto ambiental.



Semana 1

Unidad 1. Residuos sólidos

Estimados/as alumnos/as, reciban un cordial saludo de bienvenida a la asignatura de Gestión Integral de Residuos y Desechos, en ésta abordaremos temáticas relacionadas con residuos sólidos, desechos, vertidos y emisiones. En cada una de estas partiremos de una revisión de la problemática asociada a su manejo y las estrategias para gestionarlas de la mejor forma a fin de reducir y mitigar su impacto ambiental.

En esta primera semana estudiaremos lo correspondiente a la base teórica de residuos sólidos, se los definirá y se abordaran los diversos criterios para su clasificación, como usted sabe, si bien todos producimos residuos, no siempre sabemos cómo dar una definición de los mismos, estudiaremos además los diferentes criterios para su clasificación y sus propiedades.



Le invito a revisar con atención y objetividad, empecemos.

1.1. Definición

Regularmente cuando hablamos de residuos nos referimos a todo aquello que ha perdido su vida útil, se ha dejado de utilizar y de lo cual el poseedor requiere deshacerse depositándolo en un contenedor y entregándolo al servicio de recolección de residuos.

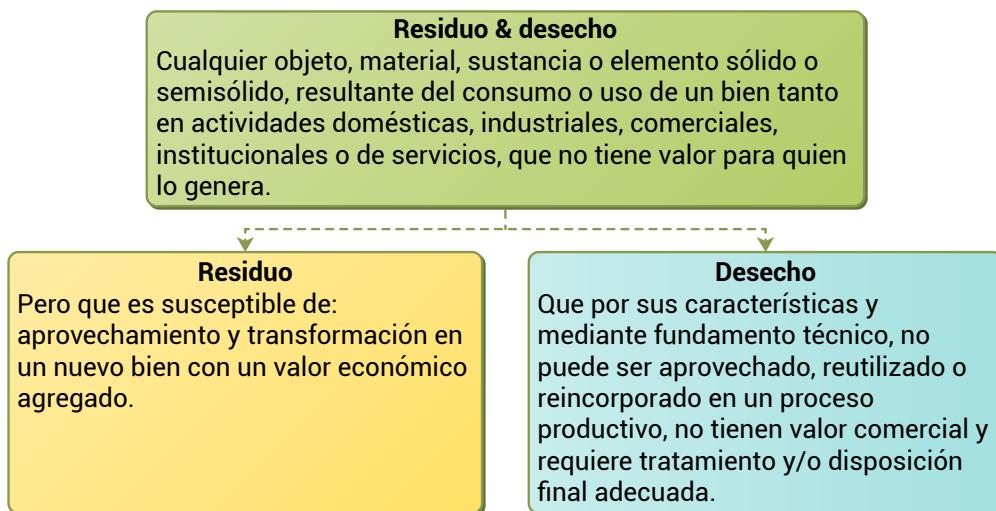
Sin embargo, muchas de las veces entre la generación y recolección se realiza una mezcla indiscriminada de residuos, que limita su potencial de aprovechamiento y revalorización.

El almacenamiento y segregación constituyen etapas fundamentales del manejo de residuos, en función de lo cual se puede determinar si la producción corresponde a residuo o desecho, dos términos que se utilizan con frecuencia y entre los cuales existe una importante diferencia.

Acorde con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2014) las definiciones de residuo y desecho comparten parte de su definición como podrá observar en la figura 1 definición de residuo y desecho.

Figura 1.

Definición de residuo y desecho.



Nota. Adaptado de INEN 2841, 2014.

En algunas ocasiones a los desechos se les refiere también como basura o desperdicio. El desecho además, nace de la mezcla indiscriminada de residuos ya que dificulta su potencial de aprovechamiento al contaminar otros materiales por ejemplo con restos de alimentos o sustancias que escurren de los envases cuando no han sido vaciados y se colocan el el mismo contenedor.

Materiales que conocemos son reciclables como papel, cartón, vidrio, plástico, entre otros reducen su valor cuando están húmedos, y en malas condiciones por ejemplo un envase de aceite de freír a pesar de ser plástico, al contener restos de aceite no puede ser reciclado por los requerimientos para su limpieza.

Para favorecer la generación de residuos reciclables, es necesario que los envases de alimentos o detergentes, u otros productos domésticos, sean previamente vaciados, lavados y escurridos.

1.2. Criterios de clasificación de residuos

Tradicionalmente se han clasificado a los residuos en función de su biodegradabilidad como degradables y no degradables, sin embargo, existen diversos criterios para su clasificación, en este apartado revisaremos algunos de ellos (MAE, 2015).

1.2.1. En función del origen

Se clasifican en natural y antrópico. Los residuos de origen natural, corresponden a todos los residuos que provienen de la naturaleza, mientras que los residuos de origen antrópico corresponden a aquellos que se generan por intervención del ser humano (MAE, 2015).

En ambos casos, la clasificación por el origen depende de su ocurrencia que puede ser ordinaria o extraordinaria, ordinaria cuando su ocurrencia es frecuente y común; y extraordinaria cuando se presenta eventualmente; en la tabla 1 podrá observar algunos ejemplos que se enmarcan en esta categoría.

Tabla 1.

Tipos de residuos clasificados en función de su origen.

Origen/Ocurrencia	Ordinario	Extraordinario
Natural	Brisa, Viento, lluvia y nieve en zonas frías; que arrastran ramas, hojas, polvo, etc.	Incendios forestales Terremotos Tsunamis Erupciones volcánicas
Antrópico	Domésticos, Comerciales, Institucionales, Industriales, Agropecuarios, etc.	Manifestaciones Conciertos Incendios Demoliciones, Festivales, Ferias, etc.

Nota. Adaptado de MAE, 2015.

1.2.2. En función de su peligrosidad

De acuerdo a su peligrosidad, un residuo puede ser clasificado como: peligroso, no peligroso e inerte.

Residuos no peligrosos:

Hace referencia a los residuos comunes que se generan principalmente en actividades domésticas y comerciales como plástico, papel, cartón, restos de alimentos, vidrio, etc., que son susceptibles de aprovechamiento (INEN, 2014).

Residuos inertes:

Son aquellos residuos voluminosos que por la cantidad de espacio que ocupan requieren un manejo especial a pesar de no representar un problema con afecciones al ambiente o a los seres vivos (INEN, 2014).

Residuos peligrosos:

Corresponden a aquellos residuos que por su naturaleza contuvo ó estuvo en contacto con una sustancia de característica CRETIB (Corrosiva, Reactiva, Explosiva, Tóxica, Inflamable, Biológica-Infecciosa ó Radioactiva) y que ponen en riesgo la salud de los seres vivo y el ambiente. De acuerdo con INEN 2841 (2014), cuando estos residuos son sometidos a un proceso controlado de limpieza pueden ser transformados en residuos especiales.

Residuos especiales:

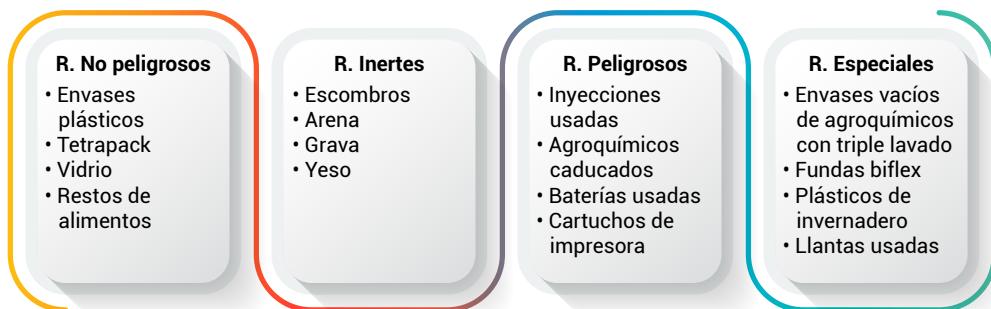
Son aquellos residuos que sin ser necesariamente peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar el entorno ambiental o la salud, debido al volumen de generación y/o difícil degradación y para los cuales se debe implementar un sistema de recuperación, reutilización y/o reciclaje con el fin de reducir la cantidad de residuos generados. (INEN 2841:2014).

En Ecuador, se cuenta con el Acuerdo Ministerial 142 (AM 142) del Registro oficial 856 (2012) que expide los listados nacionales de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales.

A continuación, en la figura 2 se mencionan algunos ejemplos correspondientes a residuos clasificados en función de su peligrosidad.

Figura 2.

Residuos en función de su peligrosidad.



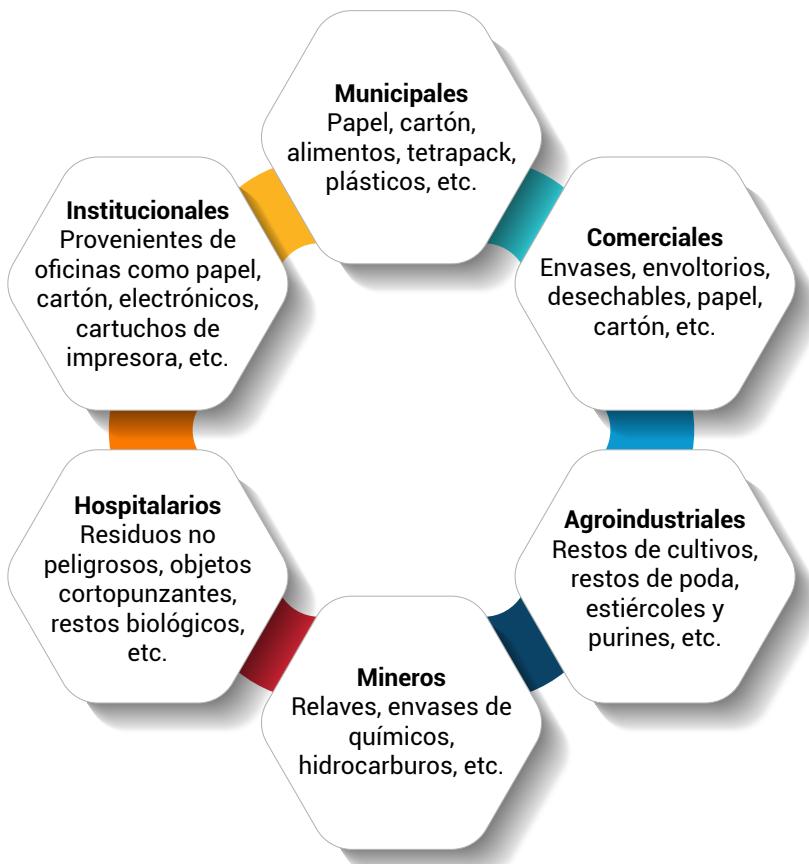
Nota. Adaptado de Acuerdo Ministerial 142, Registro Oficial Nro. 856 (MAE, 2012).

1.2.3. En función de la actividad

La clasificación de residuos en función de su actividad, hace referencia a la actividad antrópica que los origina como por ejemplo la agroindustria, industria de alimentos, municipios, minería, petroleras, farmacéutica, hospital, camales, etc. Regularmente cada actividad se caracteriza por una homogeneidad en el tipo de residuos generados con diferencias en cuanto a volumen en función de la capacidad de la planta o del tamaño de la población (INEN, 2014). En la figura 3, se observan algunos ejemplos de residuos en referidas a actividades que los generan.

Figura 3.

Residuos generados en función de su actividad.



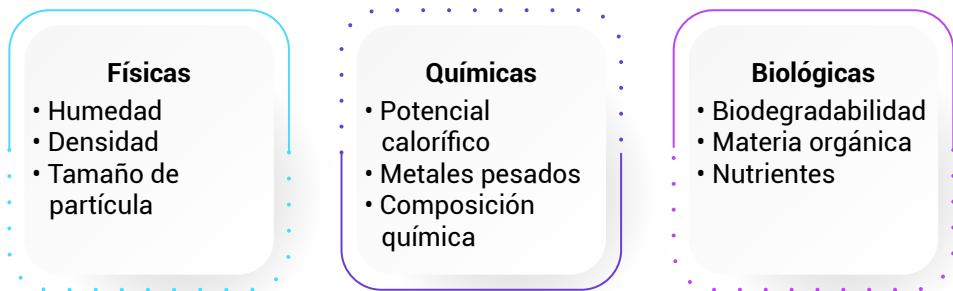
Fuente. Adaptado de: MAE (2015); INEN (2014) y Pecoraio (2018).

1.3. Propiedades físico-químicas-biológicas de residuos

Como se pudo observar en el apartado anterior existen diferentes criterios de clasificación de residuos, justamente esta variabilidad índice directamente en las propiedades de los mismos, determinándolas se logrará optimizar las estrategias para su gestión. En la figura 4, se mencionan las propiedades de mayor interés.

Figura 4.

Propiedades físicas, químicas y biológicas de residuos sólidos.



Nota. Adaptado de Red Española de Compostaje (REC), 2014.

Le invito a profundizar sus conocimientos acerca de propiedades físico-químicas-biológicas de residuos.

1.3.1. Propiedades físicas de residuos

a. Humedad

Hace referencia al contenido de agua del residuo. Depende del tipo de residuo, el lugar de procedencia, los hábitos de la población y el sistema de recolección. Aproximadamente la cantidad de agua que contienen oscila alrededor del 40% en peso, pudiendo variar entre el 25 y 60%, además el mayor aporte de humedad lo proporciona la fracción orgánica encontrándose entre el 75 y 85% (REC, 2014).

Este parámetro incide en la producción del líquido que percola por la basura conocido como lixiviado, la selección de tratamientos de combustión e incineración, degradación de residuos, oxidación de materiales ferrosos, poder calorífico, entre otros.

b. Densidad

Universalmente, la densidad se define como la relación entre masa y volumen. Constituye una variable de diseño al momento de dimensionar la capacidad de almacenamiento de contenedores, vehículos de recolección, instalaciones de acopio, reciclaje o disposición final, entre otros (REC, 2014).

En el caso de los residuos, la densidad depende del grado de compactación de los residuos. Esta propiedad se puede apreciar de mejor manera al momento de almacenar envases plásticos de productos alimenticios, así se pueden almacenar en un mismo contenedor 6 botellas íntegras ó 25 botellas que hayan sido aplastadas (así se vacía el aire y se almacenan más envases), (REC, 2014).

c. Tamaño de Partícula

Esta propiedad, hace referencia al tamaño de los componentes de los residuos. Influye en los requerimientos de acondicionamiento del residuo por triturado, y en los procesos de aprovechamiento según el tipo de tratamiento como cribas (REC, 2014).

En el caso de los residuos orgánicos, este parámetro es particularmente importante ya que un tamaño de partícula entre 10 y 20 mm, facilita la degradación del residuo por acción de microorganismos (Pecoraio, 2018).

1.3.2. Propiedades químicas de residuos

a. Composición química y poder calorífico

Incide directamente en la selección del proceso de aprovechamiento, bien sea para recuperación energética o para producción de abonos orgánicos.

En el caso de residuos destinados a la recuperación energética, esta se determina en función del poder calorífico el cual es mayor en productos con materiales combustibles (Papel, cartón, plástico, etc) y con bajo contenido de humedad (REC, 2014).

b. Metales pesados

La presencia de metales pesados por ejemplo en residuos orgánicos que se pretenda aprovechar para elaboración de abonos orgánicos constituiría una amenaza a la calidad del compost a obtener y limitaría su uso por los efectos de toxicidad sobre el suelo (Pecoraio, 2018).

c. Composición química

El pH (potencial de hidrógeno) de los residuos orgánicos, es un indicador del estado de descomposición de la materia orgánica. Es común la presencia en estos residuos de ácidos orgánicos de cadena corta que reduce el pH causando acidificación del medio como parte del proceso de descomposición bajo condiciones anaerobias como cuando se depositan estos residuos dentro de bolsas plásticas. Condiciones severas de acidificación conducen a una putrefacción de residuos y a la aparición de malos olores. (REC, 2014).

1.3.3. Propiedades biológicas de residuos

a. Materia orgánica

A los residuos orgánicos se los conoce también como FO (Fracción orgánica) y como se mencionó en apartados anteriores, hacen referencia a desperdicios de alimentos, restos vegetales, de poda, etc. (REC, 2014).

b. Nutrientes

En la FO además, se identifican aportes significativos de nutrientes que favorecen el desarrollo de los procesos de compostaje o digestión anaeróbica. Se debe controlar que en el caso del compostaje, el proceso sea más lento con relaciones C/N altas o para evitar la pérdida de nitrógeno en el caso de C/N bajas. En la digestión anaerobia una baja relación C/N (Carbono/Nitrógeno), o demasiado nitrógeno, puede causar la acumulación de amoníaco que da lugar a valores de pH por encima de 8,5 y puede ser tóxico para las bacterias metanogénicas (REC, 2014).

c. Biodegradabilidad

Corresponde a la fracción de materia orgánica que se puede descomponer por acción de microorganismos. Un indicador de la biodegradabilidad de un residuo sólido es la cantidad de sólidos volátiles (SV) que presenta en gr SV/kg MF (MF=materia fresca) (REC, 2014).



1.4. Generación de residuos

1.4.1. Reseña histórica

Como se conoce, desde el desarrollo de la vida en el planeta se han generado residuos y desechos, producto de la alimentación y excretas de los seres vivos. En un inicio la producción de residuos no representó un problema debido a la cantidad de habitantes y al tipo de residuos producidos, de naturaleza orgánica y biodegradables que se incorporaban a la naturaleza sin problema (Punina, 2017).

Evidentemente el desarrollo del ser humano y de la sociedad a lo largo de la historia ha incidido en la generación de residuos sólidos, el tipo de residuo y su cantidad. El descubrimiento del fuego juega un papel importante en esta historia, ya que le permitió al ser humano defenderse de otras especies, e iniciar la cocción de alimentos, sin embargo, el fuego también puede incrementar problemas de erosión en el suelo, áridez, pérdida de fertilidad, que consecuentemente afectan la disponibilidad de alimentos y ponen en riesgo la natalidad (Castells, 2012).

Las inadecuadas técnicas de cultivo, la tala de árboles para extender el suelo agrícola, intensificaron los problemas de erosión, por otro lado, por lo que se trasladaban de un sitio a otro en búsqueda de alimento, casualmente, se asocia el origen a la obesidad a la necesidad de acumular comida para momentos en los que no se la podía encontrar (Saraceno 1987).

Siguiendo esta evolución del ser humano que se conoce como evolución cognitiva, se alcanza la revolución agrícola en la cual el ser humano comienza a dominar la naturaleza, aprende a cultivar y a cosechar su propio alimento, deja de ser cazador y se forman las primeras comunidades sedentarias (Mendoza, 2019).

Posteriormente, con la revolución científica, se aceleró el desarrollo científico-tecnológico en lo que se conoce también como la primera revolución industrial, con el aparecimiento de máquinas y tecnificación de

procesos productivos. En la segunda revolución industrial se intensificó el aprovechamiento del petróleo y se mejoró el abastecimiento energético, sin considerar el consumo desmedido de los recursos naturales, bajo modelos de producción lineal (Punina, 2017).

Bajo el modelo de producción lineal, al términos de la vida útil de los productos, éstos se convertían en residuos, alterando el equilibrio ecológico al extraer recursos y producir residuos que no son aprovechados y se empiezan a acumular en terrenos baldíos y sin control (Fernández, 2012).

La diversidad en los usos del suelo, la pérdida de fertilidad de los mismos, incrementan las preocupaciones en torno de la soberanía alimentaria, así como, el cambio climático y sus efectos, las emergencias sanitarias como el COVID-19, nos invitan a contextualizar como este sistema económico lineal nos ha llevado a una sobreproducción de residuos, incremento de la contaminación, que debemos contrastar y que ha dado lugar a lo que hoy en día se conoce como economía circular. La economía circular toma como modelo a la naturaleza donde los residuos son metabolizados y reincorporados al ciclo natural (Ramírez, et al., 2021).

Mediante la economía circular, se busca aprovechar los residuos como parte de los ciclos de producción para que pueda ser reusado, reutilizado o reciclado, dando lugar así a lo que se conoce como la cuarta revolución industrial Ramírez, et al., (2021), estos conceptos los desarrollaremos a mayor profundidad en los próximos apartados.

A pesar de estas expectativas en general favorables, se debe considerar que la economía circular va de la mano de la industria. Sí los procesos industriales se mantienen se acelerará la sobreexplotación de recursos, además es necesario que como generadores de residuos, la comunidad sea consciente de su responsabilidad ante esta problemática que afecta a la humanidad.

1.4.2. Problemática ambiental

Como vimos en el apartado anterior, una de las primeras formas de disponer los residuos fue depositandolos a la intemperie en terrenos baldíos, otras prácticas además, los depositan en fuentes de agua, los incineran o entierran, entre otros. Dentro de los residuos tenemos dos grupos principales de residuos biodegradables y no biodegradables.

Los residuos biodegradables como los provenientes de la ganadería y agricultura son responsables de 50% de la concentración de metano en la atmósfera, proveniente de la descomposición de la materia orgánica, la digestión de rumiantes, entre otros. El metano es conocido por ser el segundo responsable del efecto invernadero (González et. al., 2005). Además, estos residuos al poseer una gran cantidad de humedad pueden llegar a escurrir líquidos lixiviados que pueden infiltrarse en el suelo o por escorrentía descargar en fuentes de agua.

En el caso de los residuos no biodegradables, debemos considerar los problemas por su variabilidad, durabilidad y resistencia, justamente materiales como plástico, aluminio, vidrio, telas, etc., constituyen un desafío a la gestión de residuos ya que son materiales comunes que se generan masivamente y que hoy en día evidencian afecciones en la salud de los seres vivos y ambiente en general.

En este contexto, para abordar esta problemática, es necesario identificar la cantidad y composición de los residuos sólidos generados que abordaremos en el siguiente apartado.

1.5. Caracterización de residuos sólidos

Caracterizar los residuos significa identificar su composición es decir que materiales los integran y en qué porcentaje, además permite determinar la cantidad de residuos generados en la zona de estudio. Reforcemos juntos su aprendizaje acerca de este tema.

1.5.1. Generación per cápita

De acuerdo con MAE, (2014), la generación per cápita (GPC) ó producción per cápita (PPC) corresponde a la cantidad de residuos que genera una persona por día, se expresa en unidades de masa sobre tiempo por ejemplo: kg/hab*día; lib/familia*semana; ton/población*año, etc.

1.5.2. Muestreo de residuos

La toma de muestras constituye una etapa fundamental para determinar la GPC ya que su adecuado desarrollo garantizará la calidad del resultado. Para realizar un adecuado muestreo le recomiendo seguir las siguientes

recomendaciones establecidas en la guía para la caracterización de los residuos sólidos urbanos propuesta por la Asociación de Municipalidades del Ecuador (2018).

- a. Antes del muestreo es necesario realizar un acercamiento al sitio de estudio (vivienda, comunidad, institución, industria, etc) y acordar las fechas para la recolección de muestras, en este punto es recomendable establecer un cronograma que considere al menos 8 días de muestreo.
 - b. Considere que la periodicidad de la toma de muestras dependerá del tamaño de la población, por ejemplo en una comunidad de 50 habitantes se podrían tomar muestras diarias, mientras que en una población de 50000 habitantes quizá se requieran dos días de muestreo.
1. El número de muestras está en función del tamaño de la población y regularmente se determina mediante la ecuación 1 para poblaciones definidas que se muestra a continuación:

$$n = \frac{p * q * z * N}{e^2(N - 1) + p * q * z} \quad (\text{Ecuación 1})$$

n: número de muestras

N: número de viviendas en la zona

p, q: constantes de probabilidad de ocurrencia ($p=q=0,5$)

z: constante que depende de la confiabilidad (ver valores en tabla 2)

e: error (100 – confiabilidad)

Tabla 2.

Valores para selección de constante de confiabilidad.

Confiabilidad (%)	75	80	85	90	95	95,5	99
Error (%)	25	20	15	10	5	4,5	1
z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58

2. Para determinar el número de muestras en una comunidad se toma como (N) al total de viviendas en la zona ya que se toma una muestra

por vivienda. En otro contexto, por ejemplo para determinar el número de muestras en una escuela se tomaría como (N) al número de aulas en la misma, en el caso de un mercado o centro comercial (N) podría ser el número de comercios del mismo, etc.

3. Distribuya aleatoriamente el número de muestras entre toda la población. Por ejemplo para una ciudad podría considerar el número de barrios y determinar el número de muestras a tomar por cada barrio.
4. Junto con la planificación de la toma de muestras es recomendable entregar un kit de muestreo integrado por 8 bolsas negras (para residuos orgánicos), 8 bolsas blancas (para restos de baño) y 8 bolsas de otro color (para residuos inorgánicos reciclables); de esta manera la manipulación de los mismos implicará menos riesgos.
5. Durante la toma de muestras se debe contar con una balanza o dinamómetro y un registro de muestreo que permita identificar con claridad el número de habitantes de la vivienda y el peso de cada bolsa de residuos entregada.
6. Al momento de recolectar la muestra se pesaran las bolsas y se registrará la información.
7. Para determinar la GPC se sumará el peso de residuos producidos en un día para el número de habitantes como se indica en la ecuación 2.
8.
$$GPC = \frac{\text{masa de residuos (kg)}}{\text{número de personas (hab)}} \quad (\text{Ecuación 2})$$
9. Recuerde que la GPC se expresa en kg/hab*día.

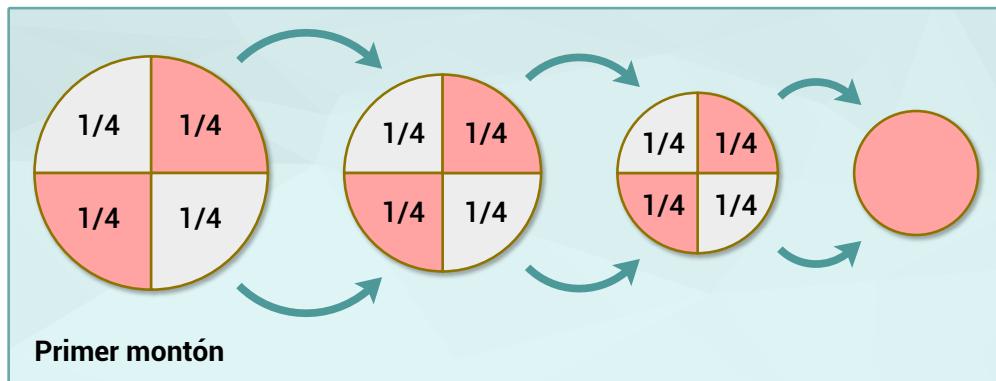
1.5.3. Método de cuarteo

En la guía mencionada (AME, 2018), indica que el método de cuarteo se emplea únicamente cuando la masa total de residuos recolectados en una jornada de muestreo supera los 50 kg.

El cuarteo consiste en verter todos los residuos sobre una superficie plana y esparcirlos formando un círculo. Una vez formado el círculo se lo divide en cuatro partes y al azar se toman dos partes opuestas.

Las partes tomadas se mezclan, se las vuelve a esparcir, se divide en cuatro partes y se toman nuevamente dos partes opuestas, este procedimiento se repite hasta obtener una muestra menor a 50 kg. En la figura 5 se observa este procedimiento.

Figura 5.
Selección de muestra por método de cuarteo.



Nota. Tomado de AME, 2018.

Además, como referencia puede buscar en internet la NORMA MEXICANA NMX-AA-15-1985 que describe el procedimiento del método de cuarteo.

1.5.4. Composición de residuos

Una vez que se obtenga una muestra total menor a 50 kg, se cuenta con un volumen de trabajo adecuado para su manipulación, segregación y determinación de la composición.

La composición de residuos está en función del material que los integra como puede ser residuos orgánicos, desechos de baño, papel, cartón, plástico rígido, polietileno, vidrio, tetrapack, polipropileno, etc. Por lo tanto, para determinar la composición se debe separar los residuos que integran la muestra en función de sus materiales.

Una vez separados los residuos se procede a pesar por cada uno de los materiales y mediante la ecuación 3 se determina el porcentaje que cada tipo de residuo tiene respecto al total. Al final, la suma total del porcentaje de residuos debe ser igual al 100%.

$$\% \text{ composición} = \frac{\text{masa de residuo separado (kg)}}{\text{masa total de residuos (kg)}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

1.6. Estudio de caso: GPC

Una familia integrada por 4 personas, desea determinar la cantidad de residuos producidos en un año, para esto ha realizado el pesaje diario de sus residuos y los ha registrado en la tabla 3 registro de muestreo.

Tabla 3.

Registro de muestreo de familia.

A	B	C	D
Nro. de muestreo	Día	Peso de residuos (Kg)	Observaciones
1	Lunes	1.45	
2	Martes	1.64	
3	Miércoles	1.52	
4	Jueves	1.70	
5	Viernes	2.30	Cena (2 invitados+)
6	Sábado	1.60	
7	Domingo	0.86	2 personas salieron de viaje
8	Lunes	2.15	

Para determinar la proyección de residuos de la familia por año se debe en primer lugar calcular la GPC, para esto se emplea la ecuación 2 respecto a los datos de cada día, considerando la incidencia de la columna D en el número de miembros de la familia, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.*Cálculo de GPC diaria.*

A	B	C	D	E	F
Nro. de muestreo	Día	Peso de residuos (Kg)	Observaciones	Nro. de personas	GPC (C/E)
1	Lunes	1.45		4	0,36
2	Martes	1.64		4	0,41
3	Miércoles	1.52		4	0,38
4	Jueves	1.70		4	0,43
5	Viernes	2.30	Cena (2 invitados+)	6	0,38
6	Sábado	1.60		4	0,40
7	Domingo	0.86	2 personas salieron de viaje	2	0,43
8	Lunes	2.15		4	0,54

Una vez obtenida la GPC por cada día, obtenga la GPC promedio, para esto considere la ecuación 4 que se presenta a continuación.

$$GPC_{promedio} = \frac{\sum GPC_{diaria}}{número\ de\ días} \quad (Ecuación\ 4)$$

$$GPC_{promedio} = \frac{(0,36 + 0,41 + 0,38 + 0,43 + 0,38 + 0,40 + 0,43 + 0,54)}{8}$$

$$| GPC_{promedio} = 0,42 \frac{kg}{hab * día}$$

La GPC diaria de la familia corresponde al producto de la GPC promedio por el número de habitantes, en este caso (0,42 kg/hab*día) (4 hab) obteniendo la producción diaria de 1,66 kg/familia*día.

La producción anual de residuos de esta familia se obtiene multiplicando el valor anterior por el número de días que tiene un año, es decir (1,66 kg/familia*día)(365 días), alcanzó un total de 606,9 kg/familia*año.



Actividad de aprendizaje recomendada

Hemos llegado al término del estudio de la unidad 1, es momento de verificar su aprendizaje desarrollando la Autoevaluación 1.



Autoevaluación 1

Para cada una de las siguientes afirmaciones seleccione la alternativa correcta.

- 1. Un desecho _____ es aquel que presenta una o más características CRETIB.**
 - a. especial
 - b. inerte
 - c. peligroso

- 2. El mejor residuo es aquel que:**
 - a. Es biodegradable.
 - b. Se puede reciclar.
 - c. No se produce.

- 3. El principal problema que supone el actual sistema económico lineal es que para funcionar en el futuro necesitaría:**
 - a. Una velocidad de consumo difícil de alcanzar.
 - b. Reserva de recursos infinitos.
 - c. Más inversión en la gestión de residuos producidos.

- 4. En un inicio los residuos se caracterizaban por:**
 - a. Ser depositados en un vertedero abierto, provocando la contaminación de recursos y origen de enfermedades.
 - b. Poseer alto contenido de materia orgánica que dificultaba su disposición final, pero como eran nómadas no generaba ningún problema.
 - c. Residuos de carácter orgánico de fácil descomposición.

- 5. La diferencia entre residuo y basura es:**
- a. Para la basura el tiempo de descomposición es mucho mayor que el de los residuos, por lo tanto necesita ser depositado en un relleno sanitario.
 - b. La basura no representa ninguna fuente de energía o de materia prima aprovechable y es potencialmente peligrosa.
 - c. Los residuos son más contaminantes y no se pueden disponer en un relleno, por eso necesitan ser tratados.
- 6. Los envases con agroquímicos caducados, se clasifican como:**
- a. Residuo inerte.
 - b. Residuo especial.
 - c. Residuo peligroso.
- 7. () El residuo especial es considerado de menor impacto ambiental en comparación con los residuos inertes.**
- 8. () El tamaño de partícula influye en la selección del proceso de aprovechamiento del residuo.**
- 9. () La relación C/N debe ser baja para reducir la pérdida de nitrógeno.**
- 10. ¿Qué significan cada una de las siglas de las características CRETIB?**

C	R	E	T	I	B
---	---	---	---	---	---

[Ir al solucionario](#)



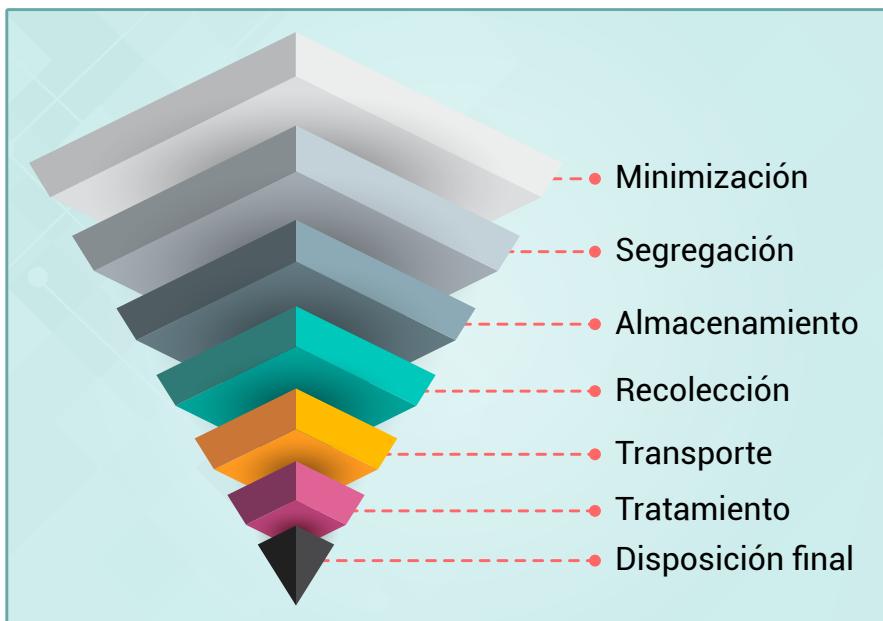
Unidad 2. Gestión de residuos sólidos

Hemos llegado a la tercera semana de nuestro estudio, en esta semana abordaremos algunas estrategias enfocadas a la reducción de la GPC, como se comentó en los apartados anteriores el mejor residuo es aquel que no se genera ya que así se reducirían los problemas asociados a su manejo y disposición. Les invito a conocer sobre algunas de estas estrategias que forman parte de la gestión integral de residuos sólidos, empecemos.

Gestión de Residuos sólidos

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2015) en su Acuerdo Ministerial Nro. 387, define a la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) como: el “conjunto de acciones que integran el proceso de los residuos y que incluyen la clasificación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Dichas acciones están encaminadas a proporcionar a los residuos el destino previo a la gestión final de acuerdo a la legislación vigente, así por ejemplo, recuperación, comercialización, aprovechamiento, tratamiento o disposición final”. En la figura 6 se muestra la pirámide de jerarquía respecto a la GIRS.

Figura 6.
Pirámide de jerarquización para la GIRS.



Como se observa, la pirámide de jerarquización para la GIRS consiste en una pirámide invertida que nos conduce a considerar la minimización de residuos como la etapa de mayor impacto que conducirá además a optimizar las operaciones intermedias de la gestión.

2.1. Prevención y minimización de residuos

La reducción de la cantidad de residuos que produce cada persona a diario constituye la alternativa más económica para gestionar los residuos ya que minimiza las necesidades de recolección, tratamiento y disposición final.

eliminar o reducir el tratamiento. Para minimizar esta producción se cuenta con algunas estrategias enfocadas para este fin como las que se abordan a continuación.

2.1.1. 8R

Tradicionalmente se conocen a la Reducción - Reutilización – Reciclaje como la regla de las 3R, hoy en día estas han evolucionado a 8R que se muestran a continuación.

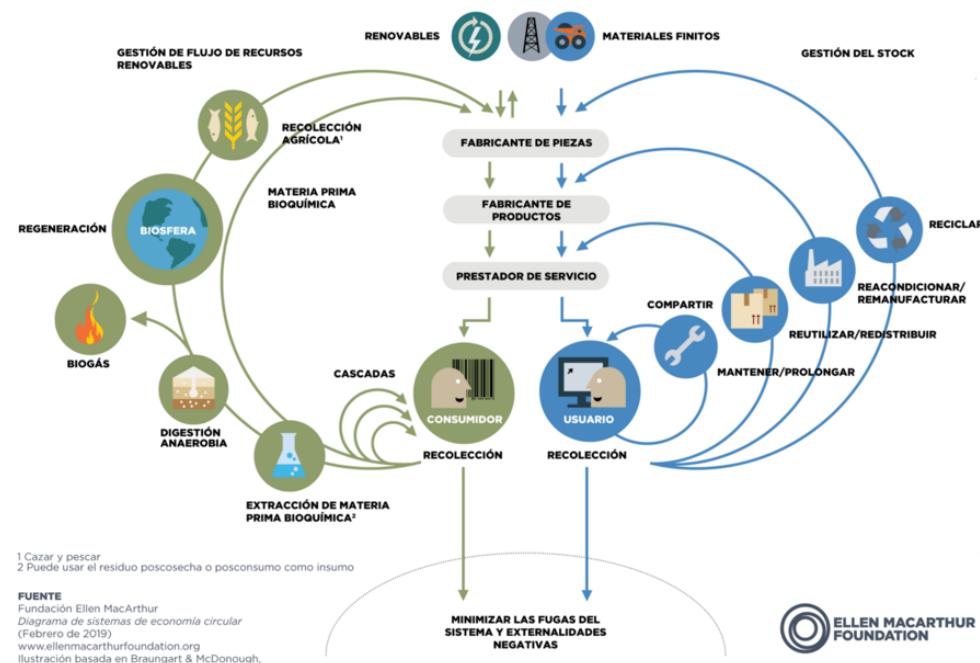
8R para la minimización

2.1.2. Economía circular

Cuando investiga el tema de economía circular se encuentra con una serie de diagramas que buscan definir gráficamente a este término, uno de los ampliamente estudiados es el de Ellen MacArthur (ver figura 7), quien es considerada como la madre de la economía circular, es una mujer deportista, quien nació en Derbyshire (Reino Unido) el 8 de julio de 1976 y en el año 2001, con solo 24 años, se convirtió en la mujer que más rápido ha dado la vuelta al mundo en vela en solitario (y la segunda persona entre ambos géneros), así como la más joven en acabar (Belda-Hériz, 2018).

Figura 7.

Economía Circular – Modelo de gestión regenerativo.



Nota: Tomado de <https://foroeconomiacircular.com/la-economia-circular/>

Arnedo-Lasheras et al., (2020) explica que el ciclo biológico que formula este esquema incluye a los productos de origen biológico que después de su vida útil se integran en el ciclo biológico al sistema natural, como nutrientes para los sistemas vivos, producción de abonos orgánicos ó en la generación de energía a partir de la biomasa residual. Estos productos pueden consumirse durante su vida útil, como un textil hecho de algodón y coloreado con tintes naturales, una vez que se consumen estos recursos se reincorporan al ciclo biológico, por el propio desgaste y uso se integra en el ciclo natural.

En el caso de los recursos técnicos (polímeros, aleaciones y otros materiales hechos por el ser humano), estos deberían estar diseñados para ser usados una y otra vez, a través de procesos que mantengan su valor lo máximo posible. En los casos en los que no es posible utilizar materiales totalmente biológicos, como componentes electrónicos o metálicos, el objetivo es facilitar un desmantelamiento sencillo para poder reincorporar los recursos técnicos en sus correspondientes ciclos (Arnedo-Lasheras et al., 2020).

2.1.3. Consumo Sostenible

Los patrones de producción y consumo de la sociedad actual se enmarcan dentro del consumismo y estilos de vida no sostenible que impactan y erosionan la mayor parte de los recursos naturales, agotando a muchos y dando síntomas de desaparición a otros (Tabares et al.; 2016).

El impacto de la actividad humana sobre el planeta se determina por medio de un indicador conocido como huella ecológica. La huella ecológica es el área de tierra o agua ecológicamente productivos (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesarios para generar los recursos utilizados y además para asimilar los residuos producidos por cada población determinada, de acuerdo con su modo de vida, de forma indefinida (Salcedo, 2014).

A continuación se resume parte de la problemática de las tendencias de consumo actual.

Efectos socio-ambientales de las tendencias de consumo

- Devastación ambiental: agotamiento de recursos, extinción de especies, destrucción de hábitats.
- Incremento de la brecha entre ricos y pobres.
- Crecimiento demográfico y sobrecarga de sistemas ecológicos.
- Incremento de la tasa de extracción del petróleo y producción de derivados.
- Crecimiento industrial y variedad en composición de residuos.

Nota. Adaptado de Salcedo, (2014).

Para abordar esta problemática derivada del consumo se propone el término de consumo responsable que se fundamenta en la reflexión crítica de los consumidores frente a la procedencia del producto, su producción, su manufactura, la protección de los derechos humanos de los trabajadores, las relaciones laborales, las donaciones políticas, entre otras (Newholm y Shaw, 2007).

Los consumidores responsables se interesan no solo por el beneficio que les brinda el producto o el servicio, sino por los beneficiarios directos o indirectos relacionados con dicho producto. Esto incluye sus impactos sobre el medio y las personas, así como las prácticas de responsabilidad social presentes en su producción, entre ellas, la remuneración económica y el trato digno (Valero y Fragozo, 2021).



Semana 4

Continuamos con el estudio de la segunda unidad de nuestra asignatura, en esta semana abordaremos el tema relacionado con la segregación de residuos. La segregación es necesaria para garantizar que los residuos generados puedan ser revalorizados y aprovechados.

Además, abordaremos el tema de almacenamiento de residuos y los diferentes tipos de contenedores para este fin, les invito a leer con atención los apartados preparados para esta semana.

2.2. Segregación y almacenamiento de residuos

La segregación se conoce también como clasificación o separación en la fuente. La separación en la fuente de los residuos, es responsabilidad del generador, y debe utilizar recipientes que faciliten su identificación, para posterior separación, acopio, aprovechamiento, o disposición final adecuada. La separación garantiza la calidad de los residuos aprovechables y facilita su clasificación por lo que, los recipientes que los contienen deben estar claramente diferenciados (INEN, 2014).

En internet se puede encontrar diversos criterios de clasificación regulada por normativas gubernamentales. En Ecuador la Norma NTE INEN 2841:2014 establece los colores estandarizados para la segregación de residuos que se aborda en los siguientes apartados.

2.2.1. Criterios Generales

Los criterios de clasificación general establecidos en INEN 2841:2014, establece los colores de contenedores recomendados a nivel urbano e industrial. En la figura 8 se detallan los criterios generales de segregación en Ecuador.

Figura 8.

Criterios generales de segregación de residuos en Ecuador.

	Reciclables (Azul) Todo material susceptible a ser reciclado, reutilizado. Vidrio, plástico, papel, cartón, entre otros.
	Orgánicos (Verde) Residuos biodegradables, de origen Biológico. Restos de comida, cáscaras de fruta, verduras, hojas, pasto, etc.
	No Reciclables (Negro) Todo residuo no reciclable. Pañales, toallas sanitarias, servilletas usadas, envases con restos de alimentos, etc.
	Peligrosos (Rojo) Residuos con una o varias características citadas en el código C.R.E.T.I.B. Envases de productos químicos como plaguicidas, aerosoles, etc.
	Especiales (Naranja) Residuos no peligrosos con características de volumen, cantidad y peso que ameritan un manejo especial. Restos de construcción, neumáticos usados, etc.

Nota. Adaptado de INEN 2841:2014.

2.2.2. Criterios Específicos

INEN 2841:2014 establece como criterios de clasificación específica a los colores de contenedores para residuos en función del material que los compone. Esta clasificación es de mayor aplicación a nivel institucional y comercial. En la figura 9 se muestran los criterios específicos de clasificación establecidos en Ecuador.

Figura 9.

Criterios específicos de segregación de residuos en Ecuador.



Nota. Adaptado de INEN 2841:2014.

Estimado/a estudiante, le animo a completar la actividad recomendada descrita a continuación:



Actividad de aprendizaje recomendada

Para fortalecer los conocimientos de este apartado, le invito a realizar la siguiente actividad interactiva en la cual debe clasificar los residuos en función de los criterios específicos de segregación.

Clasificación de residuos

2.2.3. Almacenamiento de residuos

La norma INEN 28:41, define al almacenamiento como la acción de mantener temporalmente los residuos en un sitio definido para luego ser recolectados por el servicio municipal o para ser enviados a plantas de aprovechamiento, tratamiento o al sitio de disposición final. Además, indica que los recipientes para la recolección en la fuente, pueden ser retornables, o desechables y deben ser colocados en los sitios de recolección establecidos. En la tabla Nro. 5 se muestran algunas especificidades de contenedores para el almacenamiento.

Tabla 5.*Recipientes para almacenamiento de residuos.*

Contenedor	Denominación	Descripción
	Contenedores de superficie	Son utilizados en zonas domiciliarias y comerciales, regularmente situados en la vía pública para el depósito de residuos.
Nota. V_E shutterstock.com		
	Contenedores soterrados	Utilizados en sitios céntricos y turísticos en varias ciudades, están en sincronía con el paisaje, reducen malos olores ya que los residuos se almacenan bajo la vía pública.
Nota. bearfotos freepik.com		
	Contenedores plásticos	Fabricados en polietileno de alta densidad o polipropileno, se usan para la recogida en puntos de generación urbana. Dotados de tapas para evitar la incidencia del clima y reducir los malos olores.
Nota. chrupka shutterstock.com		
	Contenedores metálicos	Elaborados de aluminio o acero, empleados regularmente para almacenar restos de escombros.
Nota. Cineberg shutterstock.com		
	Sacos Big-Bag	Fabricados en material textil resistente, de gran capacidad, se emplean regularmente en la industria.
SymbiosisArtmedia shutterstock.com		

Contenedor	Denominación	Descripción
	Zonas de acopio (no contenido)	Este tipo de almacenamiento no ocupa contenedores, son zonas dispuestas para agrupar residuos a granel.

Nota. Konstantin
divelook@shutterstock.com

Nota. Adaptado de Pecoraio, (2018).

La selección del contenedor considera diversos criterios como: capacidad de almacenamiento, resistencia, durabilidad, elasticidad, facilidades de limpieza, tipo de carga y costo (Pecoraio, 2018).

En el hogar, se ocupan contenedores para almacenar residuos en puntos de generación específica como el baño y la cocina, los cuales cuentan con tapa para asegurar su cierre y prevenir la emisión de malos olores. Además, generalmente se coloca una bolsa plástica dentro del contenedor para evitar ensuciarlos, cerrar la bolsa cuando está llena evitando malos olores y aparecimiento de insectos, facilitar la recolección y transporte hacia el contenedor domiciliario regularmente ubicado en el patio de la vivienda.

Como se ha venido mencionando, el almacenamiento diferenciado es fundamental al momento de valorizar los residuos, el punto de mayor generación en el hogar es la cocina, en la cual se generan residuos orgánicos e inorgánicos que deben ser almacenados por separado. En el caso de los residuos inorgánicos para que puedan ser reciclados, necesitan estar en condiciones óptimas, por ejemplo: envases sin restos de alimentos (González, 2011). En la figura 10 se muestran dos escenarios posibles del almacenamiento de residuos en el hogar.

Figura 10.

Almacenamiento de residuos en el hogar.



Nota. vecteezy.com/shutterstock.com

Las imágenes que integran la figura 10 muestran dos escenarios que se contraponen entre sí. En primer lugar se observa una serie de tres contenedores claramente identificados y donde se aprecian residuos limpios y secos; por el contrario, la segunda imagen muestra un solo contenedor en el que se han depositado residuos indiscriminadamente (basura).

En los hogares ecuatorianos, lamentablemente es común observar contenedores como el de la segunda imagen, esto se debe a los hábitos de la población y a la percepción de ver a los residuos como algo indeseable dentro del hogar. Cambiar esta idea constituye un desafío para los programas de educación-sensibilización y concientización ambiental ya que por muchos años se viene haciendo de dicha manera y a pesar de la problemática asociada al tema, no se valora el sentido de cambiar para mejorar y potenciar el aprovechamiento de los mismos.

2.2.4. Punto Limpio

Los puntos limpios, también conocidos como Ecocentros, Ecoparques, Puntos Verdes, centros de acopio; son centros de aportación y almacenamiento, selectivos de residuos, que tienen el objetivo de asegurar y potenciar su aprovechamiento. Estas instalaciones son principalmente para uso de particulares y pequeños comercios de acuerdo con las especificaciones legales de cada país (López-Pérez, 2017).

En Ecuador, uno de los puntos limpios que ha venido posicionándose en los últimos años son los denominados Puntos GIRA de corporación la favorita, los cuales se pueden encontrar en los estacionamientos de los diferentes supermercados se supermaxi, megamaxi y gran aki, en todo el país, así como en otras instituciones aliadas como es el caso de UTPL, en la figura 11 se muestra el punto GIRA-UTPL ubicado en el estacionamiento del campus universitario en la sede Loja.

Figura 11.

Punto de reciclaje GIRA-UTPL.



Como se observa en la figura 11, en estos puntos de reciclaje se pueden depositar 10 tipos de residuos, los residuos recolectados son transportados hacia plantas recicadoras. Para conocer más sobre esta interesante iniciativa, le invito a [revisar el siguiente link](#).

En lo que respecta al tiempo de almacenamiento de residuos, es necesario analizar el material del residuo y su permanencia en el planeta. En la tabla 6 se muestra el tiempo de descomposición de diferentes materiales.

Tabla 6.*Tiempo de descomposición de residuos en el planeta.*

Residuo	Tiempo de descomposición
Colillas de cigarrillo	10-12 años
Línea de pesca de monofilamento	600 años
Suelas de botas de goma	50-80 años
Vasos de plástico espumado	50 años
Restos de alimentos	3 – 12 meses
Los zapatos de cuero	25-40 años
Cartones de leche	5 años
Madera contrachapada	1-3 años
Guantes de algodón	3 meses
Cartulina	2 meses
Espuma de poliestireno	No degradable
Tela de nailon	30-40 años
Lata	50 años
Cuerdas	3-14 meses
Latas de aluminio	80-100 años
Boletos de tren	2 semanas
Baterías	100 años
Toallas sanitarias	500-800 años
Ropa de lana	1-5 años
Papel de estaño	No biodegradable

Nota. Tomado de: <https://www.thebalancesmb.com/how-long-does-it-take-garbage-to-decompose-2878033>

Es necesario considerar el tiempo de descomposición del residuo para el establecimiento de las frecuencias de recolección. Los residuos orgánicos y desechos de baño por sus características se descomponen en corto tiempo y deben ser recolectados con mayor frecuencia para evitar malos olores y la producción de lixiviados.

Generalmente los envases de alimentos están elaborados de plástico, tetrapack ó vidrio, materiales de larga duración, por lo que como se ha mencionado en líneas anteriores deben almacenarse limpios y secos. En la figura 12 se muestra la recomendación de cómo almacenar los envases de tetrapack que se deseen depositar en un punto limpio.

Figura 12.

Pasos para almacenar envases de tetrapack.



Nota. Tomado de: <https://www.pt-mexico.com/noticias/post/tetra-pak-recicl%C3%B3-43-mil-millones-de-envases-en-cinco-a%C3%B1os>



Semana 5

Continuamos con el estudio de la gestión integral de residuos, hasta el momento hemos abordado temáticas en las cuales el generador del residuo es el responsable de su gestión. En esta semana, abordaremos etapas asociadas al sistema de gestión municipal.

2.3. Recolección y transporte de residuos

INEN 2841:2014, define a la recolección selectiva, como la acción de retirar los residuos previamente separados en la fuente de generación para ser transportados hacia centros de acopio, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento y/o sitios de disposición final.

Para asegurar la recolección selectiva, es necesaria la participación y compromiso del generador , el cual se alcanza mediante capacitaciones a la población, incentivos e incluso multas.

2.3.1. Métodos de recolección

a. Puerta a puerta

Es el método de recolección más usado en Ecuador debido a la organización territorial de sus ciudades. También se lo conoce como método de la acera debido a que los ciudadanos dejan sus contenedores con residuos en la acera frente a su domicilio en los horarios de recolección establecidos (Pecoraio, 2018).

En la figura 13 se aprecian los contenedores en las aceras de los domicilios, junto a una cuadrilla de recolectores quienes son los encargados de tomar cada contenedor y vaciar su contenido en el camión recolector.

Figura 13.

Recolección puerta a puerta.



Nota. Tomado de <https://www.lahora.com.ec/loja/recoleccion-basura-normal-festivos/>

b. Parada fija

Este método de recolección se lo conoce también como método de la esquina, se emplea regularmente en zonas de difícil acceso, consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles, en donde previamente por medio de una campaña se establecen los puntos de recolección y donde los usuarios acuden a entregar sus residuos (Sedesol, 2016).

Una debilidad que se puede llegar a tener en este método es que en caso de suspensión del servicio, los residuos se acumulen y sean arrojados a fuentes de agua o terrenos baldíos.

c. Método de contenedores

El Método de Contenedores, es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe de disponer de puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio. En este método, el vehículo de recolección se dirige al sitio de los contenedores, para realizar el vaciado del mismo (Sedesol, 2016).

2.3.2. Rutas de recolección

Para asegurar la recolección de residuos de todos los puntos de generación municipal, se requieren diseñar rutas de recolección eficientes en tiempo y costo, así, el diseño de estas rutas permitirá definir los recorridos de cada vehículo, considerando ciertas reglas básicas que se indican a continuación (Sedesol, 2016).

Reglas básicas para el diseño de rutas de recolección

- Iniciar la recolección en el punto más distante.
- En relieve pronunciados, iniciar la recolección en el punto más alto.
- Seguir el sentido de circulación vehicular.
- Evitar traslapar recorridos.
- En zonas de alto tráfico recolectar evitar las horas pico.
- Fijar y cumplir horarios de recolección.

Nota. Adaptado de Sedesol, 2016.

2.3.3. Vehículos de recolección

Los vehículos de recolección de residuos recomendados son aquellos que cuentan con equipos compactadores para reducir su volumen y hacer que sean mucho más fáciles de transportar y de manipular. El sistema de compactación está integrado por una boca por donde ingresan los residuos y una caja metálica donde se guarda la basura hasta completarla. Los residuos se colocan en la boca del equipo, para luego ser empujados hacia dentro del compactador por un plato prensor (López-Pérez, 2017). En la tabla 7 se muestran diversos tipos de contenedores frecuentemente usados durante la recolección de residuos.

Tabla 7.

Vehículos de recolección de residuos y desechos sólidos.

Vehículo	Denominación	Descripción
	Camiones de doble compartimento	Dotados de dos espacios separados, en los que es posible recoger en una misma ruta dos tipos distintos de residuos.
	Camiones de caja única	Disponen de un único espacio en el que se deposita la basura.
	Camion de carga frontal	Camiones de caja única dotado de sistema de vaciado de contenedores por parte frontal del vehículo.

Nota. Nielskliim|shutterstock.com

Nota. vadim kozlovsky|shutterstock.com

Vehículo	Denominación	Descripción
	Camión de carga lateral	Camiones de caja única dotado de sistema de vaciado de contenedores por parte lateral del vehículo.
	Camión de carga trasera	Camiones de caja única dotado de sistema de vaciado de contenedores por parte trasera del vehículo.

Nota. Paul

Vasarhelyi|shutterstock.com

Nota. Africa

Studio|shutterstock.com

Nota. Adaptado de Pecoraio, 2018.

El manejo de los vehículos de recogida es tarea de los conductores de este servicio, quienes deben contar con la preparación para maniobrar estos vehículos y llevar a cabo las operaciones previstas durante la recogida (Pecoraio, 2018).

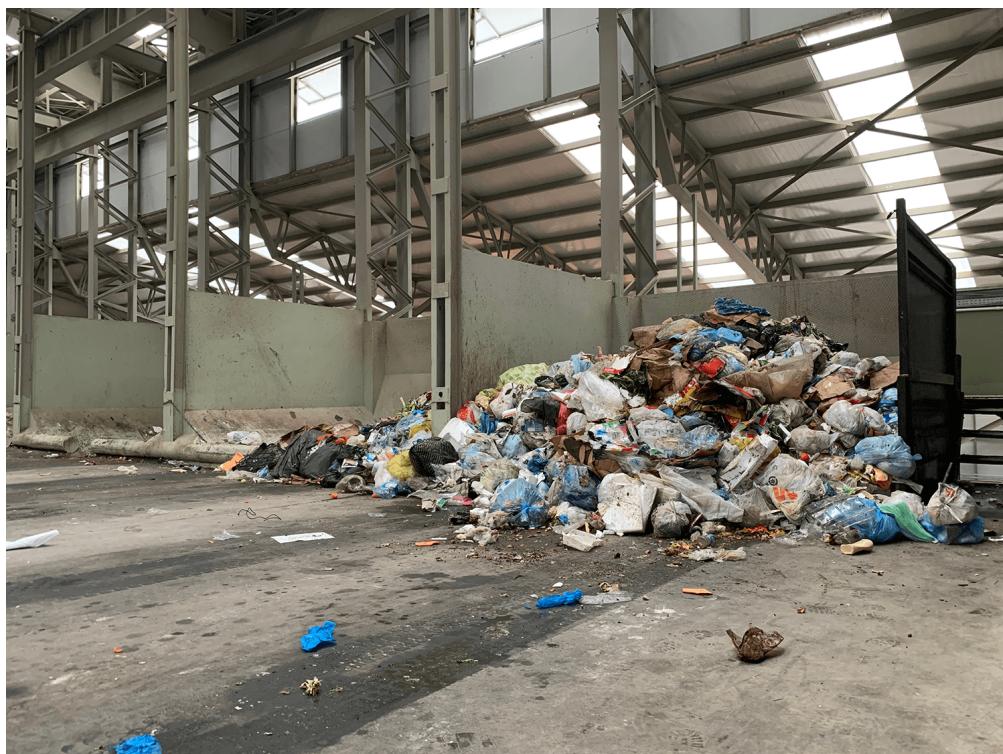
La cuadrilla de operadores que apoya la recolección debe contar con los elementos de seguridad necesarios para evitar riesgos y afecciones a su salud, además deben estar capacitados en temas de manipulación de residuos (Pecoraio, 2018).

2.3.4. Estación de transferencia

Las estaciones de transferencia (figura 14) son centros de recepción de residuos urbanos ubicados cerca al núcleo urbano, se disponen en localidades en que existen trayectos largos entre la ciudad y el relleno sanitario, bajo estas condiciones, las estaciones de transferencia permiten la descarga de los vehículos de recolección donde los residuos son cargados en camiones de mayor capacidad que transportan los residuos desde la estación hacia el sitio de tratamiento o disposición (Lopez-Perez, 2017).

Figura 14.

Estación de transferencia de residuos.



Nota. JuroX|shutterstock.com

En este sentido, las estaciones de transferencia permiten reducir los costos de transporte, optimizar la jornada de trabajo y el uso de vehículos, aumento de la vida útil de vehículos recolectores, mejorar la cobertura y eficiencia del servicio de recolección, entre otros (Pecoraio; 2018).

Estimado/a estudiante, sugiero la siguiente actividad de aprendizaje, para afianzar los contenidos abordados.



Actividad de aprendizaje recomendada

Estimado/a joven, como puede ver, la gestión integral de residuos sólidos, considera varias especificidades respecto a cada etapa del sistema, por lo que con la finalidad de subsanar cualquier inquietud, le invito a revisar esta conferencia brindada durante el año 2020 sobre este tema ([Ver Video](#)).

Mientras lo revise tome nota de los puntos importantes y complemente con la lectura de esta unidad.



Semana 6

Avanzando con el estudio de la gestión integral de residuos, hemos llegado al apartado de aprovechamiento de residuos el cual depende de una segregación y transporte eficiente para asegurar que pueda ser reincorporado a la cadena de producción en torno al tema de economía circular.

Nos centraremos además, en formas de aprovechamiento de residuos orgánicos mediante métodos tradicionales, considerando que constituyen los residuos de mayor producción a nivel urbano y se pueden implementar en el hogar.

2.4. Aprovechamiento de residuos

La norma INEN 2841:2014, define al aprovechamiento como el conjunto de acciones o procesos asociados mediante los cuales, se procura dar valor a los residuos reincorporando a los materiales recuperados a un nuevo ciclo económico y productivo en forma eficiente, ya sea por medio de la reutilización, el reciclaje, el tratamiento térmico con fines de generación de energía y obtención de subproductos, o por medio del compostaje en el caso de residuos orgánicos o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

2.4.1. Aprovechamiento del plástico

Los plásticos, conocidos también como polímeros provienen de los procesos de refinamiento del petróleo, están constituidos por un material resistente, de alta durabilidad y que puede ser moldeado por el calor (Pérez, 2014). Existe una gran variedad de plásticos que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8.
Tipos de plásticos.

Plástico	Tipo	Descripción	Aprovechamiento
PET (Terehalato)	I	Usado en la industria alimenticia. Ejm: botellas de agua.	Reconversión en resinas vírgenes que permiten la producción de nuevos envases de alimentos.
PEAD (Polietileno de alta densidad)	II	Más grueso que el PET por lo que puede reutilizarse. Ejm: tapas de botellas.	Tratamientos mecánicos y químicos para elaborar nuevos productos.
PVC (Cloruro de polivinilo)	III	Material termoplástico, se puede encontrar en elementos rígidos y semirígidos. Ejm: tarjetas de crédito, CD's.	Por la versatilidad del material, se dificulta y encarece su reciclaje.
PEBD (Polietileno de baja densidad)	IV	Material sólido, ligero, flexible y compactable. Ejm: bolsas plásticas.	Poco recicladas por la eficiencia del proceso, su gran volumen limita la rentabilidad del reciclaje. Generalmente son incineradas como recuperación de energía.
PP (Polipropileno)	V	Plástico de baja densidad, resistente y durable. Ejm: jeringuillas, envases de alimentos.	Su composición y uso, dificulta la recolección homogénea y encarece su reciclaje.
PS (Poliestireno)	VI	Rígido, frágil y con flexibilidad limitada. Ejm: vasos desechables para bebidas calientes, espuma flex.	Tasa de recuperación baja debido a los restos de alimentos que lo suelen acompañar. Material inflamable apto para recuperación energética.
Otros termoplásticos	VII	PC: policarbonato PMMA: acrílico PA: poliamidas PTFE: teflón PU: poliuretano NR: Caucho natural MF: Melamina Resinas.	Está compuesto por distintas mezclas de resinas y/ o de la combinación de los otros seis tipos de plástico. Por este motivo, es difícil, o imposible, de reciclar.

Nota. Adaptado de: Virginie, (2011); Paredes et al. (2020) y López-Pérez (2017).

En general, el aprovechamiento del plástico inicia con la limpieza de los materiales, seguido de un acondicionamiento del material sea triturado en plásticos rígidos ó aglutinamiento en plásticos ligeros, se los seca y posteriormente se mezcla en el extrusor que lleva un molde al cual se adapta la resina reciclada. Actualmente, la tendencia de aprovechamiento, se centra en la producción de plastimadera empleada para elementos arquitectónicos (Paredes et al.; 2020).

2.4.2. Aprovechamiento del cartón

El cartón se genera prioritariamente en comercios, y es importante que las zonas comerciales tengan un servicio de recogida selectiva de los cartones que facilite su reciclaje. En el hogar también se generan al adquirir productos por internet o comprar zapatos, cereales, envases de medicinas u electrodomésticos, etc., por lo que se recomienda reutilizarlos en la medida de lo posible (Bigues, 2013).

Mediante el reciclaje se puede obtener fibra de celulosa que se emplea en la elaboración de nuevos cartones, para esto en primer lugar se tritura y mezcla con agua para obtener una pulpa que se calienta y muele, se mezcla la pasta con astillas de madera para mejorar el contenido de fibra y elaborar nuevos cartones o productos de dicho material (Lopez-Perez, 2017).

2.4.3. Abonos orgánicos

Se obtienen a partir de procesos de degradación aerobia o anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos. A continuación se presentan los de mayor uso a nivel urbano.

a. Compostaje

El compostaje es considerada una tecnología de biorremediación, esto se debe a que aborda una de las problemáticas de la actualidad referida a la producción de residuos sólidos orgánicos y sus tratamientos, como conocen la falta de segregación adecuada provoca que estos residuos sean depositados en rellenos sanitarios sin aprovechamiento alguno (MAE, 2014).

Como respuesta a esta problemática, el proceso de compostaje es una alternativa para tratarlos y darles valor obteniendo un abono conocido como compost cuyas propiedades físicas químicas y biológicas contribuyen a la recuperación de suelos degradados (Röben, 2002).

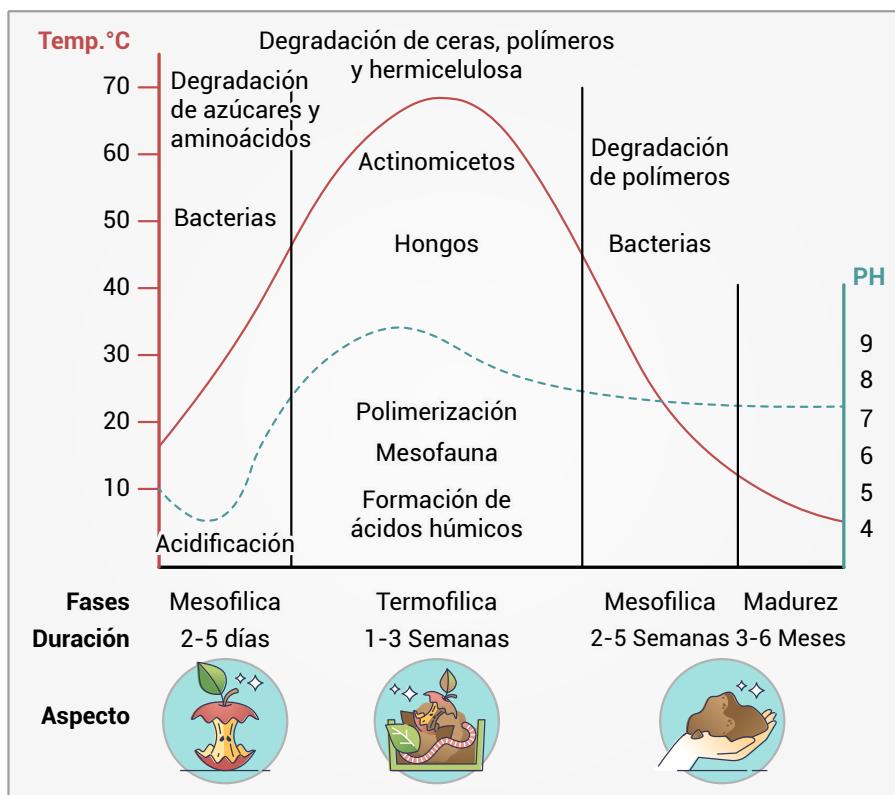
El proceso de compostaje, es un proceso llevado a cabo por microorganismos aeróbicos producido bajo condiciones controladas de temperatura humedad y aireación y requiere sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido y cuyo resultado final es la obtención de una enmienda orgánica que conocida como compost el cual es un producto inocuo constituido por materia orgánica estable madura y restos de minerales que se caracterizan principalmente porque tiene que estar libre de patógenos y de sustancias que puedan dañar tanto al suelo como a la planta (Moreno y Moral, 2008).

Las materias primas o sustratos empleados para la elaboración del compost se clasifican en función de su naturaleza química como las orgánicas ricas en carbono o nitrógeno. Según su estado físico pueden ser sólidas como maderas, aserrín y semi sólido como los efluentes (Delgado et al., 2019).

Siendo el compostaje, un proceso aeróbico necesita oxígeno para que los microorganismos puedan actuar y además contribuyan a regular la temperatura y a liberar o remover los excesos de humedad y dióxido de carbono, es necesario voltear o mezclar el compost para asegurar la presencia óptima de oxígeno que varía entre el 15 al 20%; otro factor importante es la humedad cuyo nivel óptimo está entre el 40 al 60% aproximadamente; el ph varía entre 5,5 y 8,5 y se ve influenciado por la materia prima, en ciertos casos se acondiciona el residuo para asegurar un tamaño de partícula homogéneo entre 1 y 5 centímetros; y, por último la relación carbono nitrógeno debería estar entre 25:30 (Morales y Casanova, 2015).

Los materiales ricos en carbono están dados por residuos secos como la paja, el heno seco, hojas secas, ramas, turba aserrín entre otros; mientras que los materiales ricos en nitrógeno están dados por material fresco como el césped, estiércol de vaca, pollo, conejo, restos de verdura, frutas entre otros (Hue y Liu, 1995). Dentro del proceso de elaboración del compost, se llevan a cabo algunas fases que se resumen en la figura 15.

Figura 15.
Etapas del compostaje.



Nota. Tomado de Negro (2000).

La primera fase comienza durante los primeros días de armado de la pila donde la temperatura alcanza como máximo los 45 °C, por la descomposición de compuestos simples como azúcares, se denomina mesofílica y se caracteriza por una baja de pH, le sigue la fase termofílica donde la temperatura comienza a aumentar hasta los 70 °C aproximadamente en esta etapa también hay un aumento del ph, esta etapa puede durar desde semanas a meses según el material de partida y en una es una de las etapas más importantes en el proceso de compostaje porque es aquí donde se eliminan patógenos como Escherichia coli, salmonella, algunas esporas de hongos, etc., (Vargas-Pineda et al.; 2019).

Como muestra la figura 15, le sigue una fase de enfriamiento donde la temperatura disminuye de nuevo a los 40 - 45 °C y donde el pH comienza a estabilizarse en torno a ocho unidades, en esta etapa comienzan a aparecer algunos hongos que son visibles indicadores del comienzo de

la etapa de madurez la cual puede llegar a durar meses es una fase en la que la temperatura se mantiene estable a temperatura ambiente, el ph se estabiliza, hay algunas reacciones secundarias de degradación que producen la formación de ácidos húmicos (Vargas-Pineda et al, 2019).

Se determina que el compost está maduro, mediante su características físicas como el olor similar al olor del suelo de bosque, temperatura estable, color amarronado oscuro y la pureza del mismo que se alcanza con un tamizaje para evitar la presencia de cualquier objeto de otra naturaleza (Sadzawka et al.; 2005).

b. Vermicompostaje

El vermicompostaje o lombricultura da lugar a un abono orgánico conocido como humus de lombriz, se trata de un proceso que ha llevado a cabo por lombrices rojas californianas (*escenia foétida*), junto a la participación de bacterias simbiontes que habitan en el intestino de ellas el desarrollo de este producto comienza con la alimentación de la lombriz con materia orgánica y estiércol (Karbar et al., 2017).

La lombriz digiere la comida y la degradada por las bacterias que contienen las excretas de la lombriz, el humus generado al ser incorporado al suelo aportará nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas junto a la incorporación de una importante colonia de estos microorganismos que seguirán descomponiendo la materia que encuentren disponible en el subsuelo (Sánchez, et al.; 2011).

Los beneficios de incorporar humus al suelo son variados entre ellos tenemos la fertilidad de manera natural no solo por la incorporación de nutrientes dado que aporta hasta 5 veces más nutrientes que un fertilizante sintético, además modifica las propiedades físicas favoreciendo el desarrollo y desplazamiento óptimo de las raíces dentro de estos beneficios encontramos los siguientes: en primer lugar disminuye la compactación lo cual permite obtener un suelo suelto y aireado indispensable para el desarrollo de las raíces evitando a la vez la formación de costras principalmente en suelos arcillosos, en segundo lugar: mejora el drenaje una propiedad importante para evitar la acumulación del agua en la superficie provocando pérdidas por el escurreimiento superficial a la vez prevenimos también la asfixia de las raíces por estancamiento de agua en

el subsuelo, y, tercero: aumento de la retención de humedad que mejora la circulación del agua, asegura la disponibilidad de micro y macro nutrientes para las plantas (Piccolo, 1996).

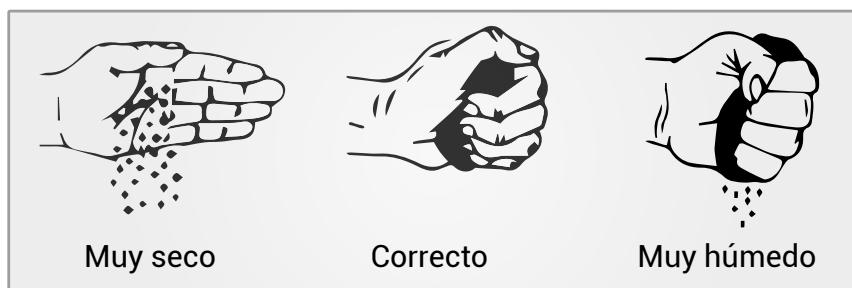
c. Bokashi

El *bokashi*, es un fertilizante de origen japonés que se traduce como cocer al vapor. Para la elaboración del bokashi se integra la materia orgánica de los sustratos húmedos y secos junto a un consorcio de microorganismos que se encargarán de descomponer los residuos (Ventura, 2016)

La elaboración del bokashi sigue un procedimiento sencillo, es similar al compostaje pero en lugar de agregarle agua para asegurar su humedad de agrega una solución de agua con melaza y levadura que induce el crecimiento de microorganismos que contribuyen a degradar eficientemente los residuos (Peralta et al.; 2019).

Para garantizar que la cantidad de agua de riego es adecuada, se realiza la prueba de puño (ver figura 16), la cual consiste en tomar un puño de la pila y apretarla, si escurre agua significa que tiene exceso de humedad y se le debe añadir material seco; sí al abrir la mano se desmorona significa que necesita más agua y si mantiene su forma indica que la humedad de la pila es adecuada (Azurduy et al., 2016).

Figura 16.
Prueba del puño en pila de bokashi.

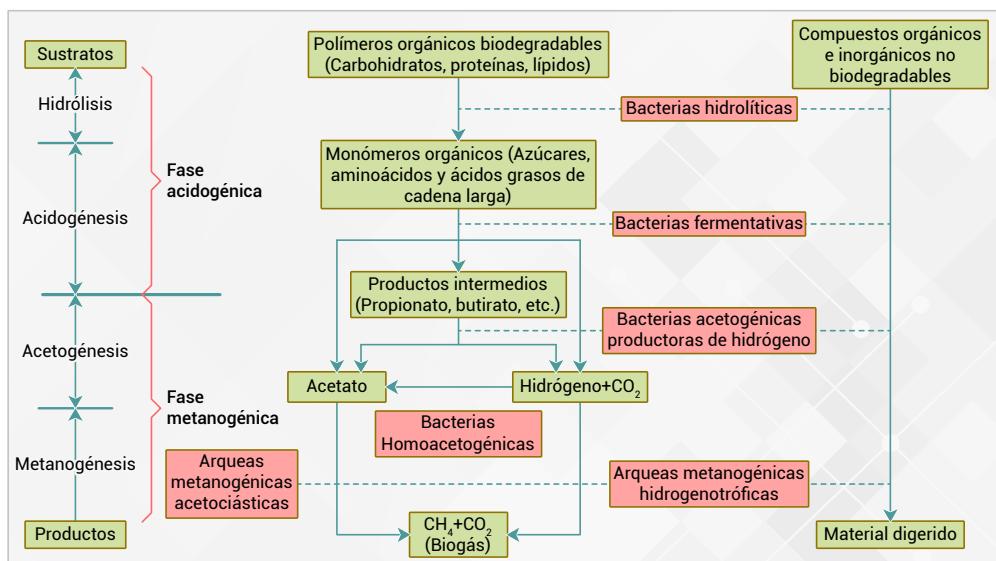


Nota. Tomado de Secretaría Distrital de Habitat Alcaldía Mayor de Bogotá, (2014).

d. Digestión Anaerobia

La digestión anaerobia permite el aprovechamiento energético de la biomasa, a la vez que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero que se producirían de forma natural por la descomposición de residuos a campo abierto. La digestión anaerobia, da lugar a la producción de un biocombustible conocido como biogás el cual está compuesto por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), además genera un líquido conocido como biol que se aplica como fertilizante y un digestato empleado como abono orgánico del suelo (R.E, 2016). En la figura 18, se muestra un esquema del proceso de descomposición de la materia orgánica por digestión anaerobia.

Figura 17.
Esquema del proceso de Digestión Anaerobia.



Nota. Tomado de Cárdenas-Cleves et al; 2016.

Como se observa, la digestión anaerobia se desarrolla en cuatro etapas (1) hidrólisis, la cual descompone la materia orgánica compleja como carbohidratos, proteínas y lípidos y los transforma en materia simple como azúcares, aminoácidos y ácidos de cadena larga. Le sigue la etapa de (2) acidogénesis, en la cual por acción de bacterias fermentativas descompone esta materia simple en ácido acético, ácido propiónico y ácido burítico. En la etapa (3) de acetogénesis, las bacterias acetoclásticas emplean estos ácidos para producir acetatos, hidrógeno y CO₂, los cuales con ayuda de

bacterias metanogénicas acetoclásicas e hidrogenoclásicas producen CH₄ y CO₂ que son los principales componentes del biogás en la etapa (4) denominada metanogénesis; todo este proceso se desarrolla en ausencia de oxígeno (Cárdenas-Cleves, et al., 2016).



Semana 7

Hemos llegado al apartado final de esta unidad en la que estudiamos cada una de las etapas de la gestión integral de residuos sólidos, esta semana abordaremos lo correspondiente a la disposición final de residuos y desechos que se debe desarrollar como última opción de gestión para aquellos materiales que no hayan podido ser revalorizados.

2.5. Disposición final de residuos

En Ecuador por ejemplo, de los 221 municipios del país 40 cuentan con rellenos sanitarios, en otros lugares, lamentablemente los residuos son dispuestos en basurales a cielo abierto en esos lugares las condiciones no son controladas son lugares o generan focos de contaminación muy grandes además tienen un alto riesgo sanitario e incluso un alto riesgo de generaciones de incendios por la acumulación de metano (MAE, 2014).

2.5.1. Botadero a Cielo Abierto

Un botadero a cielo abierto también conocido como vertedero, consiste en un sitio en el cual se depositan indiscriminadamente los residuos, sin control alguno. No cuentan con operadores que se encarguen de su manejo. Al estar expuestos a la intemperie, pueden ser arrastrados por el viento ó la lluvia la cual además influye en la producción de lixiviados en la zona que infiltran en el sitio o que por escorrentía alcanzan cuerpos de agua (Giron, et al., 2009).

En la actualidad, las regulaciones de cada país procuran el cierre de los botaderos a cielo abierto y promueven la construcción de sitios adecuados para el almacenamiento de residuos. En Ecuador, se cuenta con el documento denominado términos de referencia para: "Estudios de factibilidad y diseños definitivos para la gestión integral de los residuos sólidos y cierre técnico de/los botadero/s" propuesto por el MAE, (2013).

Figura 18.

Acumulación de basura en un botadero a cielo abierto.



Nota. Ocelotil|shutterstock.com

En la figura 18, se muestra un botadero a cielo abierto, el cual constituye una cuna y hábitat de fauna nociva transmisora de múltiples enfermedades (Jaramillo, 2002).

2.5.2. Celda de seguridad

De acuerdo con el MAAE (2020), una celda de seguridad se define como la unidad básica de un relleno de seguridad, diseñada para confinar desechos peligrosos compatibles, que involucra métodos y obras de ingeniería, que tienen como propósito controlar la contaminación provocada por la disposición de los desechos peligrosos, evitando que estos se dispersen y puedan generar problemas de salud y daños ambientales.

2.5.3. Celda emergente

Es una celda técnicamente diseñada donde se depositan temporalmente los desechos sólidos no peligrosos, los mismos que deberán tener una compactación y cobertura diaria con material adecuado, poseer los sistemas de: evacuación de biogás, recolección de lixiviados, desviación de las aguas de escorrentía; hasta la habilitación del sitio de disposición final, técnica y ambientalmente regularizado (INEC, 2020).

Durante el estudio de cierre técnico de un botadero o relleno se debe considerar el diseño de una celda emergente, cuya capacidad debe garantizar la disposición de los residuos sólidos de forma técnica y ambientalmente adecuada hasta que un nuevo relleno sanitario u otra alternativa ambientalmente viable entre en operación; la vida útil de la celda emergente debe ser de dos años de acuerdo a lo establecido en el Acuerdo Ministerial N° 052 de 17 de mayo de 2013 (MAE, 2013).

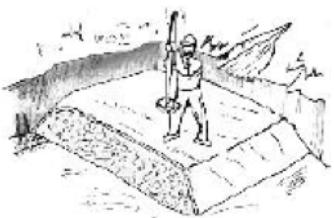
2.5.4. Relleno Sanitario

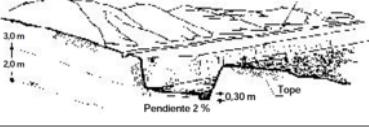
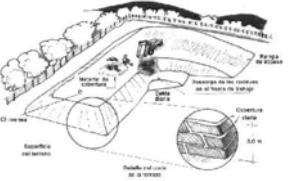
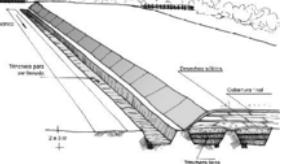
De acuerdo con el INEN (2020), un relleno sanitario constituye una técnica para la disposición de los desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública. Consiste en una técnica de tratamiento de desechos mediante la cual se depositan los desechos dentro de una excavación cuyos fondos y paredes están aislados por una capa impermeable, la misma que adicionalmente cuenta con sistemas de drenaje.

La operación del relleno puede ser manual, semimecanizada ó mecanizada, y depende de la cantidad de residuos diaria a gestionar que está en función de la población (Jaramillo, 2002), a continuación, en la tabla 9 se muestran las especificidades de cada uno de estos.

Tabla 9.

Tipos de rellenos sanitarios.

Tipo	Descripción
a. En función del tipo de operación	
	<p>Manual</p> <p>Poblaciones que producen hasta 15 tn/día.</p> <p>Condiciones económicas bajas.</p> <p>No ocupan maquinaria pesada.</p> <p>La operación y compactación se realiza con cuadrillas de trabajo.</p>
	<p>Semi-Mecanizado</p> <p>Poblaciones que producen entre 16 y 40 tn/día.</p> <p>Apoya el trabajo manual con maquinaria pesada a fin de dar una compactación adecuada.</p>

Tipo	Descripción
	<p>Mecanizado Poblaciones que producen más de 40 tn/día.</p> <p>Ocupa maquinaria pesada para el movimiento de la masa de residuos y su compactación.</p>
b. En función del tipo de construcción	
	<p>Trinchera o zanja Se ocupa en zonas planas donde se excavan zanjas para el almacenamiento de residuos que son cubiertos y compactados.</p>
	<p>Área Se ocupa en zonas donde es difícil excavar una zanja y donde los residuos se depositan sobre el relieve del lugar, siguiendo la pendiente natural.</p>
	<p>Combinado Aprovecha mejor el terreno, combinando ambos métodos durante la disposición de residuos.</p>

Nota. Adaptado de Jaramillo, (2002).

Dentro de las instalaciones de un relleno sanitario es común encontrar una báscula en la entrada la cual pesa la masa diaria de residuos que se disponen en las celdas que lo integran. En ciertos casos se cuenta con instalaciones destinadas al almacenamiento y acopio de residuos que son comercializados a plantas recicadoras. (Jaramillo, 2002).

De acuerdo con el MAE, 2013; para la selección del sitio para la ubicación del relleno sanitario, se deben considerar, los siguientes aspectos:

- Superficie disponible de terreno.
- Tiempo de vida útil mínimo de 15 años.
- Capacidad de almacenamiento en función de GPC.
- Topografía y condiciones de suelo para definir tipo de relleno.
- Condiciones climáticas y estudios hidrológicos y geológicos.

Por otro lado, acorde con Jaramillo, (2002) durante la construcción del relleno sanitario se deben seguir los procesos de seguridad e instalar los medios para la recolección de lixiviados y biogás producto de la descomposición del residuo.

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación:



Actividad de aprendizaje recomendada

Para fortalecer los conocimientos de este apartado, le invito a realizar la siguiente actividad interactiva en la cual debe leer cada una de las interrogantes planteadas que hacen referencia a definiciones asociadas a la gestión de residuos sólidos, fortaleciendo su aprendizaje, su trabajo consiste en determinar la palabra a la cual define, completando cada palabra logrará llenar el crucigrama de la actividad 2: Gestión integral de residuos sólidos.

Gestión integral de residuos

Hemos llegado al término de esta unidad, le invito a realizar la autoevaluación preparada para que pueda valorar sus conocimientos en torno a los temas abordados en las diferentes semanas que lo integran.



Autoevaluación 2

Para cada una de las interrogantes planteadas, seleccione una alternativa correcta.

1. La gestión de residuos sólidos busca:

- a. Identificar las disposiciones y acciones para dar el destino más adecuado a los residuos desde el punto de vista legal y político.
- b. Promover que el consumo es una necesidad que se puede manejar con responsabilidad.
- c. Concienciar que el problema no es la generación de residuos sino la cantidad que generamos.

2. En un inicio los residuos se caracterizaban por:

- a. Ser depositados en un vertedero abierto, provocando la contaminación de recursos y origen de enfermedades.
- b. Poseer alto contenido de materia orgánica que dificultaba su disposición final, pero como eran nómadas no generaba ningún problema.
- c. Residuos de carácter orgánico de fácil descomposición.

3. La segregación de residuos hace referencia a:

- a. Depositar los residuos y la basura diferenciadamente.
- b. Recoger los residuos desde el hogar.
- c. Transportar los residuos a un centro de acopio.

4. El método de recolección de RS de parada fija es recomendable en:

- a. Ciudades con poblaciones menores a 300000 hab.
- b. Conjuntos de habitacionales en edificios.
- c. Poblaciones rurales con dificultad para el acceso.

- 5. Indique, ¿cuál color de contenedor corresponde a cada uno de los siguientes tipos de residuos de acuerdo con la clasificación específica de la norma NTE INEN 2841:2014?**

<input type="checkbox"/> especiales	Anaranjado
<input type="checkbox"/> orgánico	Azul
<input type="checkbox"/> papel y cartón	Blanco
<input type="checkbox"/> plástico	Gris
<input type="checkbox"/> vidrio y metales	Negro
<input type="checkbox"/> inservibles	Verde

Seleccione verdadero o falso a cada una de las siguientes afirmaciones:

6. () **Sí se incorporan lombrices al proceso de compostaje se aceleraría la descomposición de residuos.**
7. () **El proceso de vermicompostaje tiene como producto final el bokashi.**
8. () **El compost tiene mejores características para los suelos en relación al humus.**
9. () **Se puede referir a la lombriz roja californiana como esenia foétida.**
10. () **Las instalaciones de recolección de lixiviados son comunes en vertederos a cielo abierto.**

[Ir al solucionario](#)



Actividades finales del bimestre



Semana 8

Estimado/a estudiante hemos culminado el estudio de nuestro componente, nos encontramos ya en la última semana de este periodo académico, le invito a realizar una revisión de los contenidos de este bimestre, recuerde que cualquier inquietud puede comunicarse mediante mensajes por medio del entorno virtual de aprendizaje, realice las autoevaluaciones de las unidades estudiadas, revise las grabaciones de cada semana que explican con mayor detalle los temas de cada unidad y profundice en su estudio mediante la investigación en otras fuentes de consulta.

Revise cada una de las etapas de la gestión integral de residuos sólidos que se han abordado en este primer bimestre mediante las unidades (1) residuos sólidos y (2) gestión de residuos sólidos; verifique su aprendizaje mediante el desarrollo de las actividades de autoevaluación, y desarrollando las actividades interactivas propuestas, esto le ayudará a prepararse para su evaluación presencial.

Recuerde que puede contactarse y compartir sus inquietudes durante el chat de tutoría y consulta, mensajes en CANVAS y correos electrónicos.



Segundo bimestre

Resultado de aprendizaje 1

- Conoce y analiza los procesos de gestión integral de residuos y desechos.

Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje

Este resultado, se alcanzará mediante el estudio de la calidad del agua, tratamiento de vertidos y contaminación atmosférica que justamente corresponden a residuos y desechos líquidos y gaseosos que al ser vertidos sin control o tratamiento previo impactan al ambiente.

Les invito entonces a revisar con atención los contenidos planificados para esta semana y no olvide compartir sus comentarios e inquietudes por el entorno virtual.



Semana 9

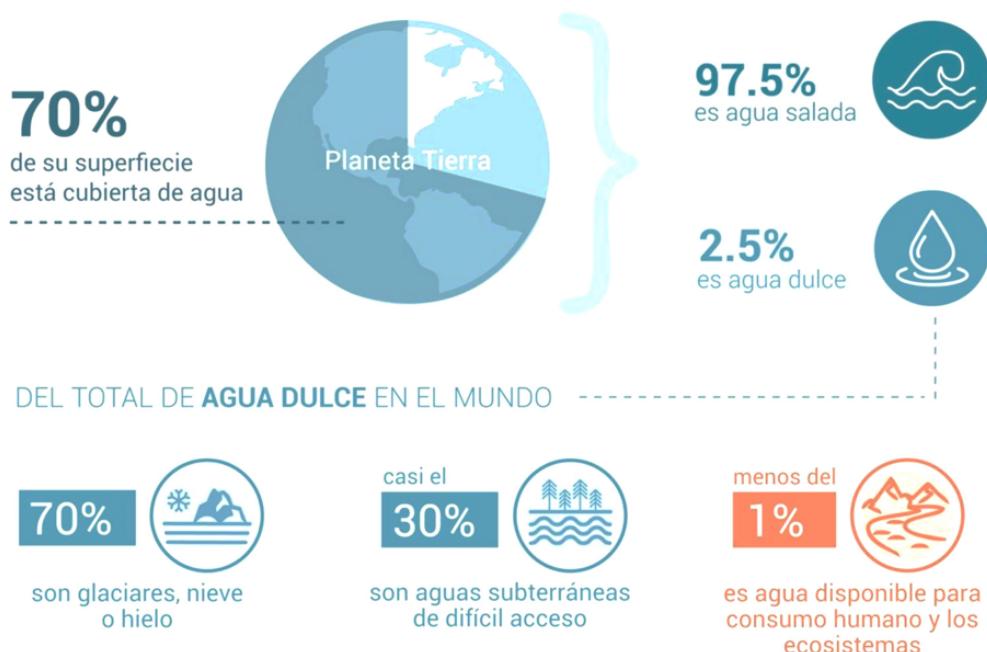
Unidad 3. Calidad del agua

Se entiende la calidad desde un punto de vista funcional como la capacidad que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. Desde el punto de vista ambiental se define como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado. El agua es la única sustancia que se encuentra sobre la tierra en los tres estados del componente mayoritario de los seres vivos en los que juega un papel fundamental para su supervivencia (Cirelli, 2012).

El agua es una sustancia líquida sin olor color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares ocupan las tres cuartas partes del planeta tierra y forma parte de los seres vivos está constituida por dos partes de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). En la figura 19 se observa la distribución del agua en la superficie terrestre.

Figura 19.

Distribución del agua en la superficie terrestre.



Nota. Tomado de <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>

El agua pura es un líquido insípido, no tiene sabor, color ni olor. El agua que utilizamos normalmente suele tener disueltas otras sustancias sobre todo sales minerales en función de las cuales se determina la calidad del agua (Carvallo, 2012).

El agua potable es aquella adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la higiene personal necesita ser potabilizada para asegurar la ausencia de contaminantes que pongan en riesgo nuestra salud (Córdova, et al., 2010).

El agua es tomada de fuentes naturales por medio de sistemas de captación, luego es potabilizada, transportada, y distribuida hacia los hogares. El agua apta para consumo humano es conocida también como agua potable y cumple con las características organolépticas físicas, químicas y bacteriológicas para no representar un riesgo para la salud del consumidor (Rock y Rivera, 2014).

En Ecuador, la Norma NTE INEN 1108:2014, determina los requisitos de calidad del agua potable, es decir esta norma fija los valores de las características que definen la calidad del agua potable. Esta norma además, define al agua potable como el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.1. Tipos de Agua

Cuando hablamos de tipos de agua, se hace referencia a las formas de agua que se pueden encontrar en el planeta y que se muestran a continuación en la figura 20.

Figura 20.

Tipos de agua.



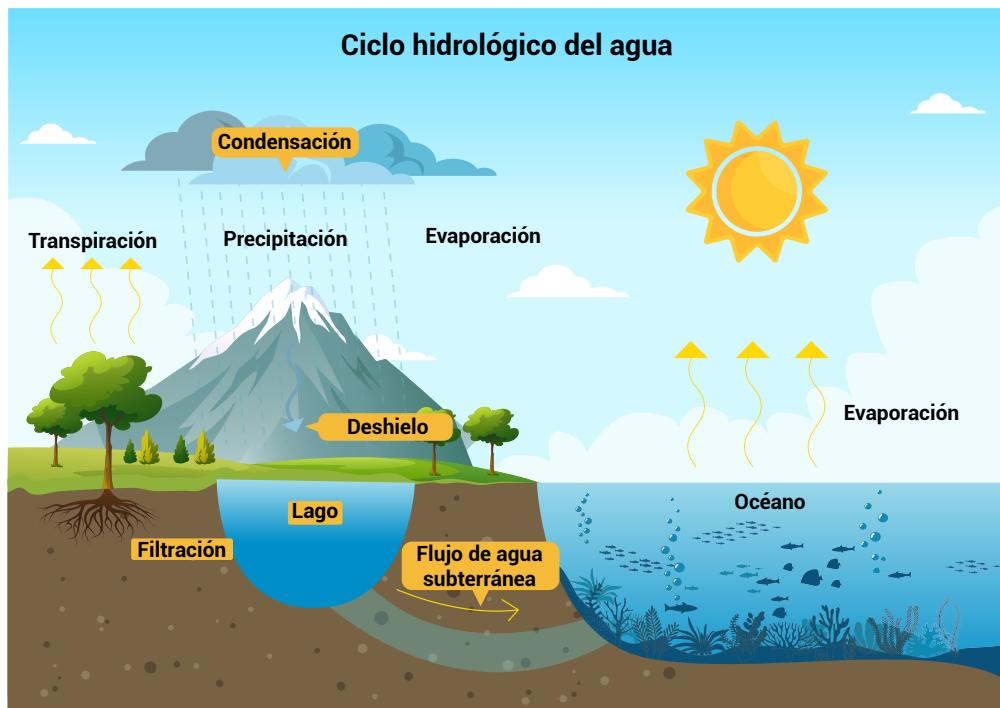
Nota. Adaptado de Leyva, (2013).

3.2. Ciclo hidrológico del Agua

El movimiento del agua en la tierra se conoce como ciclo del agua ó ciclo hidrológico, el agua de la tierra se distribuye en océanos, continentes y en la atmósfera en los que hay cambios que los mantiene en movimiento por la energía del sol y por la gravedad (Savé et al., 2005). En la figura 21 se muestra un esquema de este ciclo del agua.

Figura 21.

Ciclo hidrológico del agua.



Nota. Noko Cloud|shutterstock.com

Durante el ciclo hidrológico, el agua pasa de la superficie terrestre a la atmósfera como vapor de agua y regresa de nuevo la tierra en modo líquido y sólido, el agua de la superficie llega a la atmósfera en forma de vapor de agua por evaporación de los seres vivos y evapotranspiración de plantas. A medida que se eleva el aire húmedo se enfriá y el vapor se transforma en agua líquida, esta transformación se conoce como condensación donde las gotas de agua se juntan, formando gotas mayores y que por su peso precipitaron nuevamente en la superficie regresando por escorrentía a ríos, mares, acuíferos por infiltración cuando el agua penetra a través de los poros del suelo y de allí vuelve a evaporarse por la transpiración de las plantas; una vez se encuentra el agua en la superficie comienza de nuevo este ciclo (Márquez y Plaza, 2007).

3.3. Ciclo integral del Agua

El ciclo integral del agua, también se conoce como ciclo antrópico del agua y considera tanto el ciclo hidrológico como cada una de las etapas de aprovechamiento del agua que se muestran a continuación:

Figura 22.

Ciclo integral del agua.



Nota. Adaptado de Tarquino (2004).

Las primeras tres etapas de este ciclo corresponden al ciclo hidrológico que abordamos en el apartado anterior, por lo que procederemos a definir cada una de las etapas que le siguen.

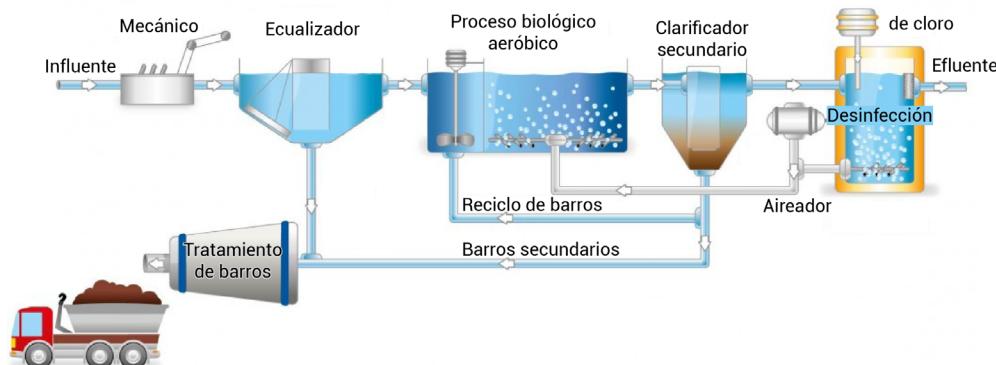
Captación.- Estructura que permite incorporar la cantidad necesaria de agua desde la fuente de abastecimiento hacia el sistema de agua potable (CPE INEN 5 Parte 9-1:1992).

Conducción.- Corresponde al sistema de tuberías que permite transportar el agua desde la captación hasta la planta potabilizadora, puede ser conducción por gravedad cuando el transporte del agua emplea la propia energía del agua ó conducción por bombeo donde se alcanza la presión del agua con ayuda de una bomba (CPE INEN 5 Parte 9-1:1992).

Potabilización.- Hace referencia al proceso que se sigue en una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), la cual trata el agua natural acorde a los estándares de calidad del agua potable mediante una serie de procesos de tratamiento que depende de las características del agua a tratar (Pranada, 2019). En la figura 23 se muestra un esquema típico de PTAP.

Figura 23.

Esquema de planta potabilizadora de agua.

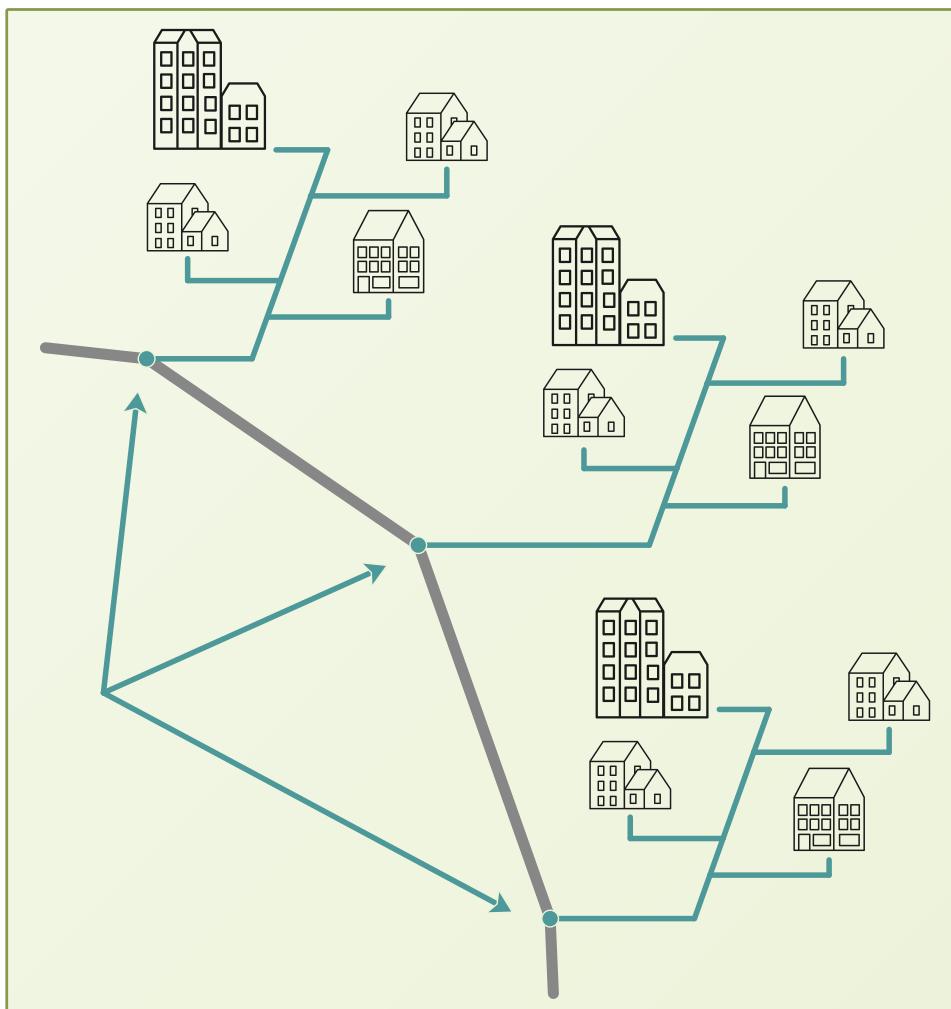


Nota. Tomado de: <https://bioingepro.com.ar/2021/03/26/que-es-una-planta-de-tratamiento-de-efluentes-liquidos/>

Distribución.- La distribución del agua comprende el sistema de tuberías que permite transportar el agua potable desde la PTAP hasta cada uno de los domicilios a los que se abastecerá (López, 2010).

Figura 24.

Esquema de red ramificada de distribución de agua.



Nota. Tomado de Pradana, (2019).

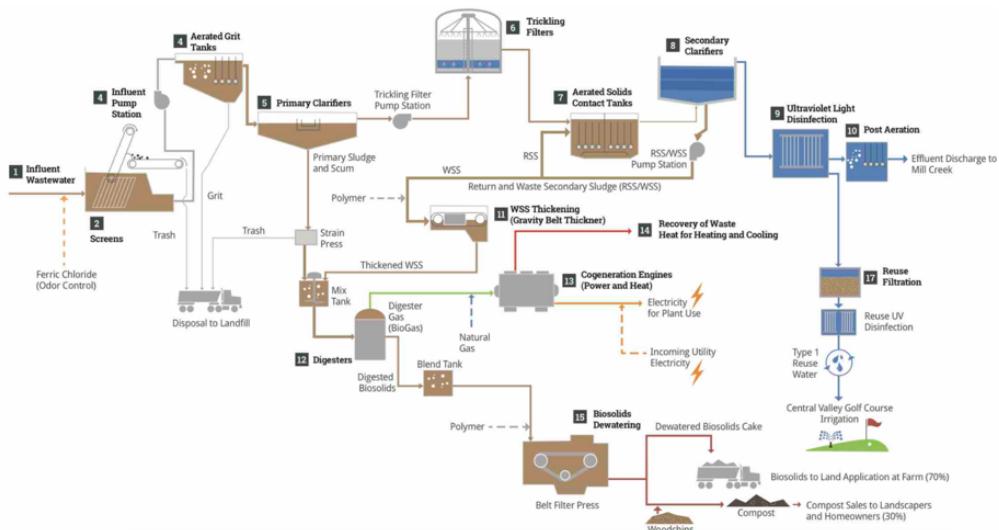
Uso.- Corresponde a todas las actividades que ocupan agua para desarrollarse sean a nivel doméstico, comercial, agrícola o industrial, etc. (Martín, 2009).

Recolección.- Consiste en el sistema de tuberías que se encarga de recolectar el agua residual producida y trasladarla hacia el sitio de tratamiento (Pradana, 2019). Típicamente se lo conoce como sistema de alcantarillado el cual puede ser alcantarillado: sanitario, pluvial o combinado (EMAAP-Q, 2009).

Tratamiento.- Se define como el conjunto de obras, facilidades y procesos, implementados para mejorar las características del agua residual doméstica e industrial en lo que se denomina planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR (EMAAP-Q, 2009).

Figura 25.

Esquema de planta de tratamiento de agua residual.



Nota. Tomado de: [https://www.cvwrf.org/002_CVWRF_Process_Schematic%20\(1\).pdf.jpg](https://www.cvwrf.org/002_CVWRF_Process_Schematic%20(1).pdf.jpg)

Como se observa en la figura 25, una PTAR integra un mayor número de unidades para el tratamiento del agua residual, esto se debe a la concentración de características del agua a tratar (Pranada, 2019).

Vertido.- Hace referencia a la descarga del agua tratada hacia la naturaleza bien sea a un terreno sobre el que se infiltre o a un cuerpo de agua, para esto, se debe garantizar que el agua cumpla con los criterios de calidad para descarga que en Ecuador están establecidos en el Acuerdo Ministerial Nro. 387 en el anexo VI calidad del agua y vertidos (MAE, 2015).

Le invito a participar en el siguiente recurso interactivo:

[Ciclo antrópico del agua](#)



Continuando con el estudio de la unidad sobre calidad del agua, en esta semana abordaremos lo correspondiente a las actividades enfocadas a identificar la calidad de la misma, esta determinación se realiza sobre muestras de agua que son analizadas en laboratorios y para lo cual se siguen consideraciones como las que estudiaremos a continuación.

3.4. Monitoreo del Agua

El monitoreo, implica el seguimiento sistemático a través del muestreo y toma de datos de campo a intervalos de tiempo definidos para la obtención de información que permite evaluar que los parámetros de calidad guarden relevancia con los usos del cuerpo receptor. El monitoreo, se desarrolla mediante Campañas de Red de Monitoreo que permite obtener información sobre parámetros de calidad del agua relacionados con el caudal de la corriente. Generalmente se desarrolla información con muestreo y análisis de laboratorio o determinaciones -*in situ*- con medidores portátiles, suplementados con datos de caudal de una estación hidrológica (MAE, 2015).

En función de los objetivos establecidos del proyecto, obra o actividad que busque determinar la calidad de un agua o la caracterización de un vertido y que requiera realizar, para esto, se trazará la red de monitoreo para seleccionar los puntos idóneos para la toma de muestras representativas para caracterizar la calidad del agua. Estos procedimientos se basarán en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2226:2013 Agua: Calidad del Agua. Muestreo - Diseño de los programas de muestreo, que se resumen a continuación:

Se realizará el diseño de la red de monitoreo de la calidad del agua realizando la determinación previa de los puntos de muestreo sobre un mapa de la zona de estudio, para seguidamente hacer la verificación de los mismos en campo. Dentro del diseño de la red se definirá también: el método de muestreo a ser aplicado dependiendo de la localización donde se obtengan las muestras, la frecuencia de muestreo, tipo de muestra, el procedimiento y responsable de la cadena de custodia de las muestras de agua.

Se considera necesario realizar visitas previas de campo para verificar los sitios de muestreo en que se tomarán las muestras para análisis de la calidad de agua lo que permitirá ratificar información como: Accesibilidad del sitio desde las principales vías de comunicación, distancia entre el sitio y el lugar de envío de las muestras a los laboratorios, disponibilidad de transporte terrestre o aéreo para el envío de muestras y ubicación de las fuentes de agua a monitorear.

3.4.1. Duración y frecuencia del muestreo

La duración y frecuencia de muestreo en cada caso, se establecerá en función de lo establecido en el cronograma de trabajo, por ejemplo se podría evaluar dos veces al año en invierno y verano, en cualquiera de estos casos, se debe evitar frecuencias de muestreo innecesarias. Considerando que el objetivo del programa de control de calidad estará en función de la concentración de uno o más parámetros dentro de los límites definidos. Los resultados son necesarios para decidir, si es necesaria una acción inmediata. Por lo tanto, la frecuencia de muestreo será elegida de tal modo que la probabilidad de que ocurran desviaciones importantes fuera de los límites de control, entre medidas sucesivas, sea aceptable (INEN 2226:2013).

3.4.2. Selección del tipo de muestra

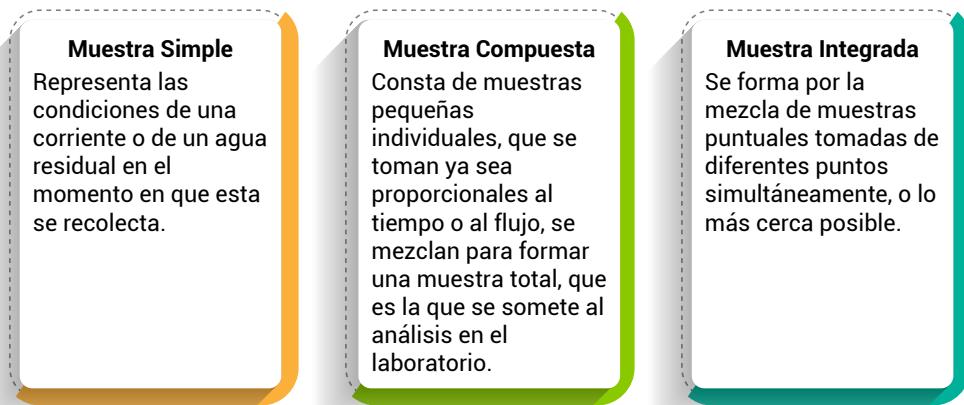
Para seleccionar el tipo de muestra que se tomará en cada punto, se seguirán las recomendaciones establecidas en la Norma INEN 2176:2013 Agua - Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Considerando el sitio de muestreo con las situaciones específicas que se presenten.

La caracterización de un sistema hídrico supone la identificación de los contaminantes presentes en él mismo y su cuantificación. Para ello, normalmente no se analiza el total del sistema estudiado sino un volumen finito del mismo que se denomina muestra. En la toma de muestras deben distinguirse tres aspectos fundamentales: representatividad de la muestra, frecuencia del muestreo y conservación de la misma (INEN 2176:2013).

Una muestra de agua se toma y analiza con la finalidad de brindar información del estado del cuerpo de agua en el momento del muestreo. Una muestra no representativa da resultados irreales del tipo y cantidad de los contaminantes presentes e incidir en la toma de decisiones respecto a su gestión, la representatividad de una muestra permite que

las propiedades determinadas en la misma puedan ser extrapolables al total del sistema hídrico del que procede (Sierra, 2011). Con relación a su representatividad, existen fundamentalmente tres tipos de muestras, las cuales se muestran en la figura 26.

Figura 26.
Tipos de muestras de agua.



Nota. Adaptado de Sierra, (2011).

3.4.3. Actividades previas al muestreo

De acuerdo INEN 2176, (2013), antes de realizar una salida de campo, se deben efectuar todos los preparativos necesarios, para asegurar el éxito de la jornada, dependiendo del consultor ó técnico de muestreo y de su equipamiento se debería:

- Preparar los equipos y materiales de muestreo.
- Verificar la limpieza de todos los envases para la toma de muestras.
- Verificar la existencia y buen estado de los patrones de calibración para trabajos de campo.
- Revisión operacional de los equipos de muestreo.
- Mapa de la zona de estudio con la localización de los puntos de muestreo y vías de acceso.

Antes de efectuar una jornada de muestreo se debe preparar el material y los equipos que se van a emplear durante el muestreo, así como también los elementos de protección necesarios, en la UTPL se cuenta con un Laboratorio de Agua acreditado por el SAE (poner qué significa), donde se realizan actividades de análisis y toma de muestras de agua, en la tabla

10 se muestra el *check list* de materiales y equipos del laboratorio que se deben considerar para las tomas de muestras de agua en campo.

Tabla 10.

Check-List de materiales y equipos de muestreo.

EQUIPOS
<ul style="list-style-type: none">■ GPS.■ Termo higrómetro.■ Turbidímetro portátil.■ Multiparámetro Multímetro HACH HQ 40d – B.■ Molinete digital.■ Sonda para la medición de pH.■ Sonda para la medición de Conductividad eléctrica.■ Sonda para la medición de Oxígeno disuelto HACH OD-LDO101.■ Agua destilada para la limpieza de los electrodos y sondas.
MATERIALES
<ul style="list-style-type: none">■ Registro de muestreo (ver figura 28).■ Etiquetas para recipientes (Grandes y Pequeñas).■ Recipientes plásticos (Parámetros Físico-Químicos).■ Recipientes ámbar (Metales pesados y pesticidas).■ Recipientes esterilizados (Parámetros Microbiológicos).■ <i>Cooler</i>.■ Rotulador permanente.■ Papel aluminio.■ Pilas.■ Ligas.■ Cinta de embalaje.■ Medidor de caudal.■ Muestreador metálico.■ Esponjas para proteger recipientes ámbar.■ Soga de 30 metros.■ Cinta métrica.■ Piquetes.
ELEMENTOS DE SEGURIDAD PERSONAL
<ul style="list-style-type: none">■ Guantes de nitrilo.■ Mandil blanco.■ Mascarillas.■ Lentes de seguridad.■ Botas.■ Chompa impermeable.■ Alcohol portable.

3.4.4. Tipo de recipientes para muestreo y volumen de muestras

Los recipientes para la toma de muestras, se seleccionarán de acuerdo al tipo de muestra y/o cantidad, parámetro y método de análisis. En todos los casos debe asegurarse que el envase se encuentre limpio, pero debe prestarse especial atención a no lavarlo con detergentes o hipoclorito de sodio (lavandina), el envase debe ser enjuagado con agua destilada. Aunque se trate de un envase nuevo o reutilizado, previo a la toma de la muestra, deberá enjuagarse por lo menos tres veces con el agua a muestrear (INEN 2176:2013). En la tabla 11 se muestran los diferentes envases empleados durante la toma de muestras de agua.

Tabla 11.

Envases para toma de muestras de agua.

Envase	Uso	Características
	Determinación de parámetros físico-químicos.	Botellas plásticas de 2 litros de capacidad.
	Determinación de metales pesados, pesticidas e hidrocarburos.	Recipiente de vidrio borosilicato color ámbar de 1 litro de capacidad.
	Determinación de parámetros microbiológicos.	Recipientes esterilizados de plástico de 250 ml de capacidad.

Nota. Stanislav
Trushkin|shutterstock.com

Nota. Pavel
Aleks|shutterstock.com

Nota. Adaptado de Sierra, (2011).

3.4.5. Actividades durante la jornada de muestreo

Se debe tener presente que el muestreo es el primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua, por lo que los técnicos responsables del muestreo deben garantizar los procedimientos seguidos que consecuentemente dan validez a los resultados. En este sentido, la muestra debe ser representativa como se mencionó anteriormente, para esto la toma de muestras debe realizarse con mucho cuidado a fin de garantizar que el resultado analítico represente la composición real de la fuente de origen (Sierra, 2011).

3.4.6. Identificación del punto de muestreo

Es necesario identificar adecuadamente el punto de muestreo, en la figura 28 se muestra un formato que se maneja en el Laboratorio de Agua de la UTPL para registrar la información que permite identificar la localización del punto de muestreo. Los datos a registrar en campo son: identificación del punto de muestreo, coordenadas del punto de muestreo (latitud, longitud y altitud, leídas con el GPS), fecha y hora del muestreo.

Se deben señalar también las condiciones climatológicas durante la toma de muestra (temperatura ambiente y % de humedad, medidas con el termohigrómetro) e indicar el nombre del responsable del muestreo; adicionalmente se recomienda tomar fotografías de cada sitio de muestreo.

Figura 27.*Ejemplo de registro de muestreo.*

 UTPL	Universidad Técnica Particular de Loja REGISTRO DE MUESTREO LABORATORIOS UTPL	CÓDIGO: R.7.3.2 VERSIÓN: 5 FECHA: 11-06-2019 Página 1 de 2 ELABORADO POR: Mercedes Villa Achupallas REVISADO Y APROBADO POR: José Miguel Guarnán Carapaguay
---	--	--

Proyecto/Cliente: _____

Nombre del Responsable del muestreo: _____

A. INFORMACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:

Fecha de muestreo: _____ Hora de muestreo: _____

LOCALIZACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:		CROQUIS:
Altitud (mnm):		
Latitud (UTM):		
Longitud (UTM):		

B. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código de la muestra:	
Matriz:	Agua Natural () Agua de Consumo () Agua Residual () Otros () Especifique: _____
Tipo de muestra:	Simple () Compuesta ()

C. PARÁMETROS DE MEDICIÓN IN SITU:

Temperatura del agua (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Saturación OD (% Saturación)	pH	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Turbiedad (NTU)

D. CONDICIONES CLIMÁTICAS:

Temperatura Ambiente (°C)	Humedad Relativa (%)	Clima

E. OBSERVACIONES:**3.4.7. Rotulado e identificación de la muestras**

Los recipientes que contienen las muestras serán marcados de una manera clara y permanente, de tal forma que en el laboratorio permita la identificación sin error. En el momento de muestreo se etiquetará cada muestra, indicando: fecha y hora de muestreo, nombre de la persona que tomó la muestra, tipo de muestra (Sierra, 2011). Para esto cada uno de los recipientes deberá presentar de forma clara toda la información solicitada mediante etiquetas como la que se muestra en la figura 28 que se usa en laboratorios UTPL.

Figura 28.

Ejemplo de etiqueta de identificación de cada muestra.

 UTPL UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA Laboratorios	Universidad Técnica Particular de Loja IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS LABORATORIOS UTPL
Nro. de Muestra: _____	
Fecha y hora: _____	
Tipo de muestra: Simple (<input type="checkbox"/>) Compuesta (<input type="checkbox"/>)	
Sitio de muestreo: _____	
Responsable del muestreo: _____	

3.4.8. Procedimientos de toma de muestra

Existen diferentes fuentes de agua, entre ellas están las fuentes de agua superficiales que se refiere a ríos, arroyos, canales, represas, lagos, vertientes, etc., fuentes subterráneas, sistemas de abastecimiento y vertidos residuales e industriales, entre otros. Por lo tanto, el procedimiento de muestreo está en función de la fuente que se vaya a muestrear, y se basan en la *norma NTE INEN 2 176:2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*, que indica que para asegurar que la muestra sea lo más representativa posible del total, se debe considerar que:

Cualquiera que sea la fuente de agua, previo a la toma de la muestra, se enjuaga el envase por lo menos dos a tres veces con el agua a muestrear, el agua de enjuague se devolverá aguas debajo del lugar en que se toma la muestra para evitar cualquier mínima alteración.

Se debe medir in-situ los parámetros de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez y temperatura (si así se tiene previsto).

Le invito a profundizar sus conocimientos acerca del procedimiento de toma de muestras.

3.4.8.1. Muestra de aguas superficiales

Durante la toma de muestras en ríos, vertientes, arroyo, canal, etc., se debe considerar lo siguiente:

- a. Evitar zonas de embalse o turbulencias no característicos del cuerpo de agua, a menos que sean el objeto de la evaluación.
- b. Seleccionar una zona accesible y donde el río esté lo más regular posible (orillas rectas), y uniforme en profundidad.
- c. Evitar tomar muestras en sitios muy cercanos a la pared u orilla del cuerpo de agua (por ejemplo, tanques de aeración, canales o tanques de sedimentación).
- d. Se debe muestrear en sitios donde el agua se encuentre en circulación. Nunca es recomendable muestrear donde se encuentra estancada.
- e. Cuando sea posible ingresar a la fuente, el muestreador se ubicará en el centro de la sección transversal del cauce, en dirección contraria a la corriente del río.
- f. Para la toma de muestras se deberán sumergir los frascos con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm y girarlos para tomar la muestra.
- g. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, se utilizará el muestreador metálico de manga larga para la toma de muestras.
- h. Durante la toma de la muestra es importante que el recipiente no toque el fondo del cuerpo muestreado, para evitar contaminación por los sedimentos revueltos.
- i. En canales es recomendable tomar la muestra en el centro del canal y cerca de la superficie, debido a que en este punto la velocidad es mayor y por consecuencia hay menor asentamiento de sólidos.
- j. Los recipientes deberán ser abiertos a contracorriente, evitando que el agua toque las manos o algún instrumento antes de entrar al recipiente.

3.4.8.2. Muestra de agua potable

- a. Para la toma de una muestra de agua potable o de una red de abastecimiento, una vez identificados los puntos de muestreo, se abrirá el grifo y se dejará que el agua corra durante 5 minutos como mínimo.
- b. El ramal donde se encuentre el grifo debe ser el principal, proveniente de la red, y no debe estar conectado en el trayecto con otras tuberías que puedan alterar la calidad del agua del ramal principal.
- c. Antes de tomar la muestra se debe retirar del grifo o boca de salida las mangueras u otros accesorios, y de limpiarlo tratando de eliminar sustancias acumuladas en el orificio interno de salida del agua y en el reborde externo, dejando correr el agua libremente para arrastrar cualquier residuo.
- d. Despues de dejar correr el agua, se cierra perfectamente el grifo para esterilizarlo. Se esteriliza el grifo, limpiándolo con un hisopo de alcohol.
- e. Se abre con cuidado y se deja salir el agua durante medio minuto en forma tal que el chorro no sea intenso. Sosteniendo el frasco por la parte inferior se destapa cuidadosamente. Evitando todo contacto de los dedos con la boca del frasco, se llena y se tapa.

Estimado/a estudiante, le animo a completar las actividades recomendadas descritas a continuación.



Actividad de aprendizaje recomendada

Para comprender de mejor manera el procedimiento descrito, le invito a revisar el siguiente video en el que se habla sobre los materiales de muestreo y se [toma una muestra de agua potable](#). Le invito posteriormente a realizar el ejercicio de tomar una muestra de agua con ayuda de una botella plástica, siguiendo el procedimiento indicado en el video y en el apartado 3.4.8.1 de esta guía didáctica, recuerde que en el ejercicio de su vida profesional, la toma de muestras es una actividad frecuente en varios proyectos de consultoría.

3.4.8.3. Muestra de agua residual

- a. Para la toma de muestras de agua residual, se localizará el último pozo de descarga de aguas residuales, a fin de que sea representativo de la calidad final de ese vertido.
- b. La toma de muestras se realizará con ayuda del muestreador metálico para evitar el contacto directo entre el personal muestreador y el vertido, el muestreador al igual que el envase deberá ser enjuagado previamente dos o tres veces con el agua a muestrear.
- c. Se deberá evitar en todos los casos tocar las paredes y fondo para evitar el arrastre de sólidos no representativos. De igual modo se adoptarán las cautelas necesarias en caso de presencia de sólidos flotantes que puedan alterar la muestra.
- d. El envase se llenará evitando en lo posible la acumulación de oxígeno en su interior.

Para garantizar la seguridad del personal de muestreo en situaciones de riesgo asociadas al mal tiempo se deberán observar las precauciones pertinentes, como realizar el muestreo en brigadas de al menos dos personas y portar siempre el equipo de seguridad adecuado.

Finalmente, cuando se trate de muestreos periódicos o de control debe tratar de extraerse la muestra siempre en el mismo lugar.

3.4.9. Manejo, conservación y transporte de la muestra

Para el manejo y conservación de las muestras que serán analizadas en laboratorio se aplicarán las técnicas y precauciones para conservar y transportar las muestras de agua para análisis físicos y químicos. De esta forma se evitarán cambios o variación en parámetros tales como el pH y la conductividad, los hidrocarburos y los metales pesados. Para ello se seguirán todas las recomendaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

Por lo tanto, cada una de las muestras tomadas se colocará en un cooler con control de temperatura entre 4 y 10°C para su refrigeración. De ser necesario se realizará la adición de conservantes directamente a la

muestra luego de recolectada o adicionando al recipiente cuando aún está vacío. Estos conservantes no interferirán en la determinación analítica de los parámetros.

En general, es necesario acondicionarlas con conservadores de frío, ya que algunas especies químicas (nitratos, nitritos y en menor medida los sulfatos) pueden sufrir transformaciones por acción microbiana. También deben mantenerse al resguardo de la luz, procurando transportarlas lo más rápido posible al laboratorio.

Para los envases de vidrio antes de colocarlos en el *cooler* se deben proteger con una esponja para que durante su transporte el envase no se fisure y evitar la pérdida de muestra.



Semana 11

Conocemos ya los procedimientos establecidos para realizar la toma de muestras de agua y las sugerencias para asegurar que la muestra sea representativa, justamente esto es de gran importancia al momento de analizarla en un laboratorio. La selección y tipo de parámetros a analizar es lo que abordaremos a continuación, para esto le invito a leer comprensivamente los apartados que desarrollamos a continuación.
¡Comencemos!

3.5. Indicadores de calidad del agua

La calidad del agua de un recurso hídrico depende del uso que se le quiera dar y ésta, a su vez, está determinada por los diferentes parámetros que caracterizan su calidad. Los parámetros de calidad varían en importancia dependiendo el tipo de uso. Así, por ejemplo, los problemas y, por tanto, los criterios, en el uso del agua para la agricultura están relacionados principalmente con la salinidad, los metales pesados, los nutrientes, los sólidos suspendidos y los patógenos (Sierra, 2011).

Los parámetros de calidad del agua están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos (figura 12). Como se puede intuir existen muchos parámetros, muchas formas y varios métodos para medir dichos parámetros. Para obviar estos problemas, las agencias internacionales

encargadas de vigilar y estudiar la calidad del agua han estandarizado (unificado) los criterios y los métodos para realizar los análisis del agua en el laboratorio. La publicación que recopila la metodología de laboratorio se titula: Standard Methods for Water and Wastewater Examination (Sierra, 2011).

Tabla 12.

Indicadores de calidad del agua.

Indicadores Físicos	Indicadores Químicos	Indicadores Biológicos
Temperatura	pH	Coliformes fecales
Turbidez	DBO	Coliformes totales
Color	DQO	Salmonella
Olor	Nitratos	Escherichia coli
Sabor	Nitritos	
Sólidos suspendidos	Fosfatos	
Sólidos sedimentales	Sulfatos	
	Cianuros	
	Oxígeno disuelto	
	Cloro Libre Residual	
	Aceites y grasas	
	Tenso activos	
	Conductividad Eléctrica	
	Sólidos disueltos	
	Metales pesados	
	Pesticidas	
	Hidrocarburos	

Nota. Adaptado de: MAE (2015); Sierra, (2011), INEN (2014) y Chacón (2016).

Reforcemos juntos su aprendizaje conociendo más acerca de los indicadores físicos, químico y biológicos:

3.5.1. Indicadores físicos

Corresponden a aquellos parámetros que se pueden apreciar por medio de los sentidos, se conocen también como indicadores organolépticos y por ejemplo los indicadores de olor y sabor se valoran como agradable o desagradable. Otros parámetros se expresan en unidades específicas como es el caso del color (UPtCo – unidades de platino-cobalto), turbidez (NTU – Unidades nefelométricas de turbidez), en el caso de los sólidos se expresan en (mg/l – miligramo por litro) (Sierra 2011; MAE, 2015).

3.5.2. Indicadores químicos

Se refiere a todos aquellos parámetros que se encuentran regularmente disueltos en el agua y para cuya determinación se siguen técnicas de análisis espectrofotométricas, volumétricas, respirométricas, entre otros. Uno de los indicadores de calidad de agua que permite valorarla como buena o mala es el oxígeno disuelto el cual se puede expresar en mg/l ó % Sat. OD (porcentaje de saturación de oxígeno disuelto), regularmente valores altos indican un agua de buena calidad. La DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y la DQO (Demanda química de oxígeno), se expresan en mg/l y son indicadores de materia orgánica, regularmente estos parámetros son más altos en aguas residuales. En el caso de la DBO se conoce la DBO_5 y la DBO_{20} , los subíndices indican el número de días que se requieren para su determinación, regularmente cuando no lleva este subíndice se refiere a la DBO_5 . La DBO hace referencia a la cantidad de oxígeno que se requiere para degradar biológicamente la materia orgánica. El pH (Potencial hidrógeno) es adimensional (es decir no tiene unidad) y es un parámetro que guarda relación con la acidez, alcalinidad o neutralidad del agua, en este caso, aguas potables son consideradas neutras a pH entre (6,5 – 8), valores por debajo de 6,5 indican un agua ácida mientras que valores superiores a 8 indican un agua alcalina. En el caso de la conductividad eléctrica se expresa en $\mu\text{s}/\text{cm}$ (microsiemens por centímetro) (Sierra, 2011; Menénez y Pérez, 2007; Chacón, 2016; Navas, 2017; MAE, 2015 y INEN 2015).

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación:



Actividad de aprendizaje recomendada

Para profundizar en este tema le invito a revisar el siguiente recurso en el que se definen [indicadores químicos de calidad del agua](#) que se usan con regularidad. Evalúe la información disponible en el enlace y realice un resumen que le permita fortalecer su aprendizaje e identificar las diversas relaciones existentes entre indicadores como la de DBO, temperatura y oxígeno disuelto; justamente el conocer estos indicadores, fortalecerá su comprensión del tema.

3.5.3. Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos centra su estudio en el grupo coliformes que están dados por bacterias gram negativas aerobias y anaerobias, regularmente presentes en las heces y consecuentemente en aguas de escorrentía de zonas ganaderas y aguas residuales urbanas. La presencia de estos parámetros en el agua indica que es un agua que requiere ser desinfectada ya que puede dar lugar a enfermedades como salmonelosis (Torres y de Navia, 2010).

3.6. Índice de Calidad del Agua

El índice de calidad del agua (ICA), hace referencia a un valor entre 0 y 100 que permite valorar un agua como de mala o excelente calidad. Existen diferentes metodologías de cálculo, una de las más empleadas es el índice de la NSF-WQI (National sanitation foundation – Water quality index), esta metodología fue propuesta por Brown y otros expertos de la fundación de sanidad nacional de USA, en 1970 es la más utilizada hoy en día. Este índice considera nueve parámetros para determinar el ICA (Pradana y García, 2019). En la tabla 13 se muestran los indicadores para este cálculo.

Tabla 13.

Indicadores de calidad del agua para ICA – Método NSF-WQI.

Parámetro	Unidad	Wi
OD	% Sat	0,17
pH	-	0,11
DBO ₅	mg/l	0,11
Nitratos	mg/l	0,10
Coliformes fecales	UFC/100 ml	0,16
Δ Temperatura	°C	0,10
Fosfatos	mg/l	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos totales disueltos	mg/l	0,07

Nota. Adaptado de Pradana y García, (2019). (Wi) corresponde al peso asignado para cada parámetro en este método.

La determinación del ICA se realiza mediante la ecuación (5) la cual considera un promedio geométrico ponderado donde cada parámetro tiene un peso asignado (W_i) definido en la tabla 11. En este contexto cabe mencionar que los pesos dados tienen un sesgo hacia la salud pública, pues están basados en el uso de agua para consumo humano (Pradana y García, 2019).

$$ICA = \sum Q_i * W_i \text{ Ecuación (5)}$$

Para interpretar el valor obtenido en el cálculo del ICA, tome como referencia lo indicado a continuación en la tabla 14.

Tabla 14.
Evaluación de valores del ICA.

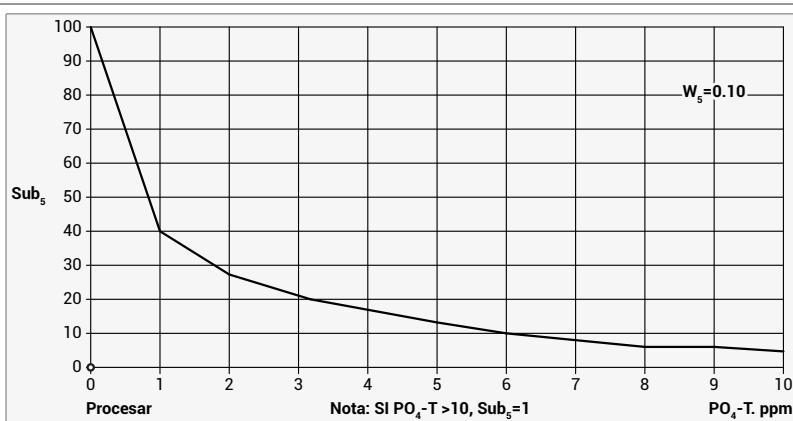
ICA	Valoración	Color de referencia	Descripción
91 - 100	Excelente		Agua apta para consumo humano
71 - 90	Buena		Agua aceptable para uso agrícola
51 - 70	Media		Agua aceptable para vida acuática
26 - 50	Mala		Agua contaminada
0 - 25	Muy mala		Agua fuertemente contaminada

Nota. Adaptado de Pradana y García, (2019).

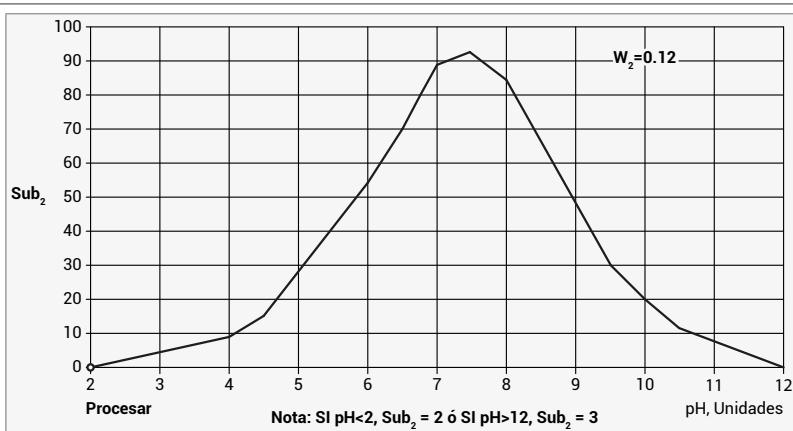
En la ecuación 5, la variable (Q_i) corresponde a un indicador de calidad en función de cada parámetro a evaluar, este valor se obtiene a partir de ábacos predefinidos en esta metodología de acuerdo con la concentración del parámetro en el agua. En la siguiente tabla, se muestran los ábacos indicados.

Tabla 15.
Ábacos para determinación del ICA.

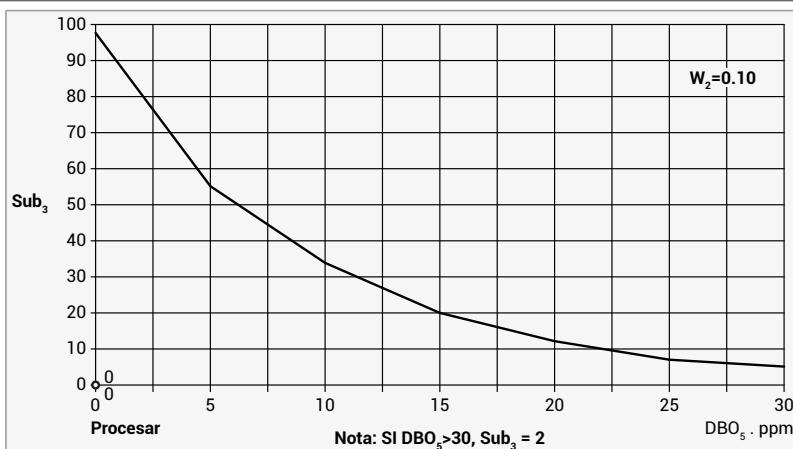
a. Fosfatos



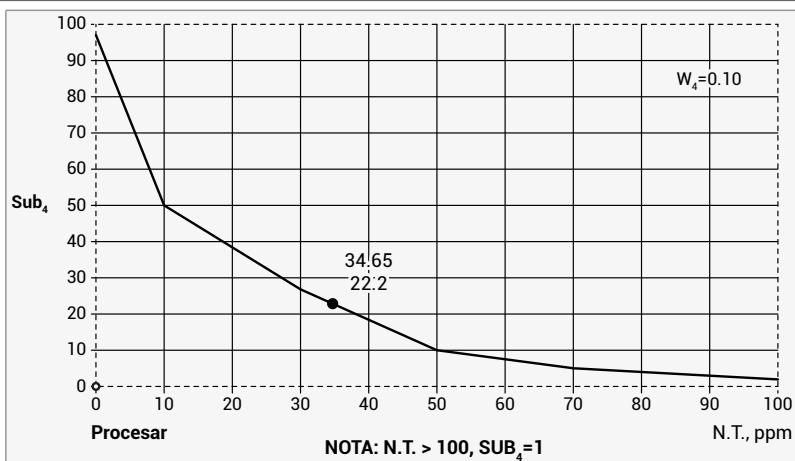
b. pH



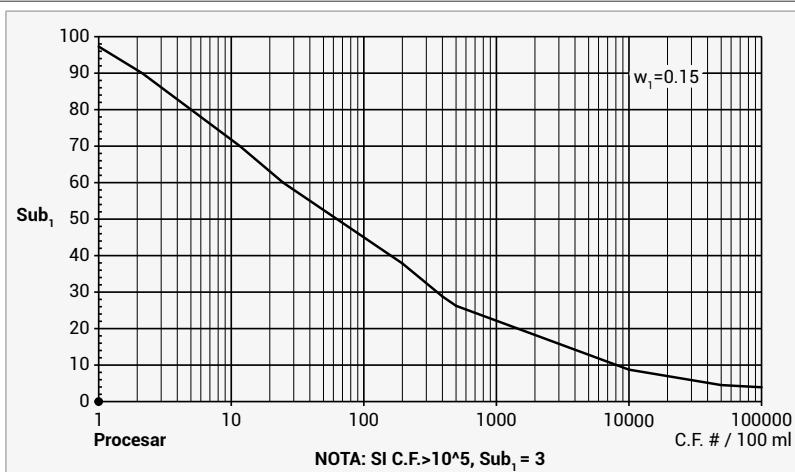
c. DBO₅



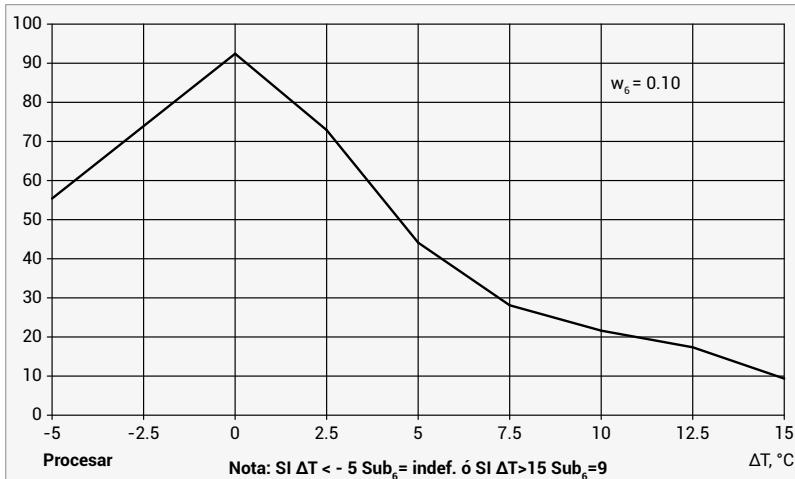
d. Nitratos



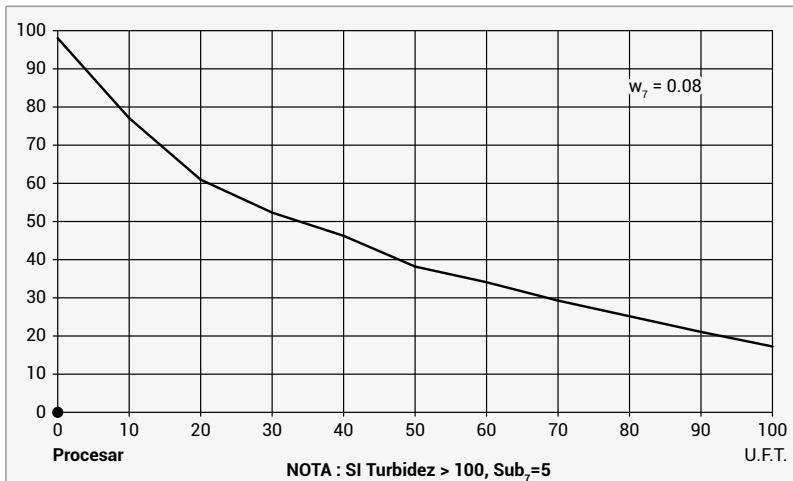
e. Coliformes fecales



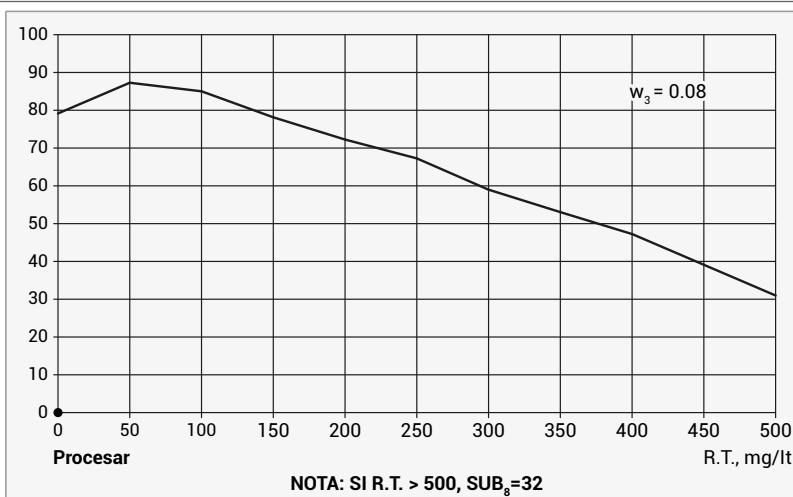
f. Variación de temperatura



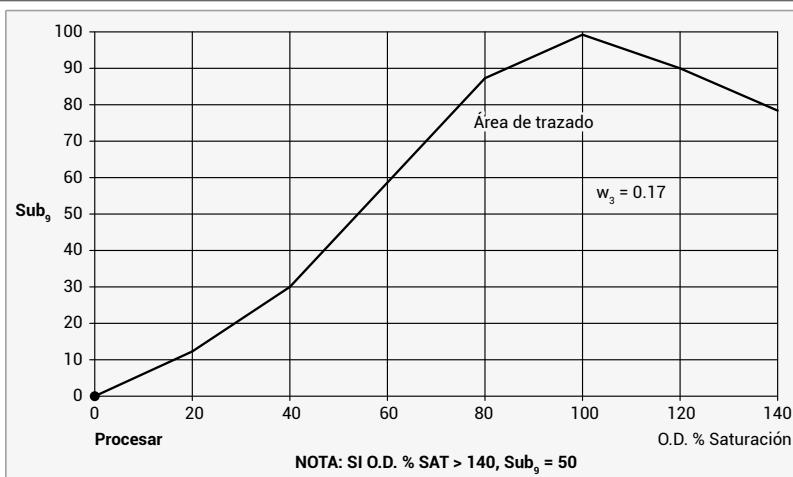
g. Turbidez



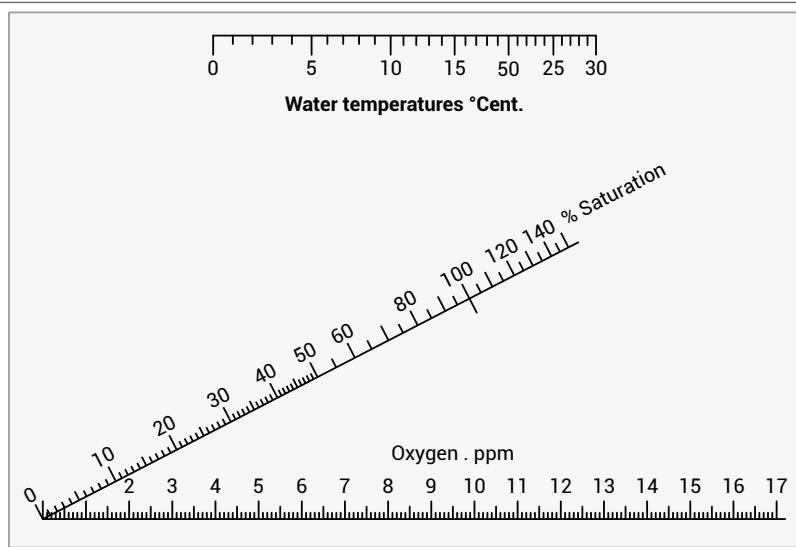
h. Sólidos totales



i. Oxígeno disuelto



- j. Conversión de unidades de OD de mg/l a %Sat OD



Nota: Tomados de Aguirre et al., (2016).

Cada una de estas figuras, permite identificar el indicador de calidad de cada parámetro, en función de la concentración del mismo en el agua.

3.7. Cálculo del ICA

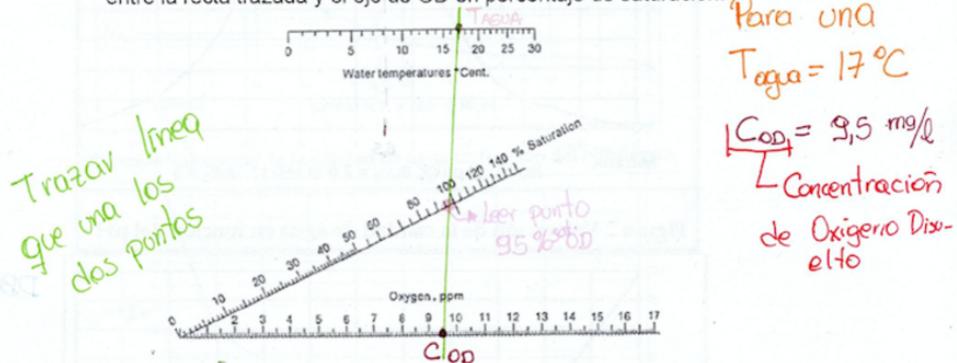
Determina el ICA de un cuerpo de agua cuya caracterización se muestra a continuación en la tabla 16.

Tabla 16.
Caracterización de muestra de agua.

Parámetro	Unidad	Concentración
OD	mg/l	9,5
pH	-	6,5
DBO ₅	mg/l	180
Nitratos	mg/l	45
Coliformes fecales	UFC/100 ml	15000
Temperatura del agua	°C	15,7
Temperatura Ambiente	°C	25
Fosfatos	mg/l	7,3
Turbidez	NTU	45
Sólidos totales disueltos	mg/l	400

1. Para resolver este ejercicio, debemos iniciar analizando la información con que se cuenta, una de las primeras observaciones es notar que la unidad de expresión del oxígeno disuelto no corresponde a la unidad del ábaco, por lo que con ayuda de la figura 31-j se realiza la conversión de unidades. Para esto, se debe ubicar los puntos de temperatura del agua y concentración de OD en mg/l en las líneas horizontales como corresponde, luego se traza una línea que une los dos puntos y el valor convertido esta dado por la intersección con la línea oblicua del ábaco.
2. De este procedimiento, se determina que la concentración de oxígeno disuelto corresponde a 95 % de Sat de OD.
3. Con ayuda de cada uno de los ábacos, localice el punto de la concentración del parámetro correspondiente en la línea del eje horizontal, desde este punto trace una línea vertical que interseque con la curva y desde dicha intersección trace una línea horizontal que interseque con el eje vertical y que corresponderá al valor de (Q_i) de cada indicador. A continuación se muestra este procedimiento en la siguiente secuencia gráfica.
4. Recuerde repetir este procedimiento en cada uno de los ábacos.
5. Es necesario considerar que en cada ábaco se identifica una nota final que hace referencia a los límites en concentración, en el caso del DBO5 por ejemplo, el ábaco acepta valores inferiores a 30 mg/l, en el caso del ejercicio propuesto la concentración es de 180 mg/l lo cual supera este valor, y donde se debe tomar la referencia que indica que para valores de DBO superiores a 30, el indicador de calidad (Q_i ó l_i) es de 2.
6. Siguiendo con estas particularidades, no olvide que el cálculo del ICA toma como referencia la variación de temperatura entre el ambiente y el agua, por lo que previo al uso del ábaco debe determinar dicha variación, en función de este valor ingresa en el eje de las X la diferencia de temperatura para obtener hacia el eje de las Y el indicador de calidad Q_i por parámetro.
7. Todo el procedimiento descrito en los pasos anteriores, se muestra gráficamente a continuación.

- =Hg iv. Determine la concentración de oxígeno disuelto (OD) como porcentaje de saturación a partir de la concentración de OD en mg/lit y de la temperatura del agua, para esto trae una línea recta a partir del punto que indica la temperatura del agua dada en su ejercicio, hasta el punto que indica la concentración de OD en (mg/l ó ppm) dada en el ejercicio. La concentración de OD (% Sat) estará dada al leer el punto de intersección entre la recta trazada y el eje de OD en porcentaje de saturación.



- v. Determine la variación de la temperatura ($\Delta T = T_{\text{ambiente}} - T_{\text{agua}}$)
 vi. Con la ayuda de los ábacos, determine el índice de calidad, (I_i) en función de la concentración de cada parámetro.

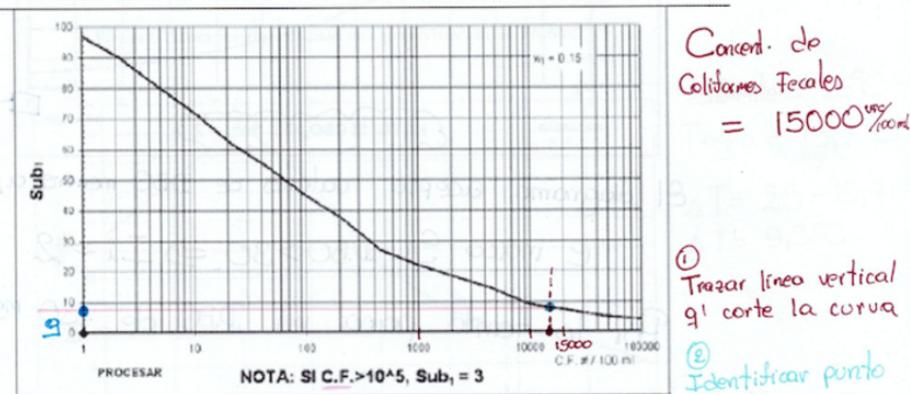


Figura 1 Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

- ④ Identificar punto de intersección en el eje y leer I_i según escala
- 4

* Repetir pasos con cada parámetro en su respectivo diagrama.

$$\text{pH} = 6,5$$

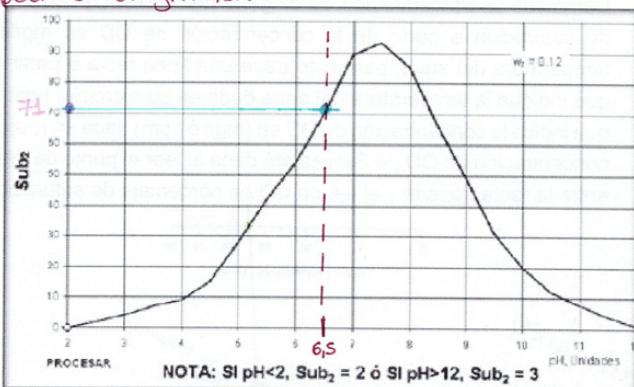
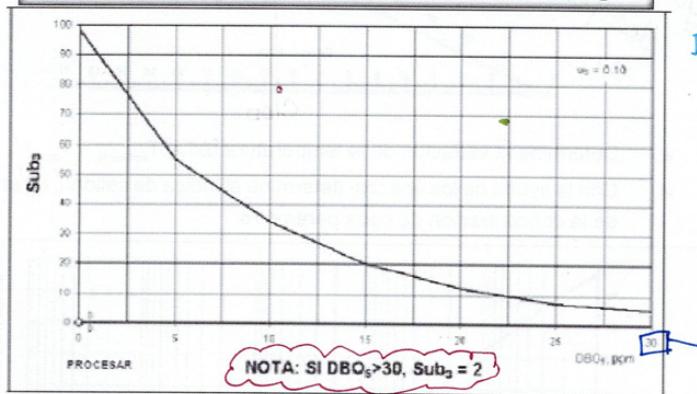


Figura 2 Valoración de la calidad de agua en función del pH



$$\text{DBO}_5 = 180 \text{ mg/l}$$

El diagrama acepta valores de DBO menores a 30 mg/l

e indica Sí DBO > 30 $\Rightarrow I_i = 2$

Por lo tanto para mi DBO de 180 mg/l $\Rightarrow I_i = 2$

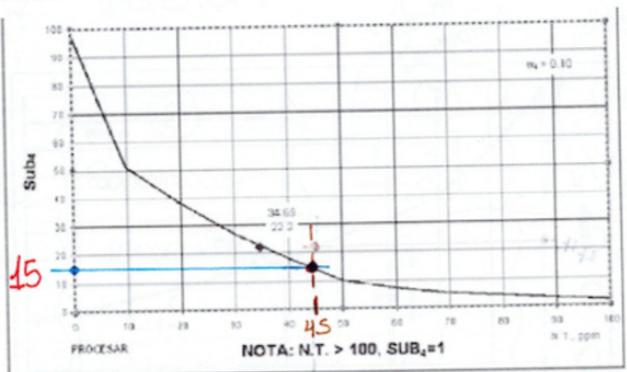


Figura 4 Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno

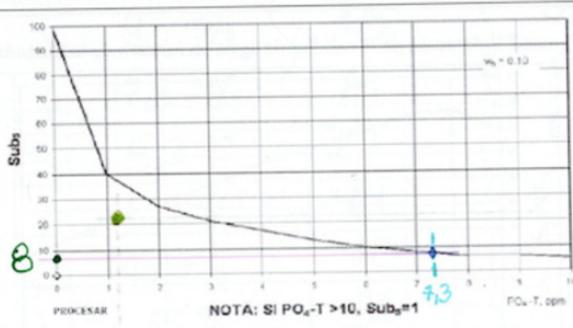


Figura 5 Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo

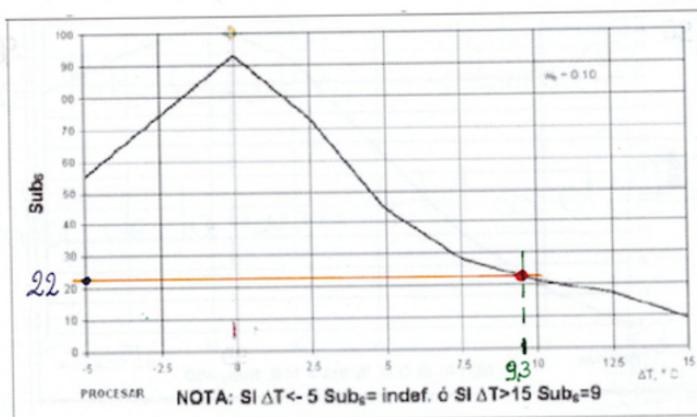
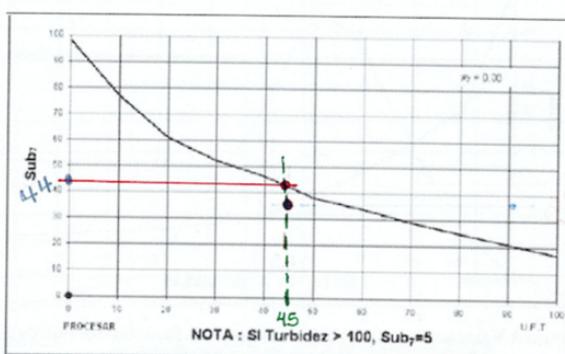
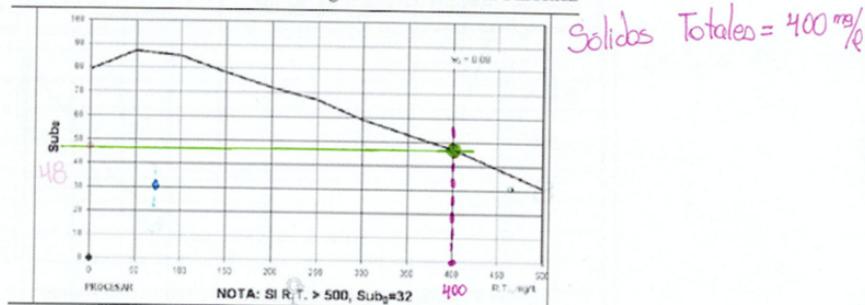


Figura 6 Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura

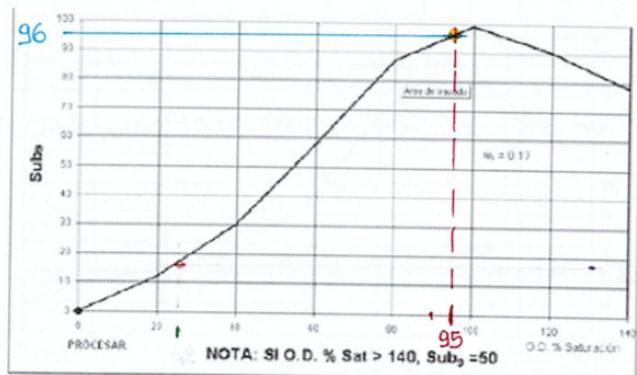


$$\text{Turbidez} = 45 \text{ NTU}$$

Figura 7 Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez



$$\text{Sólidos Totales} = 400 \text{ mg/l}$$



$$\% \text{ de Saturación de Oxígeno Disuelto} = 95$$

Una vez que cuente con todos los valores que (Q_i), debe proceder a multiplicar los valores de $(Q_i) * (W_i)$. Para determinar el ICA debe sumar todos los valores obtenidos de este producto.

Tabla 17.*Resumen de resultados.*

Parámetro	Unidad	Concentración	Wi	Qi	(Wi*Qi)
OD	% Sat	95	0,17	96	16,32
pH	-	6,5	0,11	71	7,81
DBO ₅	mg/l	180	0,11	2	0,22
Nitratos	mg/l	45	0,10	15	1,5
Coliformes fecales	UFC/100 ml	15000	0,16	9	1,44
Δ Temperatura	°C	9,3	0,10	22	2,2
Fosfatos	mg/l	25	0,10	8	0,8
Turbidez	NTU	7,3	0,08	44	3,52
STD	mg/l	45	0,07	48	3,36
ICA = $\Sigma Qi*Wi = 37,17$					

Para este ejercicio, el ICA obtenido es de 37,17 lo que corresponde al rango entre (25 – 50) para aguas de mala calidad.

Hemos llegado al final de la tercera unidad de nuestro componente, es hora de verificar su aprendizaje desarrollando la siguiente autoevaluación.



Autoevaluación 3

Estimado estudiante, para cada una de las afirmaciones que se presentan a continuación, sírvase seleccionar la respuesta correcta.

1. Para considerar un agua como contaminada lo más importante a tener en cuenta es:

- a. La concentración de sustancias disueltas.
- b. La acidez.
- c. El uso que se le va a dar.
- d. La conductividad.

2. De acuerdo con el ICA de un agua de 65, se considera:

- a. Agua de mala calidad.
- b. Agua apta para consumo humano.
- c. Agua que se puede usar para consumo humano previa desinfección.
- d. Agua que se puede usar para consumo humano previo tratamiento convencional.

3. La conductividad del agua es un parámetro que mide:

- a. La capacidad de un agua para conducir la electricidad causada por los sólidos coloidales presentes.
- b. La capacidad de un agua para conducir la electricidad, siendo esto un indicador de la cantidad de sales disueltas.
- c. La capacidad de un agua para conducir la electricidad, siendo esto un indicador de la cantidad de moléculas orgánicas.

4. La DB05 y la DQO, son indicadores de la presencia de:

- a. PCBs.
- b. Metales pesados.
- c. Pesticidas y otros contaminantes orgánicos.
- d. Materia orgánica

- 5. Niveles altos de oxígeno disuelto OD > 8mg/l indican aguas de:**
- a. Buena calidad.
 - b. Mala calidad.
 - c. Calidad regular.
- 6. El sistema de alcantarillado pluvial recolecta aguas:**
- a. Residuales.
 - b. Lluvia y residuales conjuntamente.
 - c. Lluvia.
- 7. Ordene cronológicamente las actividades que se siguen para la toma de muestras de agua superficial.**
-
- 1 Ubicarse de ser posible en el centro del río, en dirección contraria al flujo.
 - 2 Seleccionar un tramo recto del río
 - 3 Llenar el recipiente con la muestra de agua, tapar el recipiente e identificarlo adecuadamente.
 - 4 Con el agua del río homogeneizar el recipiente.
 - 5 Colocar el recipiente en un espacio adecuado para su traslado a 5°C para garantizar su conservación.
-

8. Relacione el parámetro con la unidad en que se mide.

PARÁMETRO	UNIDAD
a. Turbidez	_____ uS/cm
b. Conductividad eléctrica	_____ UFC/100ml
c. Oxígeno disuelto	_____ mg/l
d. pH	_____ NTU
e. Sólidos totales	_____ Adimensional
f. Coliformes fecales	_____ % Sat.

Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

9. () **El agua se renueva y recicla continuamente mediante el ciclo hidrópico del agua.**
10. () **En fuentes de agua natural que no han sido contaminadas es común encontrar concentraciones altas de DBO.**

[Ir al solucionario](#)



Unidad 4. Tratamiento de vertidos

Estimados/as estudiantes, bienvenidos/as a la semana 12 de nuestro componente, esta semana iniciaremos la cuarta unidad en la que abordaremos el tema de tratamiento de aguas. Este tema es de gran aplicación a nivel profesional, principalmente por las actividades de evaluación a instalaciones municipales o industriales que generan vertidos propios de su actividad que deben ser gestionados y tratados adecuadamente.

Por esta razón, es necesario que usted conozca y analice la problemática derivada de la inadecuada gestión de residuos con la finalidad de proponer medidas de gestión adecuadas para controlar, minimizar y tratar estos problemas.

Las aguas residuales constituyen el factor de mayor contaminación tanto para las aguas marinas costeras como para el resto de fuentes de agua superficial, así como para el suelo y las aguas subterráneas, debido al contenido de materia orgánica que tienen y a la presencia de organismos patógenos que son eliminados por las personas portadoras o por los animales y, por otro lado, la contaminación química que afecta la salud de la población en el corto, mediano o largo plazo. Hemos mencionado que los ecosistemas acuáticos que presentan contaminación de cualquier tipo están enfermos y que de su salud depende el bienestar de los seres vivos que habitan en él (Lazcano-Carreño, 2016), este mismo autor explica los objetivos del tratamiento de vertidos que se muestran a continuación:

1. Reducir la carga orgánica del desagüe en términos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) o demanda química de oxígeno (DQO).
2. Remover o reducir los nutrientes: N, P, a fin de evitar la infiltración en el subsuelo que contamine las aguas subterráneas o evitar el crecimiento acelerado de las algas que podrían ocasionar problemas de eutrofización en las aguas receptoras.

3. Remover o inactivar a los organismos patógenos, incluyendo las formas parasitarias (huevos de helmintos, quistes de protozoarios, etc.).
4. Cumplir con las normas o reglamentos legales que permiten el uso de las aguas residuales, vertimiento a la red de alcantarillado de aquellas aguas residuales no domésticas y vertimiento a las fuentes de agua o aguas marinas.

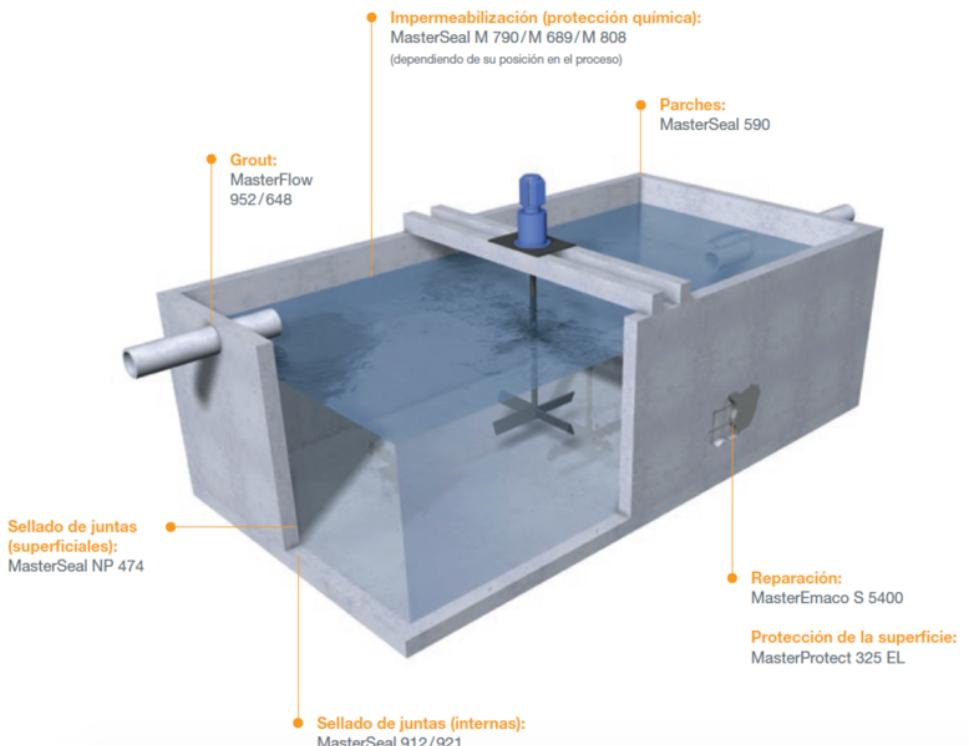
4.1. Pretratamiento

Como el nombre lo indica, el pretratamiento corresponde a unidades que no tratan el agua, se localizan antes de los procesos depuradores y son necesarias para acondicionar el agua a tratar, esto se debe principalmente a que a los sistemas de alcantarillado pueden llegar sólidos de gran tamaño como piedras, basuras, objetos, arenas, grasas, entre otras, que de no ser removidos del agua obstruyen las unidades de tratamiento.

4.1.1. Homogenización

Consiste en un tanque de mezcla, homogeneizar implica que el agua a tratar mantenga concentraciones estables. Regularmente en nuestras ciudades, se identifican ampliaciones al sistema de alcantarillado que se adaptan al crecimiento urbano y a la topografía de la zona, esto implica la descarga de aguas residuales de diversas zonas de la misma ciudad, las cuales en función de los hábitos de la población que los produce tendrá una caracterización específica. El tanque homogenizador recibe las aguas de las diferentes zonas y las mezcla, de esta manera a la PTAR (poner qué significa) ingresa un solo tipo de agua a tratar. Además de homogeneizar el agua, permite el abastecimiento de un caudal constante hacia la PTAR. En la figura 29 se muestra un esquema de esta unidad.

Figura 29.
Tanque homogenizador de una PTAR.

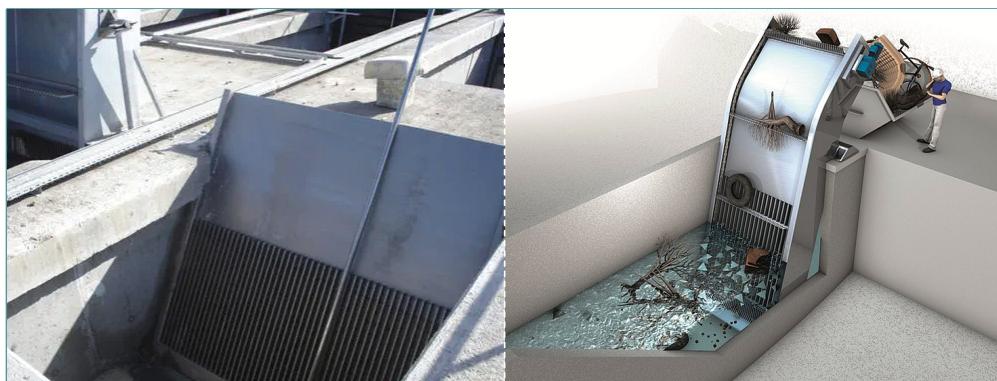


Nota. Tomado de Master Builders Solutions, (2017).

4.1.2. Cribado

De acuerdo con la CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, el sistema de cribado tiene la finalidad de proteger las bombas y otras unidades de la planta contra el atascamiento por sólidos gruesos y material fibroso. Aún en los procesos de pretratamiento y de tratamiento más simples como las lagunas, son indispensables para impedir la obstrucción de vertederos, facilidades de división de flujo y la formación de natas, de modo que deben utilizarse en toda planta de tratamiento. En la figura 30, se observan dos sistemas de cribado (a) de limpieza manual y (b) de limpieza automática.

Figura 30.
Sistemas de rejillas para cribado en PTAR.



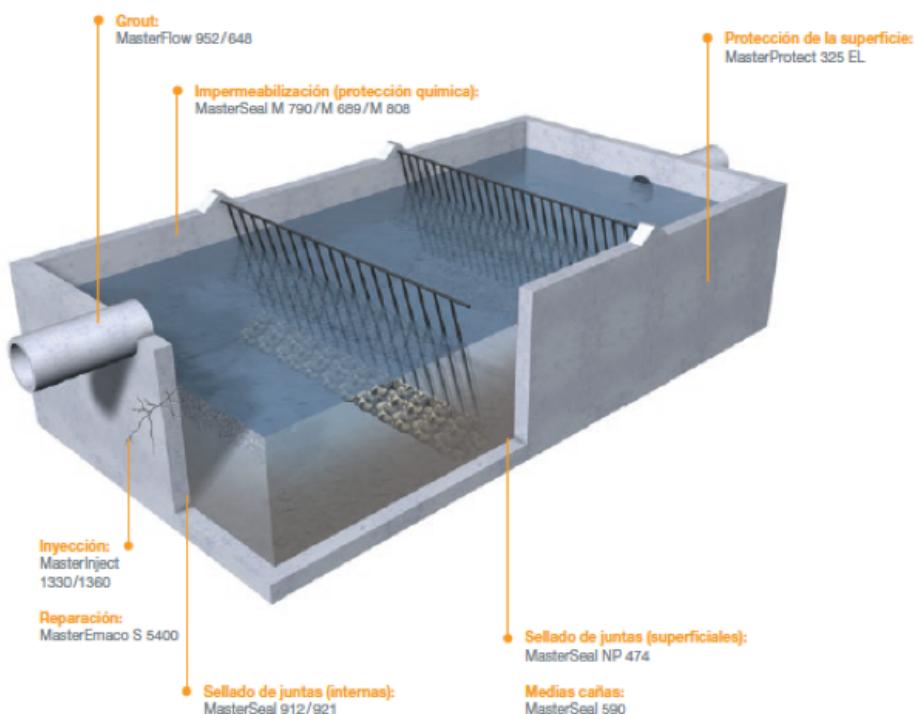
Nota. Tomado de <https://www.directindustry.es/prod/huber-technology/product-69228-1115587.html> y de <https://www.nyfdecolombia.com/aguas-residuales/reja-manual>

La selección del tipo de rejilla depende del presupuesto, volumen y automatización de la planta.

4.1.3. Tamizado

Consiste en un sistema de rejillas similar al sistema de cribado, sin embargo, con la particularidad de mantener un mejor distanciamiento entre las rejillas, se lo conoce también como cribado fino y tiene la función de retener sólidos de menor tamaño que logran pasar el sistema de cribado. Esta descripción se observa en la figura 31.

Figura 31.
Sistema de cribado y tamizado en PTAR.



Nota. Tomado de Master Builders Solutions, (2017).

4.1.4. Desarenado

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, el desarenado tiene la finalidad de proteger a las unidades que están aguas abajo contra la acumulación de arena, detritos y otros materiales inertes y también a las bombas contra desgaste. La inclusión de desarenadores es obligatoria en las plantas que tienen sedimentadores y digestores. Para sistemas de lagunas de estabilización el uso de desarenadores es opcional y podrán no ser empleados, dejando espacio adicional para la acumulación de arena en el fondo. Los desarenadores serán preferiblemente de limpieza manual, sin incorporar mecanismos, excepto en el caso de desarenadores para instalaciones grandes. Según el mecanismo de remoción los desarenadores pueden ser a gravedad y de flujo helicoidal. Los primeros a su vez son de flujo horizontal y pueden ser diseñados como canales de forma alargada o de sección cuadrada. En esta norma se establecen las especificaciones a seguir para el diseño de la unidad.

Figura 32.

Esquema de desarenador en una PTAR.



Nota. Tomado de: <https://www.facebook.com/Lazos-de-Agua-104490884571365/photos/pb.171926491161137/171924667827986/>

Como se aprecia en la figura 32, regularmente se construyen desarenadores en paralelo con control de flujo por medio de compuertas, esto se debe a que mientras un desarenador está funcionando, el otro está en mantenimiento para la remoción de las arenas retenidas. Además, la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992 indica que para desarenadores de limpieza manual se deben incluir las facilidades necesarias (compuertas) para poner fuera de funcionamiento cualquiera de las unidades. Las dimensiones de la parte destinada al depósito de arena deben ser determinadas en función de la cantidad prevista de material y la frecuencia de limpieza deseada (semanal, quincenal o mensual).

4.1.5. Desengrasado

El uso de aceites es una actividad común durante la preparación de alimentos, sin embargo, un mal hábito asociado es la inadecuada disposición de los mismos, razón por la cual se vierten a los desagües y llegan hasta las PTAR donde pueden obstruir tuberías y limitar la

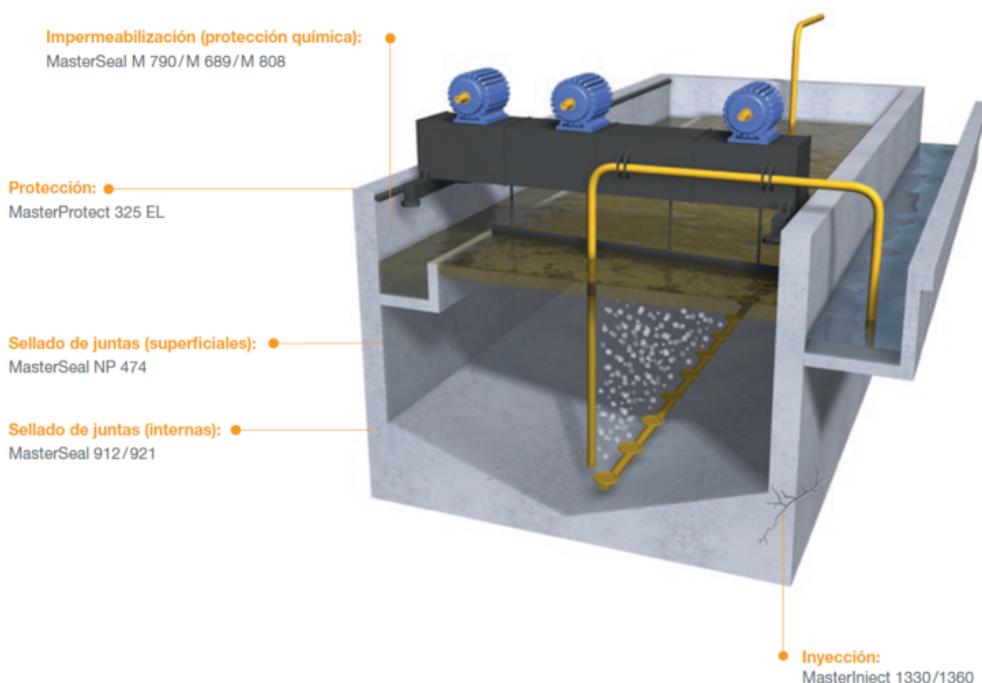
oxigenación del vertido. Para atender a esta problemática, se disponen de unidades de desengrasado para extraerlas.

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992 los desengrasadores son tanques de permanencia corta en los cuales se permite flotar a la superficie las partículas con gravedad específica menor que la del agua. Los desengrasadores son generalmente de forma rectangular, con una relación largo/ancho de 1,8 a 1. En muchos casos se emplea el diseño con un ancho creciente hacia la salida y el fondo debe ser inclinado hacia la salida, para evitar la acumulación de arena.

En la figura 33, se muestra un esquema de este tanque que nos permite incidir en su funcionamiento, considere que las grasas al ser menos densas que el agua flotan, por lo que se acumulan en la superficie del agua por donde justamente pasa un rodillo que arrastra las grasas flotantes hacia un canal de almacenamiento, removiéndolas y permitiendo el paso del agua acondicionada.

Figura 33.

Esquema de tanque desengrasador de PTAR.



Nota. Tomado de Master Builders Solutions, (2017).



Esta semana continuaremos con el estudio de las unidades que integran una EDAR, con el tema de tratamientos primarios, que son los que le siguen al pretratamiento, le invito a revisar con atención la información proporcionada y a profundizar su aprendizaje en otros medios de consulta, iniciemos.

4.2. Tratamientos primarios

Las unidades de tratamiento primario toman como paso los procesos físicos y químicos que permiten remover de las aguas sales disueltas. La norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, especifica que el objetivo del tratamiento primario es la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos (disueltos, suspendidos y sedimentables), para disminuir la carga del tratamiento biológico, en caso de ser necesario. En la figura 34, se muestra un esquema típico de las unidades de tratamiento primario que se pueden encontrar en una PTAR.

Figura 34.

Esquema de unidades de pretratamiento y tratamiento primario en PTAR.



4.2.1. Coagulación – Floculación

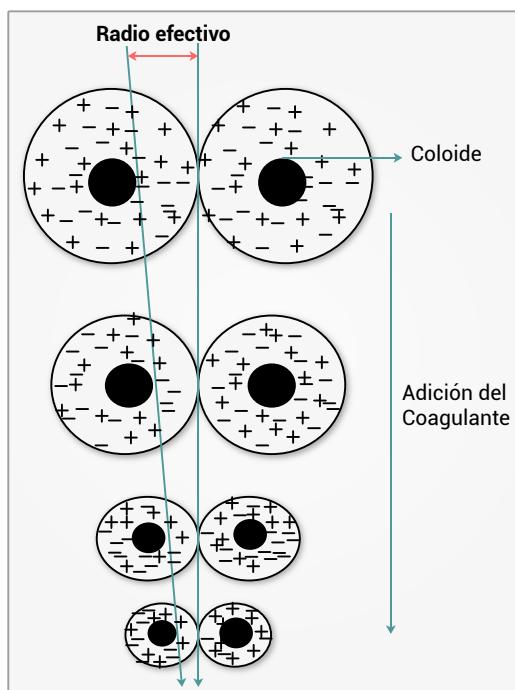
Tomando como referencia, los diferentes tipos de sólidos que se encuentran en el agua, e identificando que no todos tienen el tamaño adecuado para poder ser removidos por decantación, es necesario fomentar la formación de sólidos de mayor tamaño, mediante la agrupación de los sólidos suspendidos que también se conocen como coloidales, esto se logra mediante la adición de polímeros coagulantes o floculantes que facilita la formación de coágulos y flóculos de mayor tamaño, cuyo proceso se explica a continuación.

a. Coagulación

El proceso de coagulación busca la aglomeración de partículas coloidales ($<0,001\text{ mm}$) y dispersas (0,001 a 0,01 mm), formando coágulos visibles, con la adición de un coagulante. Este proceso desestabiliza la carga coloidal de los sólidos para que puedan aglomerarse. Este efecto se aprecia de mejor manera en la figura 35.

Figura 35.

Desestabilización de carga coloidal por adición de coagulante.

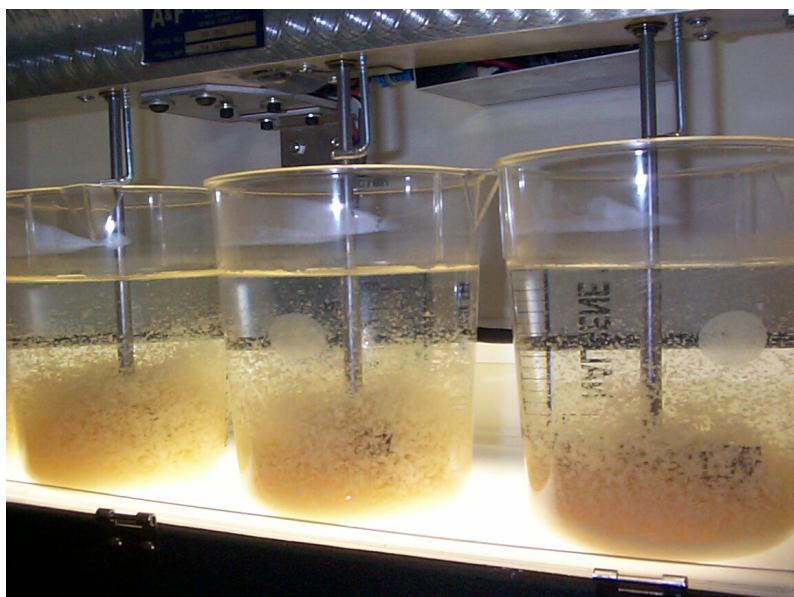


Nota. Tomado de: <https://introduccionaltratamientodelagua.blogspot.com/2015/03/quimica-y-tratamiento-de-aguas.html>

Para alcanzar esta desestabilización de coloides, debe realizarse una mezcla rápida del coagulante con el agua, en el orden de 3000 rpm en tiempos cortos de hasta 5 minutos, la determinación de la velocidad y tiempo de mezcla en los dos casos (coagulante y floculante), se realiza mediante la prueba de Jar Test, el objetivo del ensayo es comparar la eficiencia en la remoción de turbiedad y color de varios polímeros disponibles en el mercado, o polímeros naturales tales como almidones y celulosas, para determinar cuál de ellos es el que mejor se adapta al proceso de tratamiento (CPE INEN 5 Parte 9-1:1992). En la figura 36, se muestra el equipo empleado para esta prueba.

Figura 36.

Jar test para dosificación de polímeros.



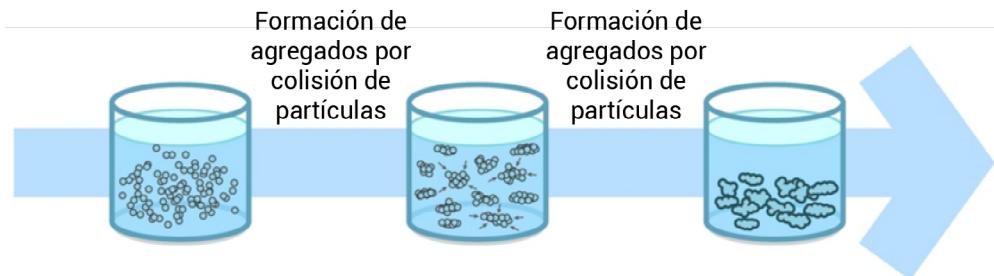
Nota. Tomado de: <https://verlek.com/tratamiento-aguas/prueba-de-jarras/>

b. Floculación

Seguido de la formación de coágulos, se pasa al sistema de floculación en el cual se añade un polímero floculante cuyo gradiente de velocidad es bajo para evitar la dispersión de los sólidos y el tiempo de retención es alto para fomentar la agrupación de coágulos y formación de flóculos. Esta descripción se puede visualizar en la figura 37.

Figura 37.

Formación de flóculos en una PTAR.

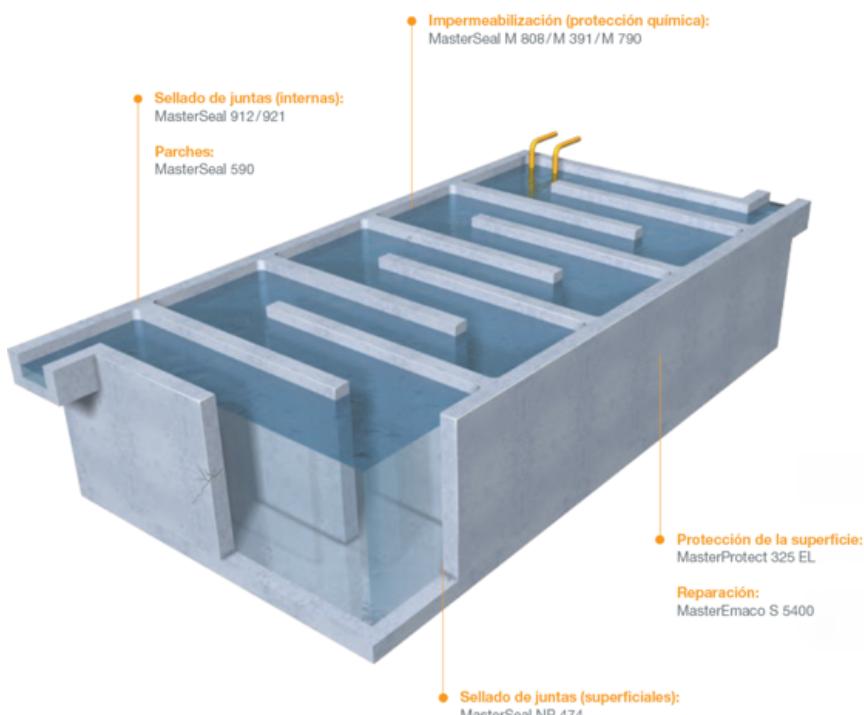


Nota: Tomado de: <http://bioquimia.es/productos-quimicos/32-floculantes.html>

Para facilitar la formación de estos flóculos, se construyen tanques floculadores que aseguren un tiempo de retención hidráulico óptimo. En la figura 38 se muestra un esquema típico del mismo.

Figura 38.

Tanque floculador de una PTAR.



Nota. Tomado de Master Builders Solutions, (2017).

4.2.2. Decantación

A la unidad de decantación se le conoce también como unidad de clarificación ó de sedimentación, porque justamente en esta unidad se remueven todos los flóculos derivados del proceso anterior.

La norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, distingue dos tipos de decantación primaria y secundaria. En la decantación primaria, se da la remoción de sólidos y materia orgánica en suspensión, pero poco o nada de la materia orgánica en estado coloidal o disuelto el cual se lleva a cabo luego de un proceso de floculación biológica que se da en las unidades de tratamiento secundario o biológico convencional.

En la figura 39, se muestra un tanque decantador primario que se caracteriza por presentar una forma rectangular y por contar con una serie de láminas en las cuales se adhieren los sólidos a remover y cuya particularidad le da el nombre de decantador lamelar.

Figura 39.

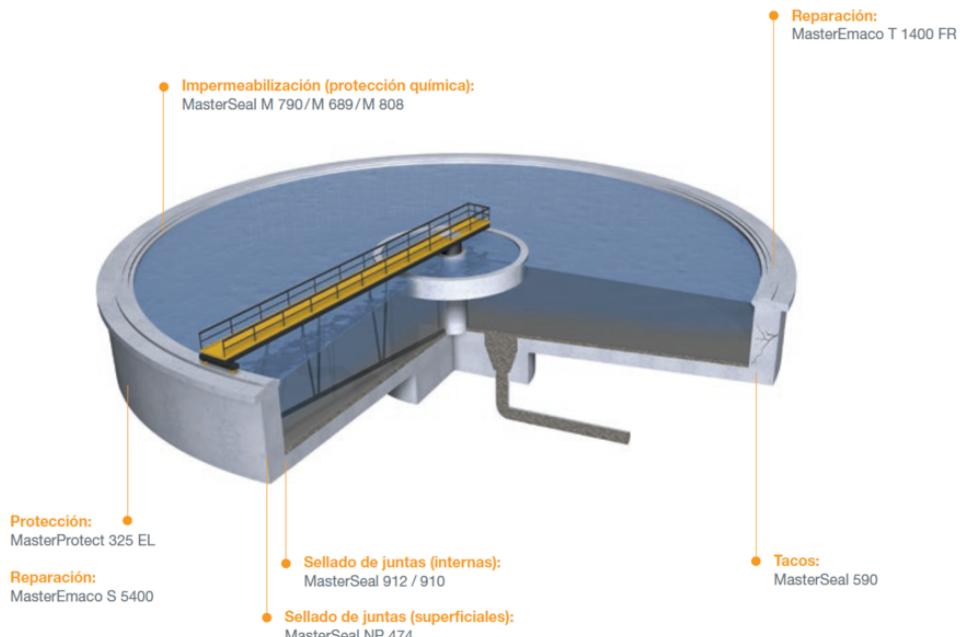
Decantador lamelar de una PTAR.



Nota. Tomado de: <https://www.brei.cl/index.php/decantadores-y-trasvasaje/tina-decantacion/item/80-decantador-horizontal-de-1-5-metros>

Para el caso de la decantación secundaria es común el uso de decantadores circulares, los cuales disponen de una inclinación en el fondo hacia donde precipitan los flóculos y son extraídos por bombeo. En la figura 40 se muestra un esquema de este decantador.

Figura 40.
Decantador circular de una PTAR.



Nota. Tomado de Master Builders Solutions, (2017).

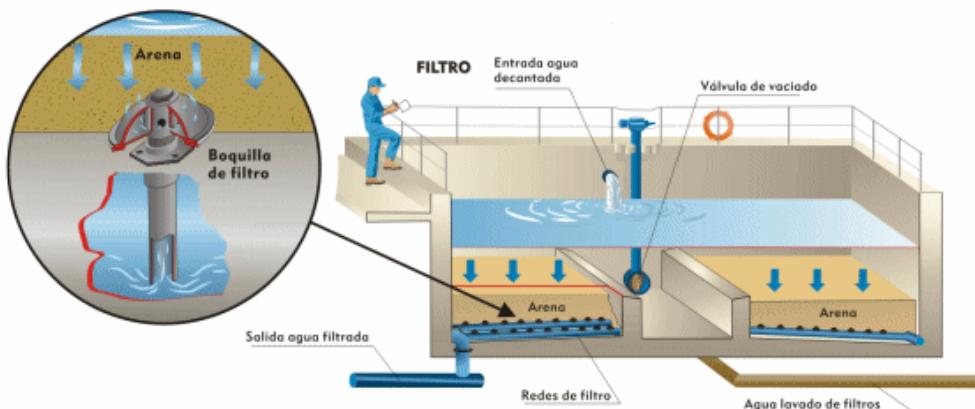
Tanto en el decantador primario como secundario se obtienen lodos, la calidad de los lodos extraídos es diferente entre los dos, recuerde que los lodos primarios recolectan los sólidos inorgánicos obtenidos por flocculación, en el caso de los lodos secundarios, corresponden a lodos más estables que provienen de una digestión biológica desarrollada en las unidades de tratamiento secundaria y que pueden emplearse como sustrato para digestión anaerobia por la elevada concentración de materia orgánica que tendrá (Terrelos et al., 2009).

4.2.3. Filtración

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, la filtración es un proceso físico-químico utilizado para separar impurezas suspendidas y coloidales del agua, mediante su paso a través de un medio granular,

siendo el más común la arena. Los materiales retenidos pueden ser flóculos, microorganismos y precipitados de calcio, hierro y manganeso, entre otros. Se distinguen dos tipos de filtros: los lentos, de baja carga superficial; y, los rápidos, de alta carga superficial. El trabajo de los filtros a gravedad o presión depende, en gran parte, de la mayor o menor eficacia de los procesos preparatorios. Existen además las unidades patentadas para filtración, cuyas características de diseño y constructivas son particulares de cada fabricante. El empleo de estas unidades requiere de una autorización que evidencie sus ventajas a base de las especificaciones de los fabricantes. En la figura 41 se muestra un esquema de esta unidad de tratamiento.

Figura 41.
Esquema de filtro de arena.



Nota. Tomado de <http://www.elaguapotable.com/filtracion.htm>



Semana 14

Avanzando con el estudio del tratamiento de vertidos, ha llegado el momento de abordar las unidades de tratamiento secundario que completan el ciclo de depuración de un agua residual. Este proceso es típico de una PTAR ya que es el responsable de remover la carga orgánica presente.

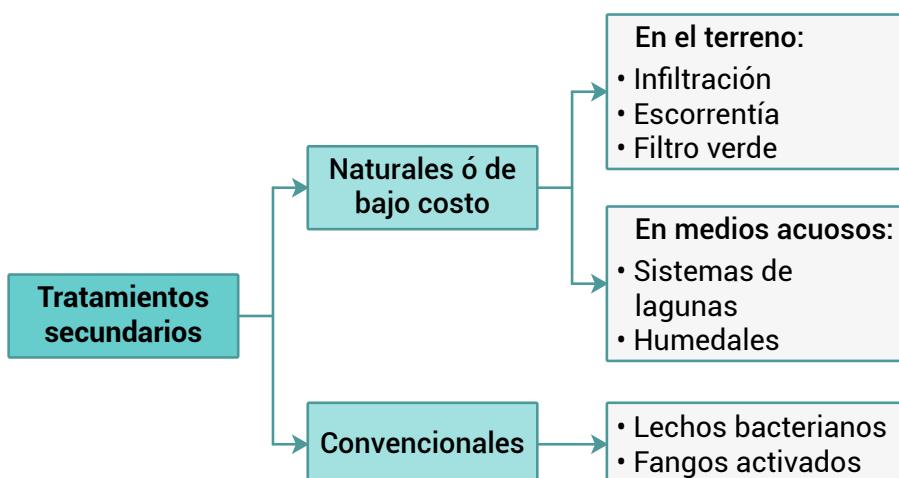
4.3. Tratamientos secundarios

En las unidades de tratamiento secundario se da la reducción de los compuestos orgánicos presente en el agua residual, acondicionada previamente mediante tratamiento primario, se realiza exclusivamente por procesos biológicos. Este proceso reduce o convierte la materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables (flóculos biológicos) que serán separados en la decantación secundaria. Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y filtros percoladores. Son muchas las modificaciones de estos procesos que se utilizan para hacer frente a los requerimientos específicos de cada tratamiento. Asimismo, dentro de este grupo se incluyen a las lagunas de estabilización y aireadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y el tratamiento anaeróbico. Los tratamientos biológicos alcanzan rendimientos en la remoción del DBO entre el 85% al 95% (Rojas, 2002).

En la figura 42 se muestran algunas unidades que integran los tratamientos secundarios:

Figura 42.

Unidades de tratamiento secundario de una PTAR.



Nota. Adaptado de Rojas, (2002).

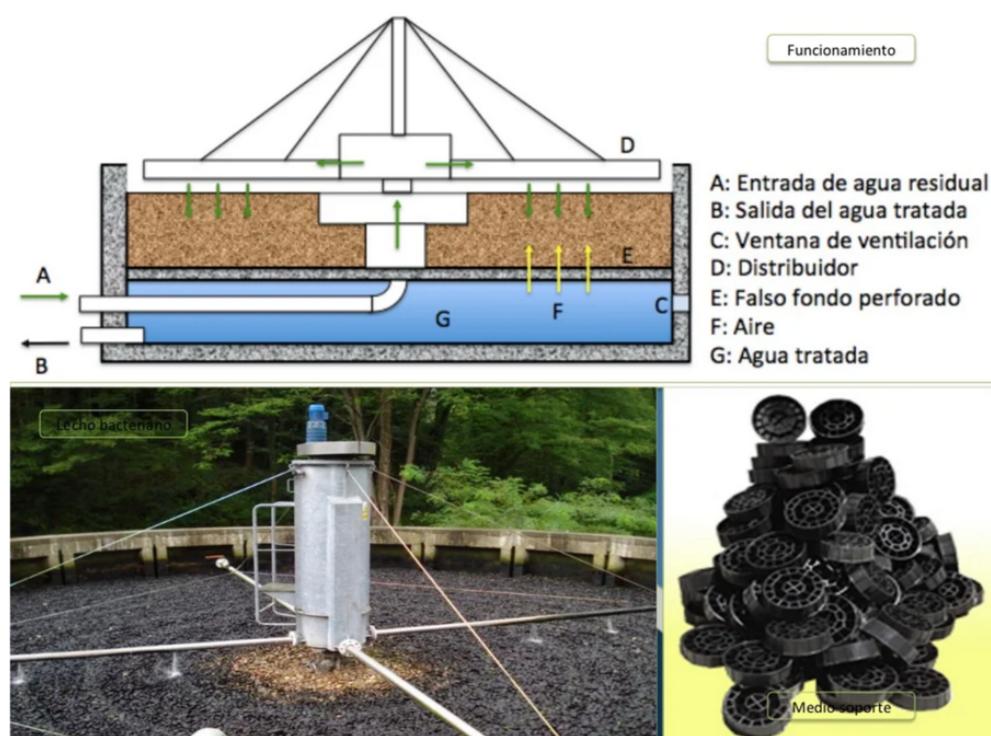
Las unidades de tratamiento convencional se refieren a obras de estructura civil mediante la construcción de tanques por ejemplo, mientras que las unidades de tratamiento natural, como su nombre lo indica son de bajo costo ya que no requieren la construcción de obras.

4.3.1. Lechos bacterianos

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, al lecho bacteriano, se le conoce también como filtro biológico ó filtro percolador, se define como una unidad del tratamiento secundario formado por un medio filtrante de piedra gruesa o de material sintético, sobre el cual se distribuye el agua residual que percola hacia abajo. La película de microorganismos que crece en el medio de contacto metaboliza la materia orgánica del desecho y se desprende, siendo removida en el proceso de sedimentación secundaria.

Figura 43.

Esquema de lecho bacteriano con soporte filtrante.



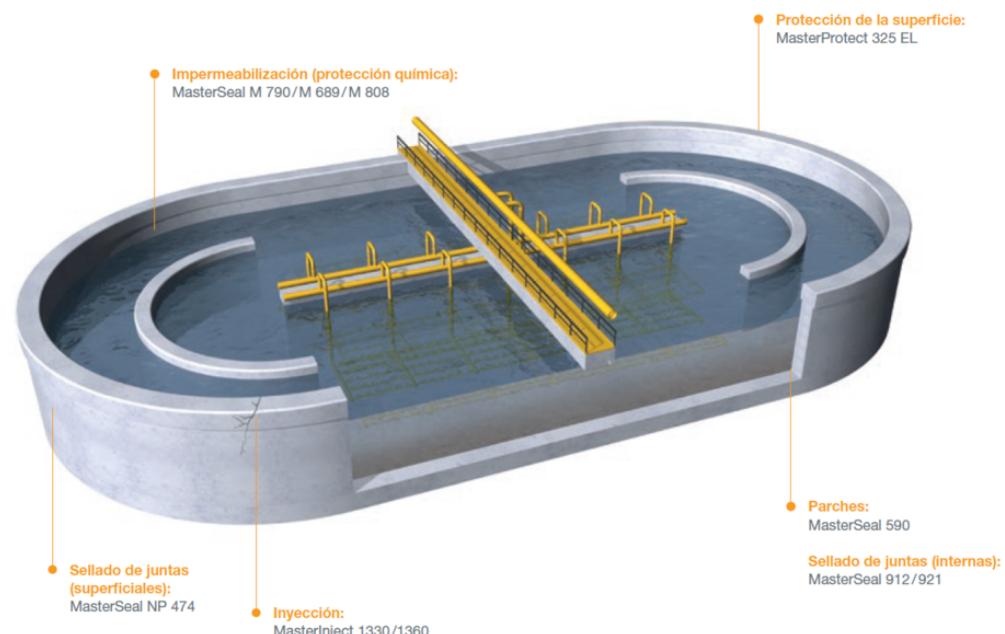
Nota. Tomado de <https://es.slideshare.net/frankespulpo/tratamientos-biolgicos-en-la-dpuracin-de-aguas-residuales>

Respecto a la figura 43 en que se aprecia un lecho bacteriano, le comento que cuando el medio filtrante está dado por piedra, regularmente el tanque es de poca altura y de mayor diámetro, mientras que si el medio filtrante es sintético (plástico) al ser un soporte liviano, el lecho puede ser más alto y de menor diámetro.

4.3.2. Fangos Activados

Acorde con Gil-Rodríguez, (2006), el tratamiento por lodos o fangos activados se desarrolla mediante la acción de una comunidad de microorganismos en el reactor biológico, que digiere la materia orgánica, la metaboliza y excreta partículas que constituyen los lodos activos, estos microorganismos asimilan aeróbicamente la materia orgánica del influente, produciendo nuevos microorganismos, compuestos inorgánicos y agotando la materia orgánica de las aguas. Los lodos activos se separan por sedimentación en un decantador secundario, retornando al reactor biológico su mayor parte, a fin de mantener alta la concentración de lodos en el reactor biológico. En la figura 44 se muestra un esquema de esta unidad de tratamiento.

Figura 44.
Esquema de sistema de fangos/lodos activados.



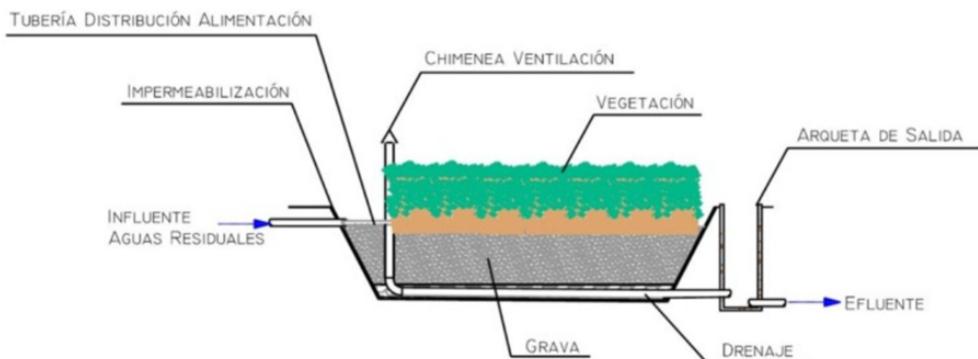
Nota. Tomado de Master Builders Solutions, (2017).

4.3.3. Humedales artificiales

El nombre de esta unidad hace referencia al carácter implícito en la construcción de la obra. Se cuenta con dos tipos de humedales (1) Humedal de flujo libre – HFL y (2) Humedal de flujo subsuperficial – HFSS. La diferencia entre el primero y el segundo es que el HFSS cuenta con un lecho filtrante de grava en su interior. En los dos casos, es común que los humedales cuenten con vegetación que corresponde a especies conocidas como macrófitas entre las que se encuentra el carrizo, el jacinto de agua, la lenteja de agua, etc. Las macrófitas son las encargadas de absorber por medio de sus raíces los nutrientes y materia orgánica presente en el agua y acumulándola en su biomasa, de esta manera se remueven estos contaminantes (Seóanez-Calvo, 1999).

Figura 45.

Esquema de un humedal artificial de flujo subsuperficial.

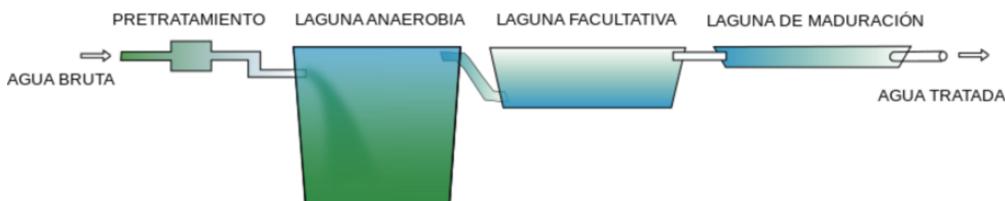


4.3.4. Lagunas

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9.2:1997, los sistemas de tratamiento biológico no convencional por sistemas de lagunaje, son recomendados para países en desarrollo y fundamentalmente en el área rural. Dentro del sistema de lagunas, se identifican lagunas aerobias o de maduración; lagunas facultativas y lagunas anaerobias con algunas particularidades entre ellas que se aprecian mejor en la figura 46.

Figura 46.

Esquema de sistema de lagunas empleados en PTAR.



Nota. Tomada de: <https://www.wikiwand.com/es/Lagunaje>

En general, la norma CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 recomienda algunas facultativas por la facilidad de los procesos de operación y mantenimiento. En el caso de las lagunas anaerobias indica que se debe considerar que son más susceptibles de presentar problemas, debido a los olores desagradables que se generan como consecuencia de su acidificación, causada por la suspensión del proceso metanogénico ante pequeños cambios ambientales. Por otro lado, las lagunas de maduración ó aerobias, se reduce notablemente la carga orgánica y la concentración de microorganismos patógenos, el efluente deberá ser manejado con cuidado, por cuanto todavía representa un riesgo para la salud, y deberá disponerse de manera que no contamine el ambiente. Además, recomienda que sí las condiciones económicas y de disponibilidad de espacio lo permiten, se diseñarán lagunas de maduración en serie, para minimizar el contenido de microorganismos patógenos.

4.3.5. Tratamientos de aplicación en el terreno

La norma CPE INEN 5 Parte 9.2:1997, indica que el suelo es un excelente reactor para remover contaminantes, sin embargo, el agua contaminada, debe ser aplicada en forma técnica. De lo contrario, se corre el riesgo de convertirlo en un sistema peligroso para la salud pública. La aplicación en el terreno debe cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- Previamente a su aplicación, el agua debe tener al menos un tratamiento primario que remueva los sólidos suspendidos.
- Cuando la aplicación en el terreno implique riesgos a los cultivos, podrá efectuarse sólo en aquellos de tallo alto y/o productos industrializables.

- La carga orgánica y el método de aplicación, serán tales que garanticen en el suelo un ambiente fundamentalmente aerobio.
- Los operadores del sistema deben estar conscientes del peligro que involucra el contacto directo con estas aguas, de tal manera que se tomen las debidas precauciones.
- Se deberá instruir al personal, la forma de operación durante la cosecha de los productos, evitando su contaminación.

Estimado/a estudiante, sugiero las siguientes actividades de aprendizaje, para afianzar los contenidos abordados.



Actividad de aprendizaje recomendada

Hemos llegado al término de nuestra cuarta unidad, por lo que le invito a desarrollar la siguiente actividad interactiva. Esta actividad consiste en leer el párrafo propuesto e ir arrastrando las palabras que completan los espacios en blanco y dan sentido al mismo. El tema integra los indicadores de calidad de agua y su incidencia en la selección de las unidades de tratamiento. Esto le permitirá reforzar su aprendizaje y comprender de mejor manera las relaciones existentes.

[Calidad y tratamiento de agua](#)

A continuación, propongo la siguiente autoevaluación, lo animo a completarla y así conocer su nivel de conocimiento.



Autoevaluación 4

Para cada una de las siguientes afirmaciones, seleccione la alternativa correcta.

- 1. El objetivo del pretratamiento en una EDAR es:**
 - a. Evitar la colmatación del decantador.
 - b. Eliminar objetos, sustancias y materiales que puedan dañar equipos y tuberías.
 - c. Remover arenas y grasas.
- 2. En una EDAR, el objetivo de instalar un desarenador de doble cámara es:**
 - a. Eliminar todas las arenas mediante la recirculación del agua.
 - b. Facilitar operaciones de mantenimiento.
 - c. Evitar daños en las tuberías.
- 3. Para asegurar un trabajo continuo del desarenador, es recomendable:**
 - a. Desarenadores en paralelo.
 - b. Desarenadores en serie.
 - c. Contar con dos desarenadores.
- 4. ¿Cuál de las siguientes secuencias corresponde al pretratamiento de una EDAR?**
 - a. Desarenador - Desengrasador - Cribado.
 - b. Cribado - Desengrasador - Desarenador
 - c. Cribado - Desarenador - Desengrasador
- 5. Los coloides se refieren a sólidos:**
 - a. Sedimentables.
 - b. Suspendidos.
 - c. Volátiles.

6. El tratamiento primario se basa en procesos:

- a. Biológicos.
- b. Físico-químicos.
- c. Físicos.

7. Para determinar la dosis de floculante y coagulante, se emplea un:

- a. Ensayo de "Test de Jarras".
- b. Espectrofotómetro.
- c. Ensayo Kendall.

8. Durante la floculación se:

- a. Sedimentan las partículas coaguladas.
- b. Provocan colisiones entre partículas coaguladas para provocar su aglomeración.
- c. Flotan las partículas coaguladas.

9. El mezclado del coagulante, en relación al mezclado del floculante, es:

- a. Más intenso y de mayor duración.
- b. Más intenso y de menor duración.
- c. Menos intenso y de mayor duración.

10. Entre una de las principales diferencias entre los decantadores primarios y los decantadores secundarios está:

- a. La velocidad de sedimentación.
- b. Su forma circular o rectangular.
- c. El tiempo de retención.

[Ir al solucionario](#)



Durante el estudio de nuestro componente hemos abordado a lo largo de las 14 semanas anteriores lo correspondiente a la gestión de residuos sólidos y vertidos líquidos. En esta semana nos centraremos en abordar el tema de contaminación atmosférica que es justamente una de las matrices afectadas por la descomposición de residuos y descarga de vertidos contaminantes en cuyo proceso de degradación emite a la atmósfera gases como el CO₂, N y CH₄.

Las emisiones atmosféricas corresponden a vertidos gaseosos que se deben controlar y minimizar, en esta unidad abordaremos los lineamientos recomendados por el MAATE para gestionarlos adecuadamente y con ello se aporta a conseguir el resultado de aprendizaje planteado.

Unidad 5. Contaminación del aire

En Ecuador, lo referido a calidad del aire se encuentra regulado acorde al Anexo 3 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente norma de emisiones al aire desde fuentes fijas, y es justamente de este anexo disponible en el Acuerdo Ministerial Nro. 387 (2015) de donde tomaremos la información base para abordar esta unidad, empecemos.

5.1. Contaminación del aire

De acuerdo con Ballester, (2005), la OMS considera la contaminación atmosférica como una de las más importantes prioridades mundiales en salud, se estima que la contaminación ambiental debida a partículas es responsable de 1,4% de todas las muertes en el mundo. Justamente por esta razón es necesario estudiar la calidad del aire.

5.1.1. Contaminantes Primarios

El MAE (2015), define como contaminantes del aire a cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o por procesos naturales, que afecta a la salud pública o al ambiente. Se emiten directamente a la atmósfera desde fuentes fijas o móviles como el CO₂,

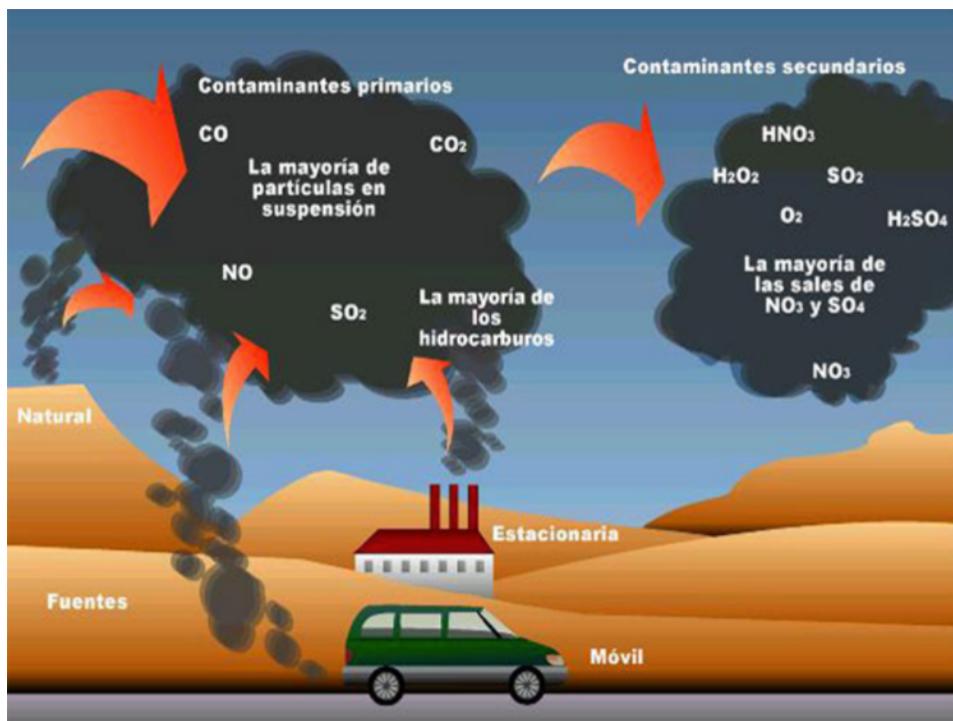
CH₄, SO₂, entre otros (Ballester, 2005). Los contaminantes primarios se generan a partir de fuentes naturales como erupciones volcánicas, así como también a partir de fuentes antrópicas como chimeneas de fábricas, vehículos, etc.

5.1.2. Contaminantes Secundarios

Se forman a partir de la interacción entre contaminantes primarios, son de mayor potencial contaminante como es el caso del ácido sulfúrico (H₂SO₄), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), entre otros (Ballester, 2005). En la figura 47 se muestra esta interacción entre contaminantes primarios y secundarios.

Figura 47.

Contaminantes primarios y secundarios del aire.



Nota. Tomado de: <https://charlasdeseguridad.com.ar/2013/02/medio-ambiente-contaminantes-atmosfericos-primarios-secundarios/>

5.1.3. Fuentes de emisión

El MAE (2015) define a las emisiones como a las descargas de sustancias gaseosas puras o con sustancias en suspensión en la atmósfera, en este sentido la emisión se refiere a las concentraciones de descarga de sustancias provenientes de actividades humanas.

La norma especifica que existen fuentes fijas significativas y fuentes fijas no significativas, de emisiones al aire por proceso de combustión, donde las fuentes fijas significativas son aquellas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos, gaseosos, cualquiera de sus combinaciones, biomasa; y cuya potencia calorífica sea igual o mayor a 3 MW, valores menores corresponden a fuentes no significativas.

5.1.4. Control de emisiones

Los gases de combustión de todas las fuentes, deben ser evacuados por una chimenea correctamente dimensionada, que debe cumplir con los requisitos indicados por el MAE (2015), para el monitoreo de emisiones.

Una de las principales emisiones proviene del refinamiento del petróleo ya que este recurso se explota tanto para la producción de energía eléctrica como para la producción de gasolina y polímeros que dan lugar a los plásticos. Durante estas transformaciones se generan gran cantidad de emisiones que contaminan al planeta. Por esta razón, es necesario implementar buenos hábitos de uso tanto de la energía como de los combustibles, así como un consumo responsable respecto al plástico.

El MAE (2015) define a las buenas prácticas como prácticas complementarias a las exigidas por la normativa ambiental y demás legislación aplicable vigente, ejecutadas con el fin de reducir, optimizar, o eliminar el uso de bienes y servicios ambientales (sobre todo aquellos definidos como recursos no renovables), disminuir la contaminación, y cambiar los patrones de producción y consumo bajo los principios de sostenibilidad.

Vale mencionar sobre el monitoreo de la calidad del aire

5.2. Buenas prácticas gestión de energía

Respecto a estas buenas prácticas, el MAE (2015), para la gestión y ahorro de energía, las instituciones deberán cumplir lo siguiente:

1. Aprovechar la luz natural en las horas que sea posible, sin perjuicio de la normativa de Seguridad y Salud Ocupacional vigente.
2. La institución o instalación en que se implemente estas estrategias, debe contar con un responsable de mantenimiento, encargado de realizar revisiones a las instalaciones eléctricas y ejecutar medidas para la solución de problemas encontrados.
3. Reemplazar los tubos fluorescentes tipo T12 o T10, por tubos fluorescentes T8, T5 o dispositivos provistos de diodo emisor de luz (Light Emitting Diode) (LED).
4. Incorporar en su reglamento interno y dar seguimiento a normas orientadas a:
 - a. Apagar y desconectar máquinas, computadoras y equipos electrónicos cuando no se utilicen.
 - b. Evitar el uso de protectores de pantalla.
 - c. Desconectar cargadores de equipos electrónicos que no sean utilizados.

5.3. Buenas prácticas gestión del transporte

Para la gestión de transporte, las instituciones deberán cumplir lo siguiente:

1. Realizar el mantenimiento constante de los vehículos de la institución.
2. Mantener y regular la presión de neumáticos para reducir el gasto de combustible.
3. Evitar el uso de parrillas, guarda choques y otros elementos que provocan resistencia.

4. Disponer adecuadamente neumáticos, baterías y otros residuos que se generen en el área de transporte dentro de la institución.
5. Programar y planificar el reemplazo de los vehículos o de sus partes de acuerdo a su vida útil.
6. Capacitar a choferes en prácticas para el uso eficiente de combustibles y mejoras en el rendimiento de los vehículos.
7. Promover y facilitar el uso del transporte masivo público o privado e incentivar el uso de medios alternativos de movilización entre los funcionarios. Las instituciones implementan la infraestructura necesaria para aparcamiento, seguridad y vías para el uso de la bicicleta, motos u otros.
8. Los talleres de servicio automotriz en los que se realice el mantenimiento, limpieza y arreglo de vehículos completarán la idea.

Le invito a reforzar sus conocimientos, participando en la siguiente autoevaluación:



Autoevaluación 5

Para cada una de las siguientes afirmaciones seleccione verdadero o falso.

1. () **El anexo III del libro IX del TULAS, regula lo concerniente a calidad del aire.**
2. () **Una de las más importantes prioridades a atender por la OMS es el acceso a dispositivos indicadores de calidad del aire.**
3. () **Los contaminantes primarios son más peligrosos que los contaminantes secundarios.**
4. () **El metano es un contaminante primario que afecta la calidad del aire.**
5. () **El ozono es un indicador primario de calidad del aire.**
6. () **Las emisiones con potencia calorífica igual a 3MW son calificadas como fuentes no significativas.**
7. () **El refinamiento de petróleo para la producción de plástico genera emisiones contaminantes.**
8. () **Para reducir las emisiones de refinamiento para obtención de combustibles es adecuado evitar el uso de protectores de pantalla.**
9. () **Una buena práctica se define como una práctica complementaria a la exigida en la regulación ambiental.**
10. () **Para una mejor gestión de combustibles, es recomendable evitar el uso de parrillas, guarda choques y otros elementos que provocan resistencia.**

[Ir al solucionario](#)



Semana 16

Estimado/a estudiante hemos llegado al término de las unidades planificadas para este segundo bimestre donde usted pudo conocer de mejor manera los procesos establecidos para el tratamiento de vertidos y las recomendaciones del MAATE respecto a la gestión de combustibles y energía enfocadas en la reducción de emisiones.

Espero todo lo que hemos desarrollado le haya aportado a su formación profesional, recuerde que todas las dudas e inquietudes las puede remitir por medio de mensajes, chats, email, y participando de las actividades síncronas semanales de chat tutorial.

Le deseo éxitos en su vida profesional, y aprovecho para comentarle que si en algún momento requiere de servicios de toma de muestras y caracterización, puede contactar a nuestro laboratorio UTPL el cual cuenta con acreditación ISO 17025:2018 otorgada por el SAE (Servicio de acreditación Ecuatoriano), puede contactarnos por correo a labutpl@utpl.edu.ec. Salud y bienestar en todo.



4. Solucionario

Autoevaluación 1		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	c	Las características CRETIB hacen referencia a desechos peligrosos.
2	c	El mejor residuo es aquel que no se genera, por eso se enfoca mucho hacia la minimización de residuos.
3	b	El ritmo de consumo de recursos y descarte de residuos requiere unos recursos infinitos para mantenerse en el tiempo.
4	c	Los pueblos eran nómadas y se alimentaban de frutos por lo que eran orgánicos y de fácil descomposición.
5	b	Los residuos son aprovechables y la basura no.
6	c	Los envases que hayan contenido sustancias peligrosas son residuos peligrosos.
7	F	El residuo especial requiere un gestor autorizado para su manejo por el impacto que puede causar al medio ambiente, como las fundas que se usan para proteger los racimos de banano que están rociadas de plaguicidas.
8	V	Residuos más pequeños y homogéneos son más fáciles de tratar y descomponer.
9	V	La relación C/N mide la biomasa y la evolución de la materia orgánica en el suelo, debe ser baja para reducir la pérdida de nutrientes como el N.
10	CRETIB	Corrosivo – Reactivo – Explosivo – Tóxico – Inflamable y Biológico infeccioso.

Ir a la
autoevaluación

Autoevaluación 2		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	c	Promover la minimización en el origen que se alcanza con conciencia ambiental
2	c	Ser restos de alimentos y excretas orgánicas que se descomponían con facilidad
3	a	Segregación significa clasificación
4	c	Zonas donde el vehículo no puede acceder por lo que se estaciona en una esquina y donde los ciudadanos entregan los residuos.
5		Naranja - especiales / Verde - orgánico / papel y cartón - Gris / plástico – Azul / vidrio y metales - Blanco / inservibles - Negro.
6	V	Las lombrices contribuyen a degradar la materia orgánica.
7	F	El producto final del vermicompostaje es el humus.
8	F	El humus tiene mejores características por los restos de las lombrices que otorgan mayor materia orgánica estable al suelo.
9	V	La esenia foétida es el nombre científico de la conocida como lombriz roja californiana.
10	F	Los vertederos a cielo abierto son botaderos sin control, la tubería de lixiviado es común en rellenos sanitarios.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 3		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	c	La concentración del parámetro regulada por la normativa depende del uso que se va a dar al agua.
2	d	En el rango de 51 a 70 la calidad es media y se puede usar para abastecimiento previo tratamiento.
3	b	La conductividad eléctrica se da por sales disueltas en el agua capaces de conducir la electricidad.
4	d	La demanda de oxígeno, sea bioquímica o química, se refiere a la presencia de materia orgánica.
5	a	Mientras más alto sea el OD, mejor es la calidad del agua.
6	c	Sistema pluvial recoge aguas lluvia.
7	2, 1, 4, 3, 5	
8	b, f, e, a, d, c.	
9	F	Se renueva por el ciclo hidrológico.
10	F	Las aguas con baja contaminación tienen DBO bajos.

[Ir a la
autoevaluación](#)

Autoevaluación 4		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	El pretratamiento acondiciona el agua para evitar que basuras dañen equipos y obstruyan tuberías.
2	b	El desarenador de doble cámara permite que la PTAR funcione en continuo, es decir, mientras uno está en mantenimiento el otro opera.
3	a	Desarenadores en paralelo para facilitar el mantenimiento.
4	c	Primero se quitan sólidos grandes (cribado), luego se remueven arenas (desarenador) y finalmente grasas (desengrasador).
5	b	Los coloides tienen un tamaño suficientemente grande para no estar disuelto y suficientemente pequeño para no ser sedimentable, es decir, corresponde a sólidos suspendidos.
6	b	Los tratamientos primarios como coagulación, decantación se basan en procesos físico-químicos.
7	a	El <i>Jar test</i> o <i>test</i> de jarras permite determinar la dosis óptima de polímero a añadir.
8	b	Se unen los coágulos formando sólidos de tamaño sedimentable conocido como flóculo.
9	b	El coagulante se mezcla a altas velocidades durante corto tiempo, mientras que el floculante tiene una menor velocidad y mayor tiempo de retención.
10	b	Los decantadores primarios son rectangulares mientras que los secundarios son circulares.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 5		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	F	La regulación de aspectos de calidad del aire está determinada en el anexo 3 del libro VI del TULAS.
2	F	Una de las principales prioridades para la OMS es la contaminación atmosférica.
3	F	Los contaminantes secundarios son más peligrosos porque nacen de la interacción entre contaminantes primarios.
4	V	El CH4 es un contaminante primario de origen natural.
5	F	El ozono es un indicador secundario de la calidad del aire.
6	F	Emisiones con potencia calorífica igual o superior a 3MW son calificadas como fuentes significativas.
7	V	El refinamiento de petróleo para cualquier uso genera emisiones contaminantes.
8	F	El uso de protectores de pantalla reduce emisiones por generación de energía eléctrica.
9	V	Una buena práctica es complementaria a las exigidas en la regulación.
10	V	Evitar el uso de parrillas, guardadoches y otros elementos aliviana el peso del vehículo y optimiza el uso de combustibles.

[Ir a la autoevaluación](#)



5. Referencias bibliográficas

- Acuerdo Ministerial 142, Registro Oficial Nro. 856 (MAE, 2012).
- Aguirre Cordón, M. R., Vanegas Chacón, E. A., y García Álvarez, N. (2016). Aplicación del índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39-43.
- Alfaro Valero, A. (Comp.) y Fragozo Manjarez, O. A. (Comp.) (2021). Comercio justo y consumo responsable. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Arnedo Lasheras, R. Jaca García, C. y Perfecto, C. L. (2020). Guía práctica para implementar la economía circular en las pymes. Madrid, AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Azurduy, S., Azero, M., y Ortúño, N. (2016). Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo. *Acta Nova*, 7(4), 369-388.
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79, 159-175.
- Belda Hériz, I. (2018). Economía circular: un nuevo modelo de producción y consumo sostenible. Editorial Tébar Flores.
- Bigues, J. (2013). El libro de las 3 R: reducir, reutilizar, reciclar. Barcelona, Spain: Ned ediciones.
- Carballo, R. G. (2012). Incolora, inodora, ¿insípida?. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, (5), 40-41.
- Cárdenas-Cleves, L. M., Parra-Orobio, B. A., Torres-Lozada, P., y Vásquez-Franco, C. H. (2016). Perspectivas del ensayo de Potencial Bioquímico de Metano-PBM para el control del proceso de digestión anaerobia de residuos. *Revista Ion*, 29(1), 95-108.

- Castells, X. E. (2012). Generalidades, conceptos y origen de los residuos: Reciclaje de residuos industriales. Ediciones Díaz de Santos.
- Cirelli, A. F. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química viva*, 11(3), 147-170.
- Córdoba, M. A., Del Coco, V. F., y Basualdo, J. A. (2010). Agua y salud humana. *Química viva*, 9(3), 105-119.
- DE COMPOSTAJE, R. E. Ingeniería y aspectos técnicos de la digestión anaeróbica II.4. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2016. 434 p.
- Delgado Arroyo, M. D. M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., y Martín Sánchez, J. V. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4), 965-977.
- Docampo, A. D. R. (2013). Compostaje y compost. *Revista INIA-Nº*, 35, 64.
- EMAAP-Q - Empresa metropolitana de alcantarillado y agua potable, (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la emaap-Q. Primera Edición
- Fernández, L. E. Í. (2012). *Breve historia de la Revolución Industrial*. Ediciones Nowtilus SL.
- Girón, S. L., Mateus, J. C., y Méndez, F. (2009). Impacto de un botadero a cielo abierto en el desarrollo de síntomas respiratorios y en costos familiares de atención en salud de niños entre 1 y 5 años en Cali, Colombia. *Biomédica*, 29(3), 392-402.
- González, C. M. D. C. C. (2011). Reciclado de Polietilen Tereftalato (PET), Diversas Opciones. *Kuxulkab'*, 17(32).
- González, M. R. M., Padrino, M. V. C., Ramírez, E. M., y García, M. F. (2005). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. *Ingeniería de recursos naturales y del ambiente*, (4), 14-18.
- Hue, N. V., y Liu, J. (1995). Predicting compost stability. *Compost science y utilization*, 3(2), 8-15.

- INEC. 2020. Documento metodológico de la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Metodología de Gestión de Residuos Sólidos. 2018. Quito, Ecuador. 50 pp.
- Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*, 19-24.
- Karbar, M., Najaf Poor, A., Alidade, H., y Esmaily, H. (2017). Capabilities of Vermicompost Produced from Domestic Waste using Earthworms *Esenia foetida* in Ghochan. *Journal of Research in Environmental Health*, 2(4), 333-342.
- Lazcano Carreño, C. A. (2016). Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales (2a. ed.). Bogotá, Ecoe Ediciones.
- Lett, L. A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista argentina de microbiología*, 46(1), 1-2.
- Leyva Castellanos, C. I. (2013). Contaminación del agua por descargas de aguas residuales.
- López Alegría, P. (2010). *Abastecimiento de agua potable: y disposición y eliminación de excretas..* Instituto Politécnico Nacional.
- Lopez Perez, M. D. (2017). Recogida y transporte de residuos urbanos o municipales: UF0284. Madrid, Spain: Editorial CEP, S.L.
- Márquez, C., y i Plaza, J. B. (2007). Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(3), 280-286.
- Marrero Delgado, F., Acosta Pérez, I., María del Rocío, G. D., y Espinosa-Martínez, J. U. (2019, June). Economía Circular como contribución a la sostenibilidad en el destino turístico Cayos de Villa Clara.
- Martín, W. F. (2009). *Gestión y uso racional del agua..* Editorial Félix Varela.

- Martinez, E. D. (2009). La alfabetización socioeconómica y financiera y la educación para el consumo sostenible en México: algunas reflexiones desde la psicología y la educación. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, (8), 1-15.
- Master Builders Solutions, (2017). Catálogo de Plantas de tratamiento de aguas residuales - Soluciones de reparación, protección e impermeabilización
- McDonough, W. Cradle to cradle (de la cuna a la cuna): rediseñando la forma en que hacemos las cosas. ed. Madrid: McGraw-Hill España, 2012. 208 p.
- Mendoza, P. A. C. (2019). De animales a dioses. Breve historia de la humanidad. *Cátedra*, (16), 224-227.
- Morales-Maldonado, E. R., y Casanova-Lugo, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 365-372.
- Morales, B. B. (2009). La logística reversa o inversa, aporte al control de devoluciones y residuos en la gestión de la cadena de abastecimiento. *Línea*.
- Moreno Casco, J., y Moral Herrero, R. (2008). *Compostaje*. Mundi-Prensa Libros.
- Navas Cuenca, E. (Coord.). (2017). *Calidad de aguas: usos y aprovechamiento..* Editorial ICB.
- Negro, M. J., Villa, F., Aibar, J., Aracón, R., Ciria, P., Cristóbal, M. V., ... y Zaragoza, C. (2000). Producción y gestión del compost.
- Newholm, T. y Shaw, D. (2007). Studying the ethical consumer: A review of research. *Journal of Consumer Behaviour*, 6 (5), 253-270.
- Paredes Ceballos, M. Y. Acevedo Pabón, R. M. ; Camargo, B. S. Etapas previas a la transformación del plástico reciclado. ed. [S. l.]: Editorial UPTC, 2020. 34 p.
- Pecoraio, S. MF0076_2 Gestión de residuos urbanos. ed. Murcia: Cano Pina, 2015. 139 p.

- Peralta-Antonio, N., Bernardo de Freitas, G., Watthier, M., y Silva Santos, R. H. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia (Arica)*, 37(2), 59-66.
- Pérez, J. G. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio exterior*, 64(5), 6.
- Piccolo, A. (1996). Humus and soil conservation. *Humic substances in terrestrial ecosystems*, 225-264.
- PRADANA PÉREZ, J. Á. ; GARCÍA, J. (Coord.). Criterios de calidad y gestión del agua potable. ed. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2019. 467 p.
- Punina, Á. P. C. (2017). Globalización: revolución industrial y sociedad de la información. *Ciencia*, 19(2).
- Ramirez, J. C. B., Salcedo, D., Díaz, W., y Betancourt, A. (2021). Desarrollo sostenible: desafíos medioambientales frente a los retos de la cuarta revolución industrial. *Prospectiva*, 19(1), 15.
- Red Española de Compostaje, (2014). Residuos urbanos I.4 Primera Edición, Madrid, Spain: Editorial Mundi-Prensa, E - ISBN: 9781512938302.
- Röben, E. (2002). Manual de compostaje para municipios. *DED/Illustre Municipalidad de Loja, Loja, Ecuador*.
- Rock, C., y Rivera, B. (2014). La calidad del agua, E. Coli y su salud. *College of Agriculture and life Sciences*, 1.
- Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Gestión integral de tratamiento de aguas residuales*, 1(1), 8-15.
- Sadzawka, A., Carrasco, M., Grez, R., y Mora, M. (2005). Métodos de análisis de compost. *Centro Regional de Investigación La Platina, Serie No34, Santiago, Chile*. 142p.
- Salcedo, E. (2014). Moda ética para un futuro sostenible. Barcelona, Spain: Editorial Gustavo Gili.

- Sánchez, S., Hernández, M., y Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. *Pastos y Forrajes*, 34(4), 375-392.
- Saraceno, E. (1987). La evolución de las estructuras agrarias y el papel de la pluriactividad en los procesos de industrialización antiguos y actuales. *Cambio rural en Europa*, 117-132.
- Savé, R., de Herralde, F., y Biel, C. (2005). Aproximación al ciclo del agua en ecosistemas forestales. *Invest Agrar: Sist Recur For*, 14(3), 497-512.
- Sierra Ramírez, C. A. Calidad del agua: evaluación y diagnóstico. ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2011. 460 p.
- Tabares Neyra, L. M. Tamayo Pineda, N. y Blanco Rojas, M. (2016). Una mirada al consumo y los consumidores. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Tarquino, I. R. (2004). Tendencias mundiales en la gestión de recursos hídricos: desafíos para la ingeniería del agua. *Ingeniería y competitividad*, 6(1), 63-71.
- Terreros-Mecalco, J., Olmos-Dichara, A., Noyola-Robles, A., Ramírez-Vives, F., & Monroy-Hermosillo, O. (2009). Digestión anaerobia de lodo primario y secundario en dos reactores UASB en serie. *Revista mexicana de ingeniería química*, 8(2), 153-161.
- Torres, S. M. E., y de Navia, S. L. A. (2010). Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. *Nova*, 8(14).
- Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., y Torres-Mora, M. A. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(2), 123-129.
- Ventura Díaz, M. (2016). Estudio estratégico para la producción y venta de abono orgánico tipo bokashi.
- Virginie, M. (2011). Los caminos del reciclaje. Barcelona, Spain: Ned ediciones.