



Flores-Murillo, Carlos Rene
Ochoa-Celi, Joaquín Alejandro
Santamaría-Robles, Lissette Beatriz
Peñafiel-Pazmiño, Magaly Elizabeth

FUNDAMENTOS A LA QUÍMICA AMBIENTAL

Fundamento a la química ambiental.

Autor/es:

Flores-Murillo, Carlos Rene

Universidad Ecotec

Ochoa-Celi, Joaquín Alejandro

Universidad de Guayaquil

Santamaría-Robles, Lissette Beatriz

Universidad Internacional de la Rioja.

Peñafiel-Pazmiño, Magaly Elizabeth

Universidad Ecotec

Datos de Catalogación Bibliográfica

Flores-Murillo, C. R.
Ochoa-Celi, J. A.
Santamaría-Robles, L. B.
Magaly-Elizabeth, P. P.

Fundamento a la química ambiental
Editorial Grupo AEA, Ecuador, 2025
ISBN: 978-9942-651-69-3
Formato: 210 cm X 270 cm

108 págs.



Publicado por Editorial Grupo AEA

Ecuador, Santo Domingo, Vía Quinindé, Urb. Portón del Río.

Contacto: +593 983652447; +593 985244607

Email: info@editorialgrupo-aea.com

<https://www.editorialgrupo-aea.com/>

Director General:	Prof. César Casanova Villalba.
Editor en Jefe:	Prof. Giovanni Herrera Enríquez
Editora Académica:	Prof. Maybelline Jaqueline Herrera Sánchez
Supervisor de Producción:	Prof. José Luis Vera
Diseño:	Tnlgo. Oscar J. Ramírez P.
Consejo Editorial	Editorial Grupo AEA

Primera Edición, 2025

D.R. © 2025 por Autores y Editorial Grupo AEA Ecuador.

Cámara Ecuatoriana del Libro con registro editorial No 708

Disponible para su descarga gratuita en <https://www.editorialgrupo-aea.com/>

Los contenidos de este libro pueden ser descargados, reproducidos difundidos e impresos con fines de estudio, investigación y docencia o para su utilización en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca adecuadamente a los autores como fuente y titulares de los derechos de propiedad intelectual, sin que ello implique en modo alguno que aprueban las opiniones, productos o servicios resultantes. En el caso de contenidos que indiquen expresamente que proceden de terceros, deberán dirigirse a la fuente original indicada para gestionar los permisos.

Título del libro:

Fundamento a la química ambiental

© Flores Murillo, Carlos Rene; Ochoa Celi, Joaquín Alejandro; Santamaría Robles, Lissette Beatriz; Magaly Elizabeth, Peñafiel Pazmiño,

© Febrero, 2025

Libro Digital, Primera Edición, 2025

Editado, Diseñado, Diagramado y Publicado por Comité Editorial del Grupo AEA, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, 2025

ISBN: 978-9942-651-69-3



<https://doi.org/10.55813/egaea.l.114>

Como citar (APA 7ma Edición):

Flores-Murillo, C. R., Ochoa-Celi, J. A., Santamaría-Robles, L. B. & Magaly-Elizabeth, P. P. (2025). *Fundamento a la química ambiental*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.114>

Cada uno de los textos de Editorial Grupo AEA han sido sometido a un proceso de evaluación por pares doble ciego externos (double-blindpaperreview) con base en la normativa del editorial.

Revisores:



Ing. Rodríguez Deza Jorge
Washington, PhD.

Universidad Nacional de
Huancavelica – Perú



Ing. Clara Isabel Ruiz Sánchez,
Mgs.

Universidad Técnica Estatal de
Quevedo – Ecuador



Los libros publicados por “**Editorial Grupo AEA**” cuentan con varias indexaciones y repositorios internacionales lo que respalda la calidad de las obras. Lo puede revisar en los siguientes apartados:



Editorial Grupo AEA



<http://www.editorialgrupo-aea.com>



Editorial Grupo AeA



editorialgrupoea



Editorial Grupo AEA

Aviso Legal:

La información presentada, así como el contenido, fotografías, gráficos, cuadros, tablas y referencias de este manuscrito es de exclusiva responsabilidad del/los autor/es y no necesariamente reflejan el pensamiento de la Editorial Grupo AEA.

Derechos de autor ©

Este documento se publica bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).



El “copyright” y todos los derechos de propiedad intelectual y/o industrial sobre el contenido de esta edición son propiedad de la Editorial Grupo AEA y sus Autores. Se prohíbe rigurosamente, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total y/o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma de ninguna forma o por cualquier medio, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright, salvo cuando se realice confines académicos o científicos y estrictamente no comerciales y gratuitos, debiendo citar en todo caso a la editorial. Las opiniones expresadas en los capítulos son responsabilidad de los autores.

RESEÑA DE AUTORES

**Flores Murillo, Carlos Rene**

Universidad Ecotec

cflores@ecotec.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-1507-9113>

Ecuatoriano nacido en Guayaquil. Bachiller Químico-Biólogo, graduado en la Universidad de Guayaquil de Ingeniero Químico. Magister en Educación Superior. Ha laborado en empresas alimenticias, de productos químicos y de consultoría. Interesado en el área de las ciencias e impulsado por su creatividad y la investigación, ha publicado varios artículos científicos y libros. Docente en varias Instituciones Públicas, en la actualidad ejerce Docencia en la Universidad Ecotec de Samborondón-Ecuador en la Facultad De Ingenierías, Arquitectura Y Ciencias De La Naturaleza. Agradecido con Dios y con sus padres a quienes profesa profunda gratitud y dedica la presente obra, considera que el arte supremo del docente es: Despertar el placer de la expresión creativa y el conocimiento a los demás.

**Ochoa Celi, Joaquín Alejandro**

Universidad de Guayaquil

joaquin.ochoac@ug.edu.ec<https://orcid.org/0000-0001-5535-6563>

Nacido en Santa Rosa, El Oro –Ecuador, se graduó de Bachiller en Ciencias en el colegio Zoila Ugarte de Landívar, continuó su educación superior en la Universidad de Guayaquil, obtuvo su título en Ingeniería Química. Posteriormente, alcanzó el grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería Química en la Universidad de los Andes, en Mérida, Venezuela. Ha laborado como Inspector y Laboratorista de Control de Calidad en la producción de productos de limpieza, derivados del petróleo y agua potable y en el área de Ventas. Docente en el área de Admisión Nivelación y en la Carrera de Ingeniería Química en la Universidad de Guayaquil. Valora la importancia de la familia como base de la sociedad. Mantiene la convicción de que los valores familiares, la honestidad y la educación son fundamentales para construir una sociedad más justa y equilibrada.

RESEÑA DE AUTORES



Santamaría Robles, Lissette Beatriz



Universidad Internacional de la Rioja



lissette.santamariarobles@gmail.com



<https://orcid.org/0009-0008-0063-4237>



Nacida en Guayaquil, Ecuador, graduada en el Colegio Experimental Rita Lecumberry, con estudios de tercer nivel en la Universidad de Guayaquil, obteniendo el título de Química Farmacéutica. Cursando Maestría en Dirección y Gestión Sanitaria. Se ha desempeñado como analista de control de calidad en la industria farmacéutica. Auditor de Normativas regulatorias Sanitarias, directora técnica de la Industria con certificación de buenas prácticas de almacenamiento, distribución y transporte, analista zonal en la Agencia Nacional de Regulación Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), responsable de Calidad en el sector Farmacéutico. Docente de Bachillerato, y prepara estudiantes para ingreso a la Universidad. Considera que practicar deportes fomenta la salud física, el trabajo en equipo, la disciplina y la resiliencia. A su vez, la investigación impulsa el conocimiento y la innovación, aspectos esenciales para el progreso de la comunidad. Encontrar el equilibrio entre el desarrollo profesional y la convivencia familiar logra generar una mayor estabilidad, colocando a la familia como base fundamental del desarrollo.



Peñafiel Pazmiño, Magaly Elizabeth



Universidad Ecotec



mpenafiel@ecotec.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-3661-6603>



Nacida en Ricaurte, Los Ríos, Ecuador obtuvo sus títulos de Licenciada en Biología, Magíster en Gestión Ambiental. Ha desempeñado roles destacados en: Acuicultura sostenible, Consultoría ambiental y fiscalización de áreas verdes, contribuyendo a la conservación de los recursos naturales. Su carrera combina docencia, investigación y consultoría, con más de 20 años de experiencia, aportando a la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible. En su labor docente ha ejercido en la Universidad de Guayaquil y en la Universidad Ecotec, en donde actualmente lidera el colectivo académico de la carrera de Agronomía en las áreas de Sanidad Vegetal, Ecología y Desarrollo Sostenible, impulsando proyectos innovadores, fortaleciendo la formación de futuros profesionales. Ha sido ponente en congresos nacionales e internacionales sobre biología, salud y medio ambiente, promoviendo el avance del conocimiento científico. Recientemente publicó "Problemas ambientales que Guayaquil debe enfrentar para la transformación en una ciudad sostenible" (2023), donde propone estrategias innovadoras para la sostenibilidad urbana en Ecuador.

Índice

Reseña de Autores	ix
Índice	xi
Índice de Figuras	xiv
Capítulo I: Fundamentos de Química Ambiental	1
1.1. Introducción a la Química Ambiental.....	3
1.1.1. Importancia De La Química Verde.....	6
1.1.2. Desafíos de la Química Verde	7
1.1.3. Resumen de la Química Verde	8
1.2. Calidad y Gestión Ambiental	10
1.3. Importancia Global de la Química Ambiental	11
1.4. Componentes del Sistema Ambiental	14
1.4.1. Aire	14
1.4.2. Agua.....	14
1.4.3. Suelo	15
1.5. Interacciones entre Sistemas Naturales y Humanos	15
1.5.1. Impacto de las Actividades Humanas	15
1.5.2. Efectos del Cambio Climático	15
1.5.3. Soluciones y Mitigación	16
Autoevaluación	17
Evaluación por competencias	21
Actividad práctica por competencias	22
Capítulo II: Principios Básicos de Química.....	25
2.1. Estructura Atómica y Tabla periódica.....	27
2.1.1. Grupos y Períodos:.....	28
2.1.2. Estructura Molecular	28
2.1.3. Enlaces Químicos.....	29

2.2. Reacciones Químicas:	30
2.2.1. Reacciones de Combustión	30
2.2.2. Reacciones de Oxidación-Reducción (Redox)	31
2.2.3. Reacciones Ácido-Base	32
2.2.4. Reacciones de Precipitación	32
2.2.5. Reacciones de Descomposición	33
2.2.6. Reacciones Fotogénicas	34
2.2.7. Reacciones de Hidrólisis	34
2.2.8. Formación de Complejos	35
2.3. Equilibrios Químicos	37
2.3.1. Factores que Afectan el Equilibrio Químico	38
2.3.2. Aplicaciones Prácticas de los Equilibrios Químicos en Ingeniería Ambiental	39
2.4. Propiedades Físicas	42
2.5. Propiedades Químicas	43
2.5.1. Acidez y Basicidad (pH)	44
2.5.2. Reactividad	44
2.5.3. Estabilidad Química	45
Autoevaluación	46
Evaluación por competencias	54
Actividad práctica por competencias	56
Capítulo III: Contaminación Ambiental y Métodos de Análisis	57
3.1. Contaminantes Atmosféricos	59
3.1.1. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	59
3.1.2. Óxidos de Nitrógeno y Azufre	60
3.2. Contaminantes Acuáticos	61
3.2.1. Nutrientes y Eutrofización	61

3.3. Contaminantes del Suelo	61
3.3.1. Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos	61
3.3.2. Hidrocarburos y Solventes.....	61
3.3.3. Residuos Sólidos y Productos de Desecho	62
3.4. Métodos Básicos de Análisis	62
3.4.1. Técnicas de Muestreo y Análisis.....	62
3.4.2. Técnicas de Análisis:	64
3.4.3. Interpretación de Datos Analíticos	65
3.5. Importancia de los Métodos Analíticos.....	66
3.6. Monitoreo Ambiental	66
3.6.1. Redes de Monitoreo de Calidad del Aire.....	67
3.6.2. Monitoreo de Agua y Suelo.....	67
Autoevaluación	69
Evaluación por componentes	75
Capítulo IV: Estrategias de Control y Remediación	79
4.1. Estrategias de Control de Contaminantes.....	81
4.1.1. Tecnologías de Control de Emisiones	81
4.1.2. Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales.....	83
4.2. Remediación de Suelos y Aguas Contaminadas.....	85
4.2.1. Técnicas de Remediación in situ	86
4.2.2. Técnicas de Remediación Fuera de Sitio.....	86
4.2.3. Técnicas de remediación que se pueden utilizar tanto en sitio como fuera de sitio	87
4.2.3.1. Adsorción y Desorción	87
4.2.3.2. Aplicación Ambiental:	88
4.3. Gestión de Residuos y Reciclaje.....	89
4.3.1. Gestión Integral de Residuos.....	89

4.3.2. Política y Regulación Ambiental	90
Autoevaluación	93
Evaluación por competencias	96
Actividad práctica por competencias	98
Solucionario	100
Referencias Bibliográficas	101

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Química Ambiental</i>	4
Figura 2 <i>Personajes que han contribuido al desarrollo de la Química Verde</i>	6
Figura 3 <i>Principios de la Química Verde</i>	9
Figura 4 <i>Gestión Integral de la Calidad Ambiental</i>	11
Figura 5 <i>Componentes Ambientales</i>	16
Figura 6 <i>Enlaces Químicos</i>	29
Figura 7 <i>Reacciones Químicas</i>	30
Figura 8 <i>Combustión del Metano</i>	30
Figura 9 <i>Proceso de nitrificación del nitrógeno en el suelo</i>	31
Figura 10 <i>Reacciones ácidos-Bases</i>	32
Figura 11 <i>Reacción de Descomposición</i>	33
Figura 12 <i>Reacción de Fotosíntesis</i>	34
Figura 13 <i>Reacción de Hidrólisis</i>	35
Figura 14 <i>Partes de un ión Complejo</i>	36
Figura 15 <i>Acidificación de los océanos</i>	38

Figura 16 <i>Proceso de Tratamiento de aguas residuales</i>	40
Figura 17 <i>Sistema de monitoreo y control de la contaminación del aire</i>	41
Figura 18 <i>Remediación de Suelo</i>	41
Figura 19 <i>Monitoreo del pH</i>	42
Figura 20 <i>Contaminantes atmosféricos</i>	60
Figura 21 <i>Contaminación del Suelo</i>	62
Figura 22 <i>Monitoreo de contaminación de Aire</i>	68
Figura 23 <i>Filtro HEPA</i>	82
Figura 24 <i>Precipitador electrostático</i>	82
Figura 25 <i>Tecnologías de Remediación</i>	89
Figura 26 <i>Gestión Integral</i>	92

CAPITULO

01

Fundamentos de Química Ambiental



Fundamentos de Química Ambiental

Este capítulo cubre la introducción a la química ambiental y la diferencia entre química verde y química ambiental, lo cual es esencial para comprender el contexto y la importancia de las prácticas ambientales sostenibles. También aborda la calidad y gestión ambiental, y las interacciones entre los sistemas naturales y humanos, lo cual proporciona una base sólida para entender el impacto de las actividades humanas y las soluciones posibles.

1.1. Introducción a la Química Ambiental

La palabra verde y el ambiente se convirtieron en una asociación familiar a principios de los años setenta, en la base de esta idea estaba la filosofía ambiental de Rachel Carson, quien publicó un libro que lleva el nombre de primavera silenciosa en 1962 Carson, 1962; Carson, 2010 Carson. Esta premisa incluía la advertencia de los efectos perjudiciales de los pesticidas en el ambiente y la industria química en constante crecimiento, lo que resultó en la contaminación general del ambiente con productos químicos tóxicos. Si partimos de la idea de que verde significa que algo es ecológicamente seguro, surge la pregunta: ¿puede la química ser verde? En general, a muchas personas cuando piensan en palabras químicas, le viene a la mente la idea de “contaminación” “tóxicos” y “riesgo”. La respuesta no es unívoca: estudiar química ha resuelto algunos problemas y de la misma manera ha creado otros, principalmente por las empresas químicas a escala industrial. La química va desde la creación del Universo hasta todos los aspectos de la vida moderna, desde el aire que respiramos hasta el agua que consumimos, el plástico que usamos, los alimentos, las telas, etc. La química es el corazón de la ciencia porque está en la base de la tecnología sobre la cual se fundamenta y se desarrolla un país. También es el corazón de la etapa de desarrollo de la generación futura de productos químicos, materiales y energía sustentable Sanghi, 2012. El concepto de desarrollo sustentable se introdujo en el difundido informe de Brundtland llamado Nuestro Futuro Común, donde la comisión incluyó la primera ministra

noruega, Gro Harlem Brundtland definió el desarrollo sustentable en 1987 como desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer sus opciones. a las futuras generaciones de medio ambiente World Commission on Environment and Development, 1987.

Antes del concepto de "Química Verde", los químicos habían valorado el éxito de una reacción o proceso utilizando casi exclusivamente el concepto de "rendimiento". Un avance significativo para cuantificar los residuos químicos fue el concepto de "economía atómica" introducido por Trost en 1991, como la cantidad de átomos de los reactivos que son incorporados en el producto (Trost, 1991). Por ejemplo, las reacciones de adición son completamente económicas atómicamente, pero las reacciones de sustitución resultan en pérdida parcial de átomos porque el grupo saliente necesariamente genera un residuo. Debido a que la economía atómica no incluye la consideración del uso de disolventes y medios de separación, en 1992, Sheldon propuso el "factor E" que definió como la relación en masa de residuos y productos (o cantidad en gramos de residuos por gramo de producto), considerando así, otro parámetro complementario de medición que toma en cuenta todos los materiales consumidos para obtener el producto puro, pero no incorporados en éste (Sheldon, 1992; Sheldon, 2007).

Figura 1

Química Ambiental



Nota: (Europea, 2024).

La Química Verde se centra en diseñar procesos, desarrollar compuestos químicos y utilizar productos que minimicen el impacto ambiental y los riesgos asociados en comparación con las tecnologías tradicionales. Por otro lado, la "Química Sustentable" amplía este enfoque al considerar sistemas más complejos que una reacción química individual. Su perspectiva es más integral, combinando los principios de la Química Verde, los fundamentos de la Ingeniería Verde y la implementación de programas interdisciplinarios. En este contexto, el término "sustentable" abarca un concepto más amplio que "verde", al implicar un enfoque holístico que va más allá del diseño de productos químicos específicos (Krähling, 1999).

La química sustentable es una rama moderna de la química que busca prevenir la contaminación desde su origen, diseñando procesos que reduzcan o eliminen el uso de sustancias peligrosas (Anastas & Warner, 1998). Este enfoque se aplica tanto en la industria química como en laboratorios de investigación y enseñanza, sin importar el nivel educativo. Su objetivo principal es disminuir la generación de residuos en cualquier actividad relacionada con sustancias químicas y sustituir materiales o compuestos que, debido a su toxicidad intrínseca, representen un riesgo para quienes los manipulan, así como para el medio ambiente al convertirse en desechos (Calvo-Flores & Dobado, 2008).

La Química Ambiental se dedica al estudio del ambiente natural y de los productos químicos contaminantes presentes en la naturaleza. En este contexto, la Química Verde complementa su enfoque al trabajar por la "sustentabilidad ambiental", abordando los problemas desde una perspectiva molecular.

Su principal objetivo es diseñar productos y procesos químicos que minimicen riesgos, utilicen los recursos materiales y energéticos de manera eficiente, y fomenten el desarrollo de fuentes renovables.

Este propósito se alcanza mediante herramientas como la catálisis, el empleo de disolventes alternativos, la química analítica, la ciencia de polímeros y la toxicología, entre otros. En muchos casos, se requiere "rediseñar" materiales esenciales para nuestra sociedad, asegurando que sean seguros para el ser humano y el medio ambiente, además de ofrecer beneficios económicos y sociales.

En resumen, mientras la química ambiental se centra en analizar las reacciones químicas en el medio ambiente y su impacto en la calidad del aire, agua y suelo, también estudia el comportamiento de los compuestos químicos en los diferentes sistemas ambientales y

cómo estos afectan la salud humana y los ecosistemas.

Ejemplo: El estudio de la descomposición de contaminantes orgánicos, como los pesticidas, en el suelo mediante procesos de hidrólisis y fotólisis.

Figura 2

Personajes que han contribuido al desarrollo de la Química Verde



Nota: (Sierra, Meléndez, Ramírez-Monroy, & Arroyo, 2014).

1.1.1.Importancia De La Química Verde

La importancia de la química verde es intrínseca a sus ventajas frente a los métodos convencionales, más contaminantes y más tóxicos, ya que promueve un uso más eficiente de las materias primas y la energía, contribuyendo a la conservación de los recursos naturales y a la reducción de los costes asociados. su extracción y procesamiento. En este sentido, esto es fundamental para garantizar la salud y el bienestar de las personas, así como para reducir los impactos negativos sobre los ecosistemas naturales.

Además, su adopción puede estimular la innovación y la competitividad de las empresas, lo que conducirá al desarrollo de nuevos productos y mercados, ya que desempeña un papel crucial en el cumplimiento de normativas medioambientales cada vez más estrictas. Por no hablar de que promover una imagen corporativa más sostenible puede mejorar la reputación de las empresas y atraer a consumidores e inversores preocupados por la responsabilidad medioambiental.

Por lo tanto, en el contexto más amplio del desarrollo sostenible, la química verde es esencial para avanzar hacia una economía que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

1.1.2.Desafíos de la Química Verde

A pesar de que la química verde ofrece, por supuesto, muchas ventajas para fomentar la práctica del desarrollo sostenible en la industria química, se enfrenta a varios inconvenientes que deben resolverse para su aplicación práctica final. Sus principales retos están relacionados con sus desventajas. Por ejemplo, los elevados costes iniciales resultan una barrera, especialmente para las pequeñas y medianas empresas que pueden no tener mucho poder financiero. Otro factor es la complejidad de algunas metodologías de química verde. Los procesos más eficientes y la síntesis química a través de rutas más limpias entran dentro de su ámbito de aplicación; para ello se requiere experiencia en la superación de barreras técnicas. Además, otra limitación es el bajo rendimiento de las químicas desarrolladas con métodos verdes; es posible que no ofrezcan el mismo nivel de rendimiento que las químicas convencionales, lo que restringe su aceptación en el mercado.

Cumplir con la legislación ambiental es un desafío complejo para la industria química, ya que muchas regulaciones son difíciles de interpretar y costosas de implementar. Este proceso de adaptación hacia prácticas más sostenibles avanza con lentitud, especialmente en sectores donde las tecnologías tradicionales siguen predominando. Además, la falta de conciencia ambiental y la resistencia del mercado a adoptar nuevos productos y procesos complican

aún más el cambio. Sin estándares claros ni certificaciones, es difícil identificar productos sostenibles, lo que afecta la transparencia y la confianza del mercado.

Superar estos obstáculos requiere un esfuerzo conjunto. Gobiernos, industria, academia y sociedad civil deben trabajar de la mano para fomentar la innovación, impulsar inversiones y promover la adopción de prácticas sostenibles. Solo con esta colaboración podrá transformar la industria química en un pilar del desarrollo sostenible y responsable.

1.1.3. Resumen de la Química Verde

La química verde es un enfoque sostenible que tiene como objetivo reducir los residuos, minimizar el uso de productos tóxicos y promover procesos más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Desarrolla productos y tecnologías para satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las futuras.

Fomenta el uso de materias primas renovables.

Busca mejorar la eficiencia energética.

Promueve la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente.

Estimula la innovación y la competitividad en la industria.

Contribuye a la preservación de los recursos naturales.

Tiene 12 principios que guían sus prácticas, los cuales son:

Prevención de residuos

Economía atómica

3) Síntesis de productos químicos más seguros

4) Diseño de productos menos tóxicos

5) Disolventes y auxiliares más seguros

6) Eficiencia energética

7) Materias primas renovables

8) Reducción de derivados

- 9) Catálisis
- 10) Diseño para la degradación
- 11) Análisis en tiempo real para la prevención de la contaminación
- 12) Prevención de accidentes.

Algunas de sus ventajas son la reducción de residuos y la contaminación, el fomento de la innovación y la competitividad y la contribución al desarrollo sostenible.

Algunas de sus desventajas son costos iniciales más altos, limitaciones de desempeño y falta de estandarización y certificación.

Figura 3

Principios de la Química Verde



Nota: (Escalante Cabeza, 2021).

En resumen, mientras que la química ambiental se enfoca en los impactos de los químicos en el medio ambiente y la salud, la química verde está orientada a prevenir esos impactos mediante la creación de métodos y productos más sostenibles.

1.2. Calidad y Gestión Ambiental

La calidad y la gestión ambiental están alineadas con el cuarto objetivo específico del Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV) 2013-2017, publicado el 11 de septiembre de 2013 en el suplemento 78. Este objetivo busca fortalecer las capacidades y potencialidades de la ciudadanía, promoviendo una formación integral que fomente valores como creatividad, solidaridad, responsabilidad, pensamiento crítico, participación activa y productividad, bajo los principios de igualdad, equidad social y respeto a la territorialidad.

Entre las principales metas destacan:

- **Fortalecer la calidad educativa** mediante estándares nacionales e internacionales de excelencia, junto con procesos de acreditación y evaluación en todos los niveles que respondan a los objetivos del Buen Vivir.
- **Armonizar los procesos educativos**, asegurando que los perfiles de salida, competencias, habilidades y logros de aprendizaje permitan una transición efectiva entre los diferentes niveles de enseñanza.
- **Incorporar contenidos educativos** que despierten el interés por las ciencias, tecnologías e investigación, contribuyendo a la construcción de una sociedad basada en el conocimiento socialista.
- **Fomentar el aprendizaje práctico**, integrando actividades que vinculen a las comunidades con el proceso educativo y promuevan una cultura de afectividad y responsabilidad hacia las personas y la naturaleza.

Asimismo, el PNBV también destaca la importancia de la interacción entre educación, sector productivo e investigación científica y tecnológica para transformar la matriz productiva y satisfacer necesidades. Esto incluye:

- **Impulsar la transferencia y la innovación tecnológica** para fortalecer la producción nacional, con énfasis en productos de calidad y alto valor agregado en sectores estratégicos.

Figura 4*Gestión Integral de la Calidad Ambiental*

Nota: (Bustamante, 2014).

1.3. Importancia Global de la Química Ambiental

La química ambiental es, por lo tanto, un cuerpo de conocimientos cada vez más esencial que tenemos a nuestra disposición para abordar las cuestiones urgentes de la contaminación, los cambios climáticos y la gestión de los recursos naturales que este mundo, con su creciente actividad industrial y urbana, nos plantea. Nos proporciona las herramientas intelectuales adecuadas para diseñar soluciones eficaces y adecuadas para mitigar el impacto que las actividades humanas pueden tener sobre el medio ambiente y crear prácticas duraderas. La química ambiental se centra en los procesos químicos que tienen lugar en el medio ambiente y en cómo influyen en la salud humana y en otros seres vivos. Comprender cómo se modifican los compuestos químicos en el aire, el agua y el suelo, y cómo se puede dirigir este proceso para conservar el medio ambiente natural y la calidad de vida, es una parte esencial de su estudio.

Tradicionalmente, las ciencias ambientales han estudiado los procesos e interacciones en la mesosfera, la exosfera, la geosfera y la biosfera.

La química ambiental no sólo se encarga del estudio de la vida, transporte y evolución de las sustancias en los ámbitos antes señalados, sino que debe

añadir quinta esfera, la troposfera, que involucra las actividades y sustancias realizadas por los humanos. (Baird, 2001).

La química como ciencia ha contribuido en una serie de beneficios para la humanidad en medicina, salud pública, agronomía, automotriz, energías, telecomunicaciones y en todo lo que nos rodea, permitiéndonos mayor comodidad, y todas esas circunstancias han llevado a una contaminación permanente, y hoy se busca que todo lo que se produzca no impacte sobre el ambiente.

La mayor parte de los compuestos químicos sintéticos son la causa mayoritaria de los problemas ambientales actuales y que seguirán actuando durante muchos años para que se puedan desintegrar y regresar a la naturaleza, todo esto de la mano con el incremento poblacional.

“La química ambiental incluye el estudio de un gran número de compuestos químicos diferentes, procesos y metodologías.

Debido a que, como dicen los biólogos, todo en la Tierra está conectado, es imposible dividir los estudios en componentes que no interactúen” (Baird, 2001).

Por medio de su propio ingenio y las herramientas que se han creado durante años para explotar la tierra y adquirir riqueza; bienes materiales que han cobrado un precio muy alto, la contaminación del agua, la disminución de la calidad del aire en las grandes ciudades, desechos disipados por toda la tierra e incluso lo tenemos en los océanos como ocurre con el llamado séptimo continente que no es más que una gran acumulación de desechos en el océano Atlántico del tamaño del continente africano. (Domènech, 1993)

La degradación ambiental se ha reconocido como un problema mundial durante los últimos años. Las llamadas cumbres donde varios países se han comprometido a implementar medidas para disminuir la contaminación, así como reducir la producción de sustancias peligrosas y su disposición final.

La química ambiental debe ir más allá de solo detectar los problemas ambientales y explicar sus fenómenos, debe llegar a soluciones de tales problemas. Es así que el presente trabajo trata de cambiar sustancias altamente contaminantes por otras más amigables con el ambiente obteniendo los mismos

o mejores resultados para las aplicaciones en que fueron utilizadas. La preocupación social sobre la química hace referencia tanto a los riesgos de los productos que emplea la industria química, como a los efectos nocivos que acompañan a la aplicación de los productos finales, disolventes, pesticidas, plásticos, fármacos, etc. Aunque la química no sea el origen único de la contaminación, su responsabilidad a la hora de proporcionar soluciones es la prevención y remediación de los efectos que ella ocasiona.

La sociedad cada vez está más involucrada en esta problemática, ejerciendo presión a las autoridades de turno y legisladores para crear leyes que ayuden al control de la contaminación; tienda a la disminución de las emisiones de gases, efluentes acuosos y residuos sólidos; procure el cambio a tecnologías más limpias que ayuden a cuidar a las presentes y futuras generaciones que serán afectadas de una u otra manera.

Todo cambio conlleva un análisis de costos y beneficios, pero en algún momento las soluciones deben ser implementadas, ya sea de forma voluntaria o por obligación, debido a las circunstancias que enfrentan las industrias. Mantener e introducir medidas de seguridad para prevenir los riesgos asociados al carácter tóxico, corrosivo e inflamable de las sustancias producidas o utilizadas representa un costo significativo (Cuadreny, 2003).

En este contexto, la química ambiental desempeña un papel clave al aplicar y desarrollar principios teóricos y técnicos de la química que contribuyen al mantenimiento y la mejora del bienestar humano y del entorno que nos rodea. Esta disciplina busca garantizar el acceso a los recursos necesarios para promover el desarrollo sostenible de la vida (Cuadreny, 2003).

Interdisciplinariedad: La química ambiental integra conceptos de química, biología, geología y ecología. Esta interdisciplinariedad es crucial para abordar problemas complejos y desarrollar estrategias de intervención que consideren todos los aspectos del sistema ambiental.

En resumen, la química ambiental se cruza con varias disciplinas:

- **Biología Ambiental:** Entiende cómo los contaminantes afectan a los organismos vivos y sus ecosistemas.

- **Ingeniería Ambiental:** Aplica principios químicos para diseñar sistemas de tratamiento de residuos y control de la contaminación.
- **Ciencias de la Tierra:** Estudia cómo los procesos químicos afectan la geología y la calidad del suelo.

Ejemplo: Colaboración entre químicos ambientales y biólogos para desarrollar estrategias de biorremediación que utilicen microorganismos para degradar contaminantes en el suelo y el agua.

1.4. Componentes del Sistema Ambiental

1.4.1. Aire

El aire está compuesto principalmente por nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y trazas de otros gases como dióxido de carbono (0,04%) y argón (0,93%). También contiene vapor de agua, cuya concentración varía.

El aire es fundamental para la respiración de los seres vivos, la fotosíntesis de las plantas y la regulación del clima. Actúa como medio de dispersión de contaminantes y como regulador de la temperatura global mediante el efecto invernadero.

Problemas ambientales: contaminación del aire por emisiones industriales, vehículos, quema de combustibles fósiles, lo que resulta en smog, lluvia ácida y cambios climáticos.

1.4.2. Agua

- **Ciclos del Agua:** Incluye la evaporación, condensación, precipitación, infiltración y escorrentía. Es vital para todos los procesos biológicos y ecológicos.
- **Fuentes:** El agua se encuentra en océanos, ríos, lagos, acuíferos y en forma de hielo en glaciares. Solo una pequeña fracción está disponible como agua dulce.

- **Problemas Ambientales:** Contaminación por sustancias tóxicas, eutrofización, sobreexplotación de recursos hídricos, y cambios en la disponibilidad debido al cambio climático.

1.4.3.Suelo

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, agua y aire. Se clasifica en diferentes tipos según su textura (arenoso, limoso, arcilloso).

El suelo proporciona nutrientes y soporte para las plantas, filtra agua, y actúa como un hábitat para numerosos organismos. Es fundamental para la agricultura y la estabilidad de los ecosistemas.

Problemas Ambientales: Erosión del suelo, degradación por prácticas agrícolas insostenibles, contaminación por metales pesados y pesticidas, y pérdida de fertilidad.

1.5. Interacciones entre Sistemas Naturales y Humanos

1.5.1.Impacto de las Actividades Humanas

- **Agricultura:** La agricultura intensiva puede llevar a la degradación del suelo, la eutrofización de cuerpos de agua por el uso de fertilizantes, y la pérdida de biodiversidad.
- **Industria y Urbanización:** Las actividades industriales y la expansión urbana contribuyen a la contaminación del aire y del agua, así como a la alteración de hábitats naturales.
- **Uso de Recursos:** La explotación de recursos naturales (agua, minerales, petróleo) puede llevar a la sobreexplotación y a la alteración de los ciclos biogeoquímicos.

1.5.2.Efectos del Cambio Climático

- **Temperaturas:** El aumento de la temperatura global afecta los ciclos del agua y del carbono, y puede llevar a eventos meteorológicos extremos.

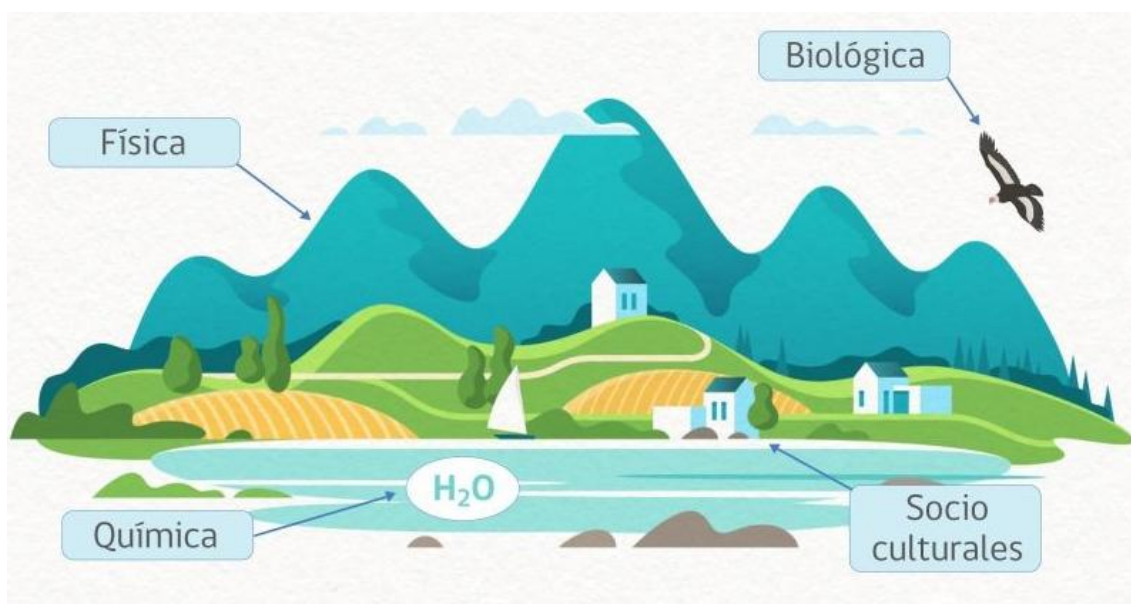
- **Niveles del Mar:** El deshielo de glaciares y el calentamiento de los océanos contribuyen al aumento del nivel del mar, afectando las zonas costeras.

1.5.3. Soluciones y Mitigación

- **Tecnologías Limpias:** Implementación de tecnologías que reduzcan las emisiones de contaminantes y promuevan el uso eficiente de los recursos.
- **Conservación y Restauración:** Proyectos de conservación para proteger los ecosistemas y restauración de áreas degradadas para recuperar la funcionalidad ecológica.

Figura 5

Componentes Ambientales



Nota: (Servicio de Evaluación Ambiental, 2022).

Autoevaluación

Subraye la respuesta correcta

1) ¿Qué área de estudio se enfoca en la comprensión de las interacciones químicas en el medio ambiente?

- A) Química Orgánica
- B) Química Ambiental
- C) Química Inorgánica
- D) Química Analítica

2) ¿Cuál de las siguientes opciones es un enfoque de la química verde?

- A) Análisis de contaminantes en el aire
- B) Desarrollo de tecnologías limpias y reducción de sustancias peligrosas
- C) Evaluación del impacto de los contaminantes en la salud humana
- D) Monitoreo de la calidad del agua.

3) ¿Qué aspecto NO está directamente relacionado con la gestión ambiental?

- A) Establecimiento de normas de calidad del aire
- B) Monitoreo de niveles de contaminantes en cuerpos de agua
- C) Investigación de los ciclos biogeoquímicos del carbono
- D) Desarrollo de planes de manejo para la reducción de impactos ambientales

4) ¿Cuál es el principal objetivo de la química ambiental?

- A) Reducir el uso de sustancias químicas
- B) Evaluar los procesos naturales de descomposición
- C) Analizar y mitigar los efectos de los contaminantes químicos en el medio ambiente
- D) Desarrollar nuevos productos químicos

5) ¿Qué componente del sistema ambiental se ve afectado por la contaminación con metales pesados y pesticidas?

- A) Aire
- B) Agua
- C) Suelo
- D) Biosfera

6) ¿Cuál de los siguientes efectos es una consecuencia del cambio climático?

- A) Reducción de la frecuencia de huracanes
- B) Disminución de la biodiversidad en los ecosistemas
- C) Aumento en la capacidad de los suelos para sostener la vida
- D) Disminución de los niveles de contaminantes atmosféricos

7) ¿Qué práctica se relaciona con la química verde para reducir la contaminación?

- A) Monitoreo ambiental
- B) Regulación de emisiones de gases
- C) Diseño de procesos químicos que minimicen la generación de residuos
- D) Análisis de impacto ambiental de contaminantes

8) ¿Qué acción forma parte de la mitigación del cambio climático?

- A) Aumento de la producción de combustibles fósiles
- B) Promoción del uso de energías renovables
- C) Reducción de la inversión en tecnologías limpias
- D) Incremento en la deforestación

9) ¿Qué proceso natural se afecta negativamente por la contaminación del aire con ozono troposférico?

- A) Fotosíntesis
- B) Ciclo del agua
- C) Ciclo del nitrógeno
- D) Ciclo del carbono

10) ¿Cuál es una de las principales causas de la eutrofización en cuerpos de agua?

- A) Emisión de gases de efecto invernadero
- B) Uso excesivo de pesticidas y fertilizantes
- C) Incremento en la producción de metales pesados
- D) Deforestación

Relaciona y subraya la respuesta correcta

Cada término de la columna A con la descripción correspondiente de la columna B.

Columna A:	Columna B:
1) Química Verde	a) Evaluación continua de la calidad del aire, agua y suelo para detectar contaminantes.
2) Contaminación de Agua	b) Estudio de los contaminantes y sus efectos en cuerpos de agua.
3) Cambio Climático	c) Reducción de riesgos y diseño de procesos menos contaminantes.
4) Monitoreo Ambiental	d) Alteración en el equilibrio de los sistemas naturales debido a gases de efecto invernadero.

A) 1c;2b; 3d; 4a

B) 1 a ;2d;3c;4b

C) 1c; 2 a;3d;4b

D) 1b; 2c;3 a ;4d

Columna A:	Columna B:
1) Ciclo del Carbono	a) Modificaciones en el medio ambiente debido a la urbanización, industrialización y otras actividades humanas.
2) Suelo	b) Proceso que involucra la captura y almacenamiento de carbono en el suelo y la atmósfera.
3) Gestión Ambiental	c) Contaminación del suelo por productos químicos como pesticidas y metales pesados.
4) Impacto de Actividades Humanas	d) Implementación de políticas y prácticas para proteger y mejorar la calidad ambiental.

A) 1a;2b;3c;4d

B) 1b; 2c;3d;4a

C) 1d;2 a;3b;4c

D) 1c;2d;3a;4b

1. Cada efecto con su causa principal.

Columna A:	Columna B:
1) Eutrofización	a) Reducción de hábitats naturales debido a actividades humanas como la deforestación y urbanización.
2) Reducción de la Biodiversidad	b) Uso excesivo de fertilizantes y pesticidas que aumentan la concentración de nutrientes en el agua.
3) Aumento del Nivel del Mar	c) Emisión de óxidos de nitrógeno y azufre que se combinan con la lluvia.
4) Lluvias Ácidas	d) Expansión de los océanos debido al calentamiento global.

- A) 1 a; 2b; 3c; 4d
 B) 1b; 2c; 3d; 4 a
 C) 1b; 2 a; 3d; 4c
 D) 1c; 2b; 3 a; 4d

2. Cada efecto con su causa principal.

Columna A:	Columna B:
1) Deshielo de Glaciares	a) Liberación de gases de efecto invernadero como el CO ₂ que calienta la atmósfera.
2) Contaminación del Aire	b) Absorción de CO ₂ por los océanos que cambia su química y reduce el pH.
3) Acidificación de los Océanos	c) Incremento de la temperatura global que provoca la fusión de glaciares.

- A) 1 a; 2b; 3c
 B) 1b; 2c; 3a
 C) 1c; 2 a; 3b

Evaluación por competencias

Objetivo de la evaluación: Evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los conceptos clave de la química ambiental, incluyendo la diferencia entre química verde y química ambiental, la importancia de la gestión ambiental, y las interacciones entre sistemas naturales y actividades humanas. Se espera que analicen impactos ambientales y propongan soluciones sustentables.

Competencia 1: Conocimientos fundamentales en química ambiental

Explica la importancia de la química ambiental para comprender los problemas ecológicos actuales. ¿Cómo se relaciona con el desarrollo sostenible?

Competencia 2: Evaluación de contaminantes

Identifica y describe tres contaminantes que afectan la calidad del aire, el agua y el suelo. ¿Cuáles son sus fuentes y efectos sobre el medio ambiente y la salud?

Competencia 3: Gestión Ambiental

¿Qué estrategias de gestión se pueden implementar para mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas? Discuta al menos dos.

Competencia 4: Interacción Humano-Naturaleza

Analiza cómo el cambio climático afecta la calidad del agua en su región. Incluye ejemplos específicos y su relación con las actividades humanas.

Competencia 5: Importancia Global de la Química Ambiental

Analiza el papel de la química ambiental en la mitigación del cambio climático global. Incluye ejemplos de prácticas o tecnologías sostenibles.

Actividad práctica por competencias

Título: Evaluación y Mitigación de Impactos Ambientales

Competencia 1: Comprensión de la Química Ambiental

Actividad:

Lectura y Reflexión: Lee la sección (Introducción a la Química Ambiental) y escribe un resumen (1 página) sobre qué es la química ambiental y su relevancia en el contexto actual.

Criterios:

Claridad en la definición de la química ambiental.

Inclusión de ejemplos actuales de problemas ambientales.

Competencia 2: Aplicación de la Química Verde

Actividad: 2. Investigación sobre Química Verde: Investiga un caso de éxito de química verde. Elabora un breve informe (1-2 páginas) que incluya:

- Descripción del caso.
- Impacto positivo en la reducción de residuos o emisiones.
- Desafíos enfrentados en su implementación.

Criterios:

- Profundidad del análisis.
- Relevancia del caso para la sostenibilidad.

Competencia 3: Impacto de las Actividades Humanas

Actividad: 4. Análisis de Impacto Humano: Elige una actividad humana en tu comunidad (ej. tráfico, agricultura, industria) y analiza su impacto en un componente del sistema ambiental.

Elabora un informe (2-3 páginas) que incluya:

- Descripción de la actividad.

- Contaminantes generados y sus efectos en el aire, agua o suelo.
- Propuestas de mitigación.

Criterios:

- Comprensión del impacto ambiental.
- Viabilidad de las propuestas presentadas.

Competencia 5: Propuestas de Soluciones y Mitigación

Actividad: 5. Plan de Acción: Basado en tus análisis anteriores, elabora un plan de acción para mejorar la calidad ambiental en tu comunidad, considerando aspectos de la química ambiental y la sostenibilidad.

El plan debe incluir:

- Objetivos claros.
- Estrategias específicas.
- Métodos de evaluación de resultados.

Criterios:

- Claridad y estructura del plan.
- Realismo y aplicabilidad de las estrategias propuestas.

Recomendamos observar los siguientes videos para facilitarle el aprendizaje de los contenidos expuestos en el presente capítulo:

Links: Introducción a la Química Ambiental

<https://www.youtube.com/watch?v=uIDA8HjrSM8>

<https://www.youtube.com/watch?v=Qo99Ps4LYMs>

<https://www.youtube.com/watch?v=Q15btSRQsYE>

<https://www.youtube.com/watch?v=33uuZRaEzG0>

<https://www.youtube.com/watch?v=HWuqTDiRgKg>

CAPITULO

02

Principios Básicos de Química



Principios Básicos de Química

Este capítulo aborda los conceptos fundamentales de química, incluyendo estructura molecular, tipos de reacciones y equilibrios químicos. Estos son esenciales para un ingeniero ambiental porque proporcionan el conocimiento necesario para entender cómo las sustancias químicas interactúan en el ambiente y cómo se pueden controlar o remediar.

2.1. Estructura Atómica y Tabla periódica

- Átomo:
 - Componentes:
 - **Núcleo:** Contiene protones (carga positiva) y neutrones (sin carga). El número de protones define el elemento químico.
 - **Electrones:** Orbitan alrededor del núcleo en capas electrónicas. La distribución de electrones sigue el principio de Aufbau, la regla de Hund y el principio de exclusión de Pauli.
 - Número Atómico y Masa Atómica:
 - **Número Atómico (Z):** Número de protones en el núcleo, determina la identidad del elemento. Ejemplo: El carbono tiene $Z = 6$.
 - **Masa Atómica:** Suma de protones y neutrones en el núcleo. Ejemplo: El carbono-12 tiene un número de masa de 12 (6 protones y 6 neutrones).
- Configuración Electrónica:
 - **Definición:** Distribución de electrones en los niveles de energía alrededor del núcleo. Ejemplo:

Oxígeno (O): Configuración electrónica $1s^2 2s^2 2p^4$. Tiene 6 electrones en la capa de valencia, formando dos enlaces covalentes para completar el octeto.

2.1.1. Grupos y Períodos:

- **Grupos:** Columnas verticales en la tabla periódica que indican elementos con propiedades químicas similares. Ejemplos incluyen los halógenos y los gases nobles.
- **Períodos:** Filas horizontales que muestran el número de capas electrónicas. Los elementos en el mismo período tienen el mismo número de capas electrónicas.

2.1.2. Estructura Molecular

La estructura molecular se refiere a la forma en que los átomos se unen para formar moléculas. Esta estructura se puede visualizar utilizando modelos como el modelo de bola y palillo o el modelo de espacio relleno.

- **Moléculas diatómicas:** Como O_2 o N_2 , compuestas por dos átomos de un mismo elemento.
- **Moléculas compuestas:** Como H_2O o CO_2 , donde diferentes elementos están unidos en proporciones específicas.

La disposición de los átomos en una molécula se determina por la teoría de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (VSEPR), que ayuda a predecir la forma de la molécula basada en la repulsión entre pares de electrones.

- Geometrías Comunes:
 - **Lineal:** Ángulo de 180° (ejemplo: CO_2).
 - **Trigonal Planar:** Ángulo de 120° (ejemplo: BF_3).
 - **Tetraédrica:** Ángulo de 109.5° (ejemplo: CH_4).
 - **Octaédrica:** Ángulo de 90° (ejemplo: SF_6).

Agua (H_2O): Tiene una estructura angular con un ángulo de 104.5° , donde el oxígeno está unido a dos átomos de hidrógeno mediante enlaces covalentes.

2.1.3. Enlaces Químicos

Enlace Covalente: Formación de un enlace químico mediante el compartimiento de pares de electrones entre átomos. Generalmente forman moléculas con bajos puntos de ebullición y fusión comparados con enlaces iónicos.

Ejemplo: En el agua (H_2O), el oxígeno forma enlaces covalentes con dos átomos de hidrógeno.

Enlace Iónico: Formación de un enlace químico a través de la transferencia de electrones de un átomo a otro, generando iones positivos y negativos que se atraen electrostáticamente. Generalmente forman sólidos con altos puntos de ebullición y fusión y conducen la electricidad cuando están disueltos en agua.

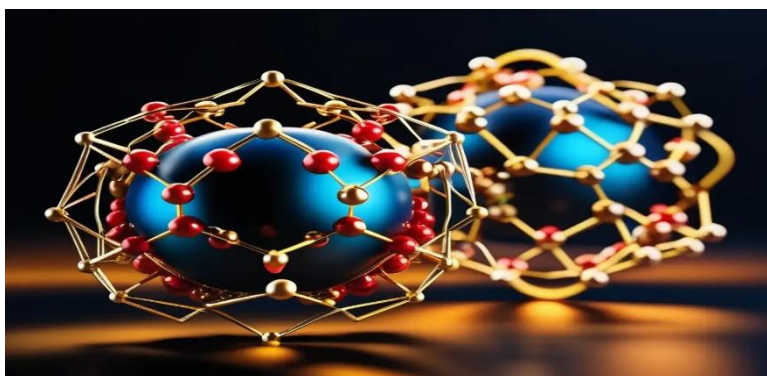
Ejemplo: En la sal común (NaCl), el sodio (Na) dona un electrón al cloro (Cl), formando iones Na^+ y Cl^- .

Enlace Metálico: Formación de un enlace químico en el que los electrones de valencia están deslocalizados y compartidos libremente entre átomos metálicos. Buenos conductores de calor y electricidad, y suelen ser maleables y dúctiles.

Ejemplo: En el cobre (Cu), los átomos están unidos por enlaces metálicos, lo que permite la conducción de electricidad.

Figura 6

Enlaces Químicos



Nota: (Química Moderna, 2024).

2.2. Reacciones Químicas:

Procesos en los que una o más sustancias se transforman en otras sustancias con diferentes propiedades.

Figura 7

Reacciones Químicas



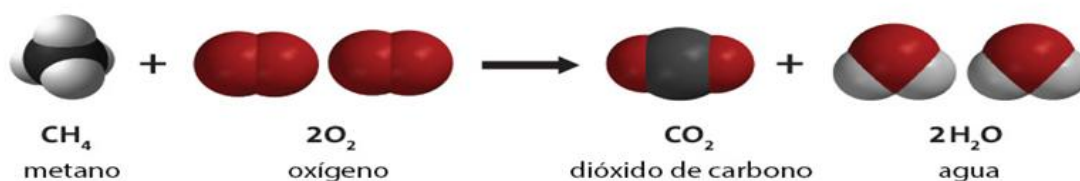
Nota: (Algor Education, 2023).

2.2.1. Reacciones de Combustión

- **Descripción:** Reacciones donde un combustible (generalmente hidrocarburos) reacciona con oxígeno para producir dióxido de carbono, agua y energía. Pueden ser completas o incompletas.

Figura 8

Combustión del Metano



Nota: (Thermal Engineering, 2020).

Ejemplos:

- **Combustión Completa:**
 - **Ecuación:** $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.
 - **Descripción:** Metano (gas natural) se quema completamente produciendo dióxido de carbono y agua.

- **Combustión Incompleta:**
 - **Ecuación:** $2\text{CH}_4 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO} + 4\text{H}_2\text{O}$.
 - **Descripción:** Metano se quema con oxígeno limitado, produciendo monóxido de carbono y agua.
- **Importancia Ambiental:** Genera contaminantes atmosféricos como CO_2 , NO_x , y SO_2 , contribuyendo al cambio climático y la contaminación del aire.

2.2.2.Reacciones de Oxidación-Reducción (Redox)

- **Descripción:** Implican la transferencia de electrones entre sustancias, cambiando sus estados de oxidación. Ejemplos:
 - **Oxidación del Hierro:**
 - **Ecuación:** $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$.
 - **Descripción:** Corrosión del hierro en presencia de oxígeno, formando óxido de hierro.
 - **Reducción de Nitratos:**
 - **Ecuación:** $\text{NO}_3^- + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$.
 - **Descripción:** Reducción de nitratos a nitritos en suelos.
- **Importancia Ambiental:** Influye en la contaminación del suelo y agua, y en el ciclo de nutrientes como nitrógeno y fósforo.

Figura 9

Proceso de nitrificación del nitrógeno en el suelo



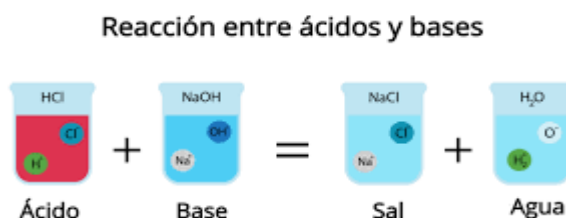
Nota: (COMPO EXPERT, 2017).

2.2.3.Reacciones Ácido-Base

- **Descripción:** Involucran la transferencia de protones (H^+) entre ácidos y bases, afectando el pH.

Figura 10

Reacciones ácidos-Bases



Nota: (Carmona Martín, 2024).

- **Ejemplos:**
 - **Neutralización:**
 - **Ecuación:** $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$.
 - **Descripción:** Reacción de ácido clorhídrico con hidróxido de sodio, formando cloruro de sodio y agua.
 - **Reacción en Suelos Ácidos:**
 - **Ecuación:** $H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$.
 - **Descripción:** Neutralización de ácido sulfúrico en suelos.
- **Importancia Ambiental:** Afecta el pH de suelos y cuerpos de agua, influyendo en la salud de los ecosistemas y la eficacia del tratamiento de aguas.

2.2.4.Reacciones de Precipitación

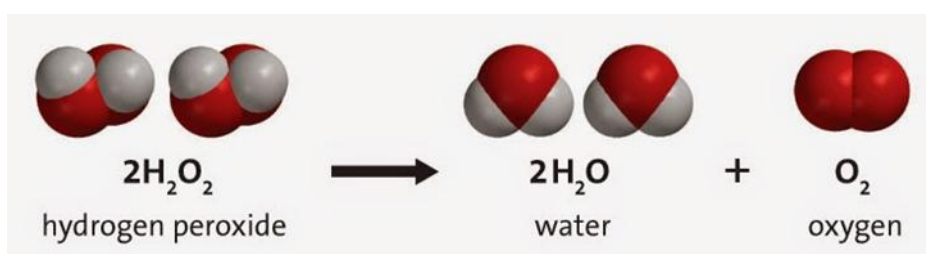
- **Descripción:** Ocurren cuando dos soluciones acuosas reaccionan para formar un sólido insoluble (precipitado). Ejemplos:
 - **Formación de Sales:**
 - **Ecuación:** $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl \text{ (precipitado)} + NaNO_3$.

- **Descripción:** Reacción de nitrato de plata y cloruro de sodio, formando cloruro de plata.
- **Eliminación de Metales Pesados:**
 - **Ecuación:** $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2$ (precipitado).
 - **Descripción:** Precipitación de yoduro de plomo en soluciones acuosas.
- **Importancia Ambiental:** Utilizada en el tratamiento de aguas residuales para remover contaminantes y en la formación de minerales en suelos y cuerpos de agua.

2.2.5.Reacciones de Descomposición

- **Descripción:** Implican la ruptura de un compuesto en dos o más sustancias más simples. Ejemplos:
 - **Descomposición del Peróxido de Hidrógeno:**
 - **Ecuación:** $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.
 - **Descripción:** Peróxido de hidrógeno se descompone en agua y oxígeno.

Figura 11
Reacción de Descomposición



Nota: (Estrada Ramírez, 2021).

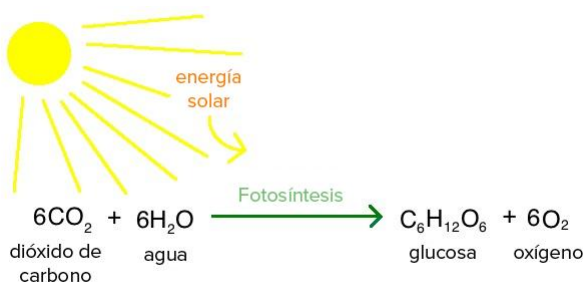
- **Descomposición de Materia Orgánica:**
 - **Ecuación:** $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$.
 - **Descripción:** Fermentación de glucosa en ácido láctico.
- **Importancia Ambiental:** Fundamental en la descomposición de materia orgánica en suelos y cuerpos de agua, y en el tratamiento de residuos.

2.2.6.Reacciones Fotogénicas

- **Descripción:** Impulsadas por la energía de la luz, afectan la formación y transformación de compuestos en la atmósfera. Ejemplos:
 - **Fotosíntesis:**
 - **Ecuación:** $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{luz} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$.
 - **Descripción:** Proceso mediante el cual las plantas convierten dióxido de carbono y agua en glucosa y oxígeno usando energía solar.

Figura 12

Reacción de Fotosíntesis



Nota: (Khan Academy, 2017).

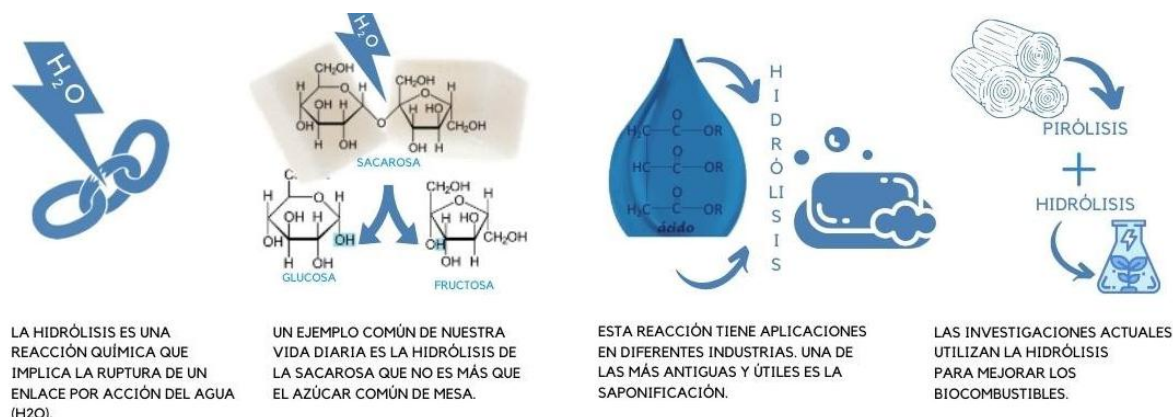
- **Formación de Ozono Troposférico:**
 - **Ecuación:** $\text{NO}_2 + \text{luz} \rightarrow \text{NO} + \text{O}$.
 - **Descripción:** Descomposición del dióxido de nitrógeno bajo luz solar, contribuyendo a la formación de ozono troposférico.
- **Importancia Ambiental:** Influye en la calidad del aire, el ciclo del carbono y la formación de contaminantes atmosféricos.

2.2.7.Reacciones de Hidrólisis

- **Descripción:** Reacciones en las que el agua rompe enlaces en compuestos, formando nuevos productos.

Figura 13

Reacción de Hidrólisis



Nota: (Núcleo Milenio en Procesos Catalíticos hacia la Química Sustentable, 2020).

- **Ejemplos:**
 - **Hidrólisis Ácida:**
 - **Ecuación:** $R-O-R' + H_2O + H^+ \rightarrow R-OH + R'-OH$.
 - **Descripción:** Hidrólisis de ésteres en presencia de ácido, produciendo alcohol y ácido.
 - **Hidrólisis Básica (Saponificación):**
 - **Ecuación:** $R-COO-R' + NaOH \rightarrow R-COONa + R'-OH$.
 - **Descripción:** Hidrólisis de ésteres en presencia de una base fuerte, produciendo una sal y alcohol.
 - **Hidrólisis Neutral:**
 - **Ecuación:** $(R-COOH)_2 + H_2O \rightarrow R-COOH + R'-COOH$.
 - **Descripción:** Hidrólisis de anhídridos de ácido en condiciones neutras, formando ácidos.
 - **Importancia Ambiental:** Afecta la descomposición de contaminantes, el pH del suelo y agua, y el ciclo de nutrientes.

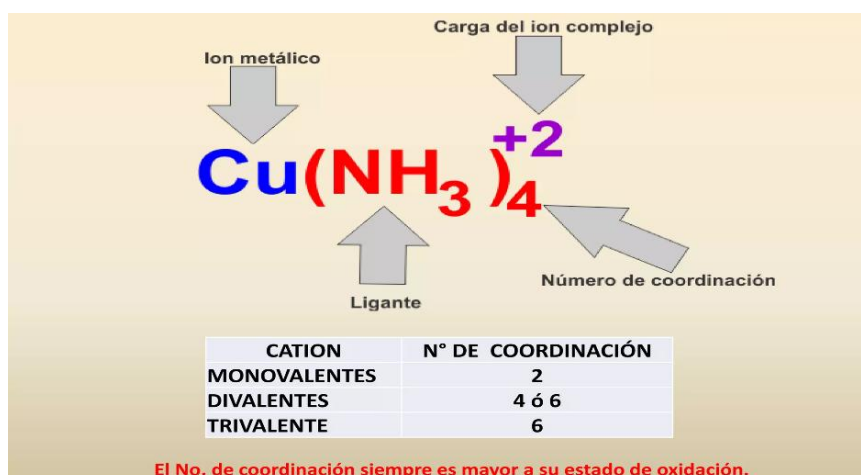
2.2.8. Formación de Complejos

Un complejo químico se forma cuando un ion metálico central se une a uno o más ligandos mediante enlaces de coordinación. Los ligandos son moléculas o

iones que tienen pares de electrones no compartidos y pueden donar estos pares para formar enlaces con el ion metálico.

Figura 14

Partes de unión Complejo



Nota: Cruz (2012).

Ejemplo General: $[M(L)_n]^z$

Donde M es el ion metálico, L son los ligandos, n es el número de ligandos que se coordinan con el metal, z es la carga total del complejo (que es la carga neta del ion metálico más la carga total de los ligandos). Ejemplos detallados:

1. Complejo de Ion Cobre con Amoníaco:

- **Reacción de Formación:** $Cu^{2+} + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}$
- Aquí, el ion de cobre (Cu^{2+}) se coordina con cuatro moléculas de amoníaco (NH_3) para formar un complejo con una carga de +2.

2. Complejo de Ion Hierro con Ácido Clorhídrico y Agua:

- **Reacción de Formación:** $Fe^{3+} + 6H_2O \rightarrow [Fe(H_2O)_6]^{3+}$
- En este caso, el ion hierro (Fe^{3+}) forma un complejo con seis moléculas de agua (H_2O), generando un complejo acuoso con una carga de +3.

3. Complejo de Ion Plata con Cloruro:

- **Reacción de Formación:** $Ag^+ + Cl^- \rightarrow [AgCl]^0$

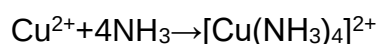
- El ion plata (Ag^+) se une con un ion cloruro (Cl^-) formando un complejo neutro de cloruro de plata.

Aplicación Ambiental:

- **Solubilidad y Movilidad de Metales Pesados:**

- Los metales pesados, como el cobre (Cu^{2+}) y el plomo (Pb^{2+}), pueden formar complejos con ligandos presentes en el entorno, afectando su solubilidad y movilidad. Ejemplo del Cobre con Amoníaco:

- **Reacción de Formación de Complejo:**



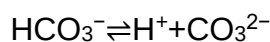
- **Aplicación:** Este complejo de cobre es soluble en agua, lo que facilita la movilización del cobre en cuerpos de agua y puede llevar a una mayor dispersión de este metal pesado en el ambiente acuático.

Impacto en la Remediación: La formación de complejos puede ser utilizada en procesos de remediación para extraer metales pesados del suelo y agua mediante agentes quelantes que forman complejos estables con estos metales.

2.3. Equilibrios Químicos

Los equilibrios químicos son cruciales para comprender cómo las sustancias se distribuyen en el medio ambiente. Por ejemplo, el equilibrio entre el dióxido de carbono (CO_2) y el carbonato (CO_3^{2-}) en las aguas naturales afecta la acidez del agua y, por ende, la vida acuática.

Reacción de Equilibrio Acido-Base: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$



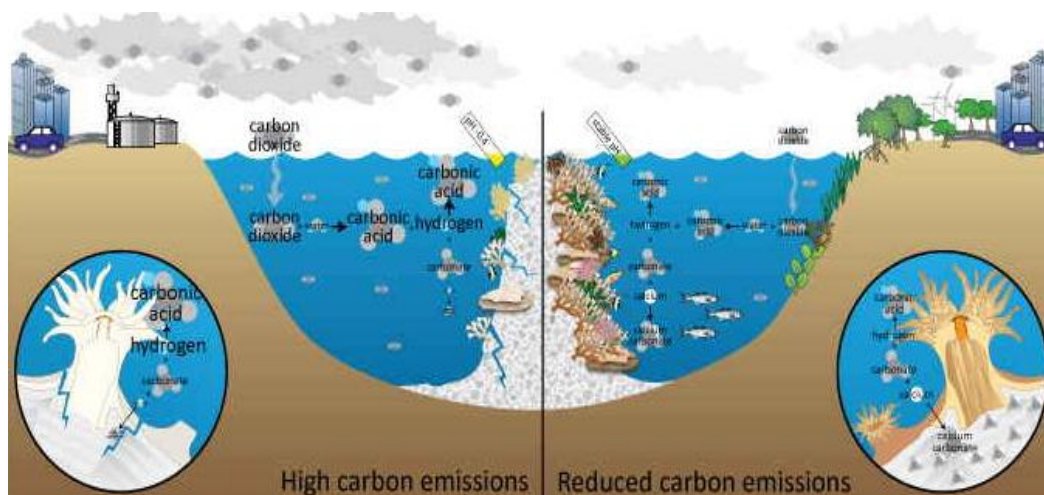
Aplicación Ambiental: Cambios en la concentración de CO_2 pueden alterar el equilibrio, afectando el pH del agua. Esto impacta la salud de organismos acuáticos y puede llevar a problemas como la acidificación de océanos.

Efectos Ambientales:

- **Acidificación de los Océanos:**
 - Aumentos en las concentraciones de CO_2 atmosférico aumentan la concentración de H_2CO_3 en el agua, lo que disminuye el pH del agua y puede dañar corales y organismos con conchas de carbonato de calcio.
- **Ecosistemas Acuáticos:**
 - El equilibrio ácido-base del agua afecta la solubilidad de metales pesados y nutrientes, influyendo en la salud y la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos.

Figura 15

Acidificación de los océanos



Nota: (Fresco y del Mar, 2016).

2.3.1. Factores que Afectan el Equilibrio Químico

- **Concentración:**
 - **Principio de Le Chatelier:** Si se cambia la concentración de reactivos o productos, el sistema ajustará su equilibrio para contrarrestar el cambio.
 - **Aplicación:** En la descontaminación de aguas, ajustar la concentración de reactivos puede ayudar a optimizar el proceso de eliminación de contaminantes.

- **Temperatura:**
 - **Efecto sobre la Constante de Equilibrio:** La constante de equilibrio cambia con la temperatura. Si una reacción es exotérmica (libera calor), aumentar la temperatura disminuye K y favorece la formación de reactivos.
 - **Aplicación:** El control de temperatura en procesos de tratamiento de aguas puede afectar la eficiencia de las reacciones de descomposición de contaminantes.
- **Presión (para sistemas gaseosos):**
 - **Efecto sobre el Equilibrio:** Un cambio en la presión afecta el equilibrio si hay un cambio en el número de moles de gas. Aumentar la presión favorece la reacción que reduce el número de moles de gas.
 - **Aplicación:** En el control de emisiones industriales, ajustar la presión puede optimizar la conversión de gases contaminantes en productos menos dañinos.

2.3.2. Aplicaciones Prácticas de los Equilibrios Químicos en Ingeniería Ambiental

Tratamiento de Aguas Residuales:

El tratamiento de aguas residuales es un proceso clave para cuidar el medio ambiente. Consiste en una combinación de métodos físicos, químicos y biológicos diseñados para eliminar los contaminantes del agua que provienen de actividades humanas o industriales.

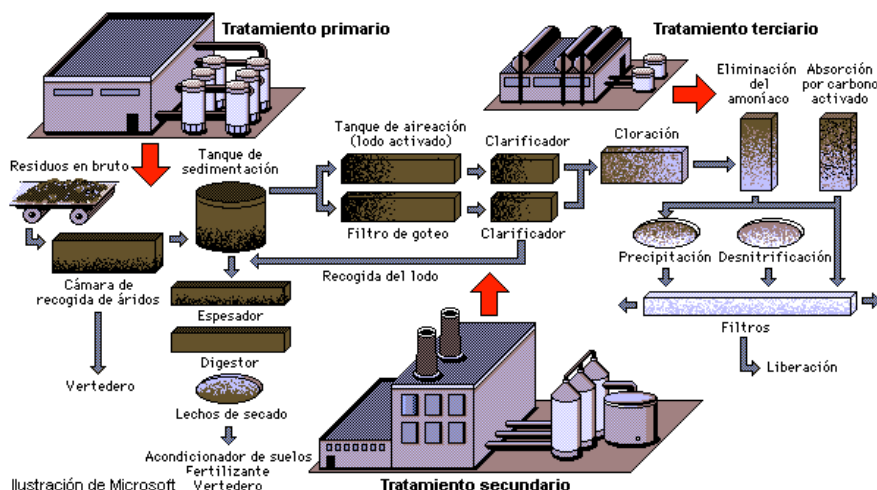
La solución más común para controlar la contaminación es el uso de plantas de tratamiento. Estas instalaciones realizan la mayor parte del trabajo para separar los contaminantes del agua, dejando solo una cantidad mínima que será degradada naturalmente en los cuerpos de agua receptores, como ríos o lagos.

El diseño de estos sistemas se basa en manejar cuidadosamente los equilibrios químicos. Por ejemplo, para eliminar contaminantes, se neutralizan ácidos y

bases, o se ajustan las condiciones químicas para provocar la precipitación de metales pesados. Así, se asegura que el agua tratada regrese al entorno de forma segura y sostenible.

Figura 16

Proceso de Tratamiento de aguas residuales



Nota: (Tratamiento de Aguas Residuales, 2017).

- **Control de Contaminación del Aire:**

La contaminación del aire no solo pone en riesgo la salud humana, sino que también genera una mayor presión sobre los sistemas de atención médica y afecta el equilibrio ecológico. Es fundamental que la humanidad reflexione sobre el tipo de civilización avanzada que realmente necesita. ¿Es posible regresar a los fundamentos esenciales de la vida mientras buscamos avanzar en la evolución industrial? Solo un desarrollo que tenga lugar en un entorno saludable puede asegurar una evolución sostenible en el tiempo.

Todos los días, la conservación de energía y la reducción de carbono, las energías renovables son importantes para proteger el medio ambiente.

Los sistemas catalizadores en vehículos y plantas industriales utilizan principios de equilibrio para transformar gases contaminantes en productos menos nocivos. Por ejemplo, la reducción de óxidos de nitrógeno en convertidores catalíticos.

Además, para prevenir eficazmente la contaminación por gases de escape, se debe implementar un "sistema de alarma y monitoreo de la contaminación del

aire”, de modo que el operador pueda tener lecturas efectivas e inmediatas cuando el contaminante esté por encima del valor límite y garantizar la calidad del trabajo, medio ambiente y salud de las personas.

Figura 17

Sistema de monitoreo y control de la contaminación del aire



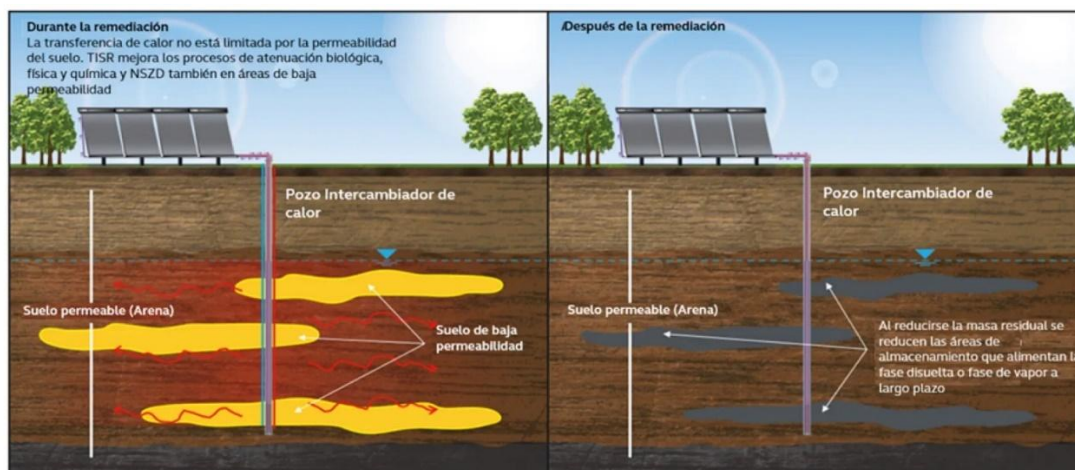
Nota: (Mejía Cruz, 2018).

- **Remediación de Suelos:**

La remediación de suelos contaminados a menudo utiliza técnicas basadas en la alteración de los equilibrios químicos para movilizar o inmovilizar contaminantes, como la biorremediación y la estabilización de metales pesados.

Figura 18

Remediación de Suelo



Nota: (Nadal, 2022).

- **Regulación del pH en Cuerpos de Agua:**

El monitoreo y ajuste del pH en lagos y ríos es esencial para mantener la salud de los ecosistemas acuáticos. Esto implica entender y gestionar los equilibrios ácido-base que afectan la solubilidad de nutrientes y la toxicidad de contaminantes.

Figura 19

Monitoreo del pH



Nota: (Kalstein, 2022).

2.4. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de una sustancia son características que se pueden observar o medir sin cambiar la identidad química de la sustancia. Estas propiedades proporcionan información sobre el comportamiento de los compuestos en diferentes condiciones y son fundamentales en química ambiental para comprender cómo las sustancias se distribuyen y afectan el entorno.

- **Punto de Ebullición y Fusión:** Temperaturas a las cuales un compuesto cambia de estado. Influyen en la volatilidad de los compuestos y su comportamiento en diferentes ambientes.
- **Aplicación Ambiental:** Los compuestos con bajos puntos de ebullición, como algunos solventes orgánicos, pueden evaporarse fácilmente y contribuir a la contaminación atmosférica.

- **Solubilidad:** Capacidad de un compuesto para disolverse en un solvente, generalmente agua.
 - **Aplicación Ambiental:** La solubilidad de contaminantes en agua afecta su movilidad y disponibilidad en ecosistemas acuáticos. Los contaminantes solubles pueden ser transportados fácilmente y afectar áreas extensas.
 - **Eutrofización:** Nutrientes solubles como nitratos y fosfatos pueden causar un crecimiento excesivo de algas en cuerpos de agua, resultando en la eutrofización. Ejemplos:

Cloruro de sodio (NaCl): Altamente soluble en agua.

Aceites y grasas: Generalmente insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos.

- **Densidad:** Masa por unidad de volumen de un compuesto.
 - **Aplicación Ambiental:** La densidad afecta la dispersión de contaminantes. Por ejemplo, los aceites derivados de derrames petroleros flotan sobre el agua debido a su menor densidad comparada con el agua.
 - **Ejemplo:**
Plomo: 11.34 g/cm^3 , un metal pesado que puede contaminar el suelo y agua.

2.5. Propiedades Químicas

Las propiedades químicas describen cómo una sustancia interactúa con otras sustancias y cómo se transforma en nuevas sustancias durante las reacciones químicas. Estas propiedades son esenciales para entender la reactividad y el impacto de los compuestos químicos en el medio ambiente.

2.5.1. Acidez y Basicidad (pH)

La acidez o basicidad de una sustancia se mide mediante el pH, que indica la concentración de iones hidrógeno (H^+) en una solución. El pH se mide en una escala de 0 a 14:

Ácidos: $pH < 7$, liberan iones H^+ en solución.

Bases (o alcalinos): $pH > 7$, liberan iones OH^- en solución.

Neutral: $pH = 7$, solución neutra como el agua pura.

Importancia Ambiental:

Eutrofización: Un pH bajo (ácido) en cuerpos de agua puede liberar nutrientes de forma diferente, afectando la flora y fauna acuática.

Contaminación Ácida: La lluvia ácida, causada por la emisión de óxidos de azufre y nitrógeno, puede acidificar suelos y cuerpos de agua, dañando ecosistemas y estructuras. Ejemplos:

Ácido Clorhídrico (HCl): pH de 1 a 2 en solución concentrada.

Hidróxido de Sodio (NaOH): pH de 13 a 14 en solución concentrada.

2.5.2. Reactividad

La reactividad se refiere a la rapidez y la intensidad con la que una sustancia reacciona con otras sustancias. La reactividad puede variar ampliamente entre diferentes compuestos y se puede influir por factores como la temperatura, presión y la presencia de catalizadores.

Importancia Ambiental:

Contaminantes Reactivos: Algunos compuestos, como los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y los reactivos de combustión, pueden reaccionar en la atmósfera para formar otros contaminantes.

Descomposición de Contaminantes: La reactividad de ciertos contaminantes puede llevar a su descomposición y formación de productos secundarios que pueden ser aún más dañinos. Ejemplos:

-Metales Alcalinos: Como el sodio (Na) y el potasio (K), reaccionan violentamente con agua.

-Peróxidos: Como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), son altamente reactivos y se descomponen en presencia de catalizadores, liberando oxígeno.

2.5.3. Estabilidad Química

La estabilidad química se refiere a la tendencia de una sustancia a mantener su estado sin descomponerse ni reaccionar de manera inesperada. La estabilidad está relacionada con la energía de activación y la energía libre de Gibbs.

Importancia Ambiental:

Persistencia de Contaminantes: Sustancias químicas estables pueden persistir en el medio ambiente durante largos períodos, acumulándose en suelos y cuerpos de agua, y afectando ecosistemas.

Riesgos de Descomposición: Algunos compuestos pueden descomponerse y liberar productos secundarios que pueden ser tóxicos o tener efectos adversos en el medio ambiente. Ejemplos:

-Plaguicidas Clorados: Como el DDT, son estables y persisten en el ambiente.

-Compuestos Orgánicos: Algunos pueden ser descompuestos por la luz ultravioleta o por acción de microorganismos.

Autoevaluación

Subraye la respuesta correcta

1) ¿Cuál de las siguientes partículas subatómicas tiene una carga positiva?

- A) Neutrón
- B) Electrón
- C) Protón
- D) Neutrino

2) ¿Qué determina el número atómico de un elemento?

- A) El número de neutrones en el núcleo
- B) La suma de protones y neutrones
- C) El número de electrones en el átomo
- D) El número de protones en el núcleo

3) ¿Cómo se representa la estructura de Lewis de una molécula?

- A) Utilizando la fórmula molecular y las proporciones de los átomos
- B) Dibujando los enlaces químicos entre átomos y los pares de electrones no enlazantes
- C) Mostrando el arreglo espacial tridimensional de los átomos
- D) Representando las cargas parciales en la molécula

4) ¿Qué tipo de geometría tiene una molécula de dióxido de carbono (CO₂)?

- A) Tetraédrica
- B) Lineal
- C) Triangular plana
- D) Piramidal

5) ¿En qué tipo de reacción química se intercambian los iones entre dos compuestos?

- A) Reacción de combinación
- B) Reacción de desplazamiento simple
- C) Reacción de doble desplazamiento
- D) Reacción de descomposición

6) ¿Qué propiedad física de una sustancia se refiere a la cantidad de masa contenida en un volumen específico?

- A) Punto de ebullición
- B) Densidad
- C) Solubilidad
- D) Color

7) ¿Cuál es la propiedad física que describe la capacidad de una sustancia para disolverse en un solvente?

- A) Densidad
- B) Solubilidad
- C) Punto de fusión
- D) Viscosidad

8) ¿Qué propiedad química se refiere a la capacidad de una sustancia para reaccionar con oxígeno para formar dióxido de carbono y agua?

- A) Combustibilidad
- B) Acidez
- C) Basicidad
- D) Oxidación

9) ¿Cuál de las siguientes es una propiedad química que indica la tendencia de una sustancia a perder electrones y oxidarse?

- A) Punto de ebullición
- B) Reactividad
- C) Electronegatividad
- D) Reducción

10) ¿Cuál de los siguientes tipos de enlaces químicos implica la compartición de pares de electrones entre átomos?

- A) Enlace iónico
- B) Enlace covalente
- C) Enlace metálico
- D) Enlace de hidrógeno

11) ¿Qué característica define un enlace iónico?

- A) Compartición de electrones entre dos átomos
- B) Transferencia completa de electrones de un átomo a otro
- C) Interacción entre núcleos atómicos en un metal
- D) Atracción temporal entre dipolos inducidos

12) ¿Qué tipo de reacción química se caracteriza por la formación de un producto a partir de reactivos?

- A) Reacción de descomposición
- B) Reacción de desplazamiento simple
- C) Reacción de doble desplazamiento
- D) Reacción de combinación o síntesis

13) ¿Qué es un complejo químico?

- A) Una mezcla de sustancias sin interacciones químicas
- B) Un compuesto formado por un ion metálico central y ligandos que donan pares de electrones
- C) Un sólido que se forma a partir de una disolución
- D) Un tipo de reacción en la que se produce un gas

14) En la formación del complejo $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, ¿cuál es la carga del ion metálico central?

- A) +1
- B) +2
- C) +3
- D) 0

15) ¿Cuál es la fórmula del complejo formado por el ion plata (Ag^+) y el ion cloruro (Cl^-)?

- A) $[\text{AgCl}]^+$
- B) $[\text{AgCl}]^-$
- C) $[\text{AgCl}]^0$
- D) $[\text{AgCl}_2]^+$

16) ¿Cómo afecta la formación de complejos a la movilidad de metales pesados en el medio ambiente?

- A) Disminuye su solubilidad y movilidad
- B) No tiene efecto en su solubilidad
- C) Aumenta su solubilidad y movilidad
- D) Los convierte en sólidos insolubles

17) ¿Qué indica el equilibrio químico $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$?

- A) La relación constante entre dióxido de carbono y carbonato
- B) La formación de ácido carbónico y su disociación en iones hidrógeno y bicarbonato
- C) La solubilidad del dióxido de carbono en agua
- D) El equilibrio entre agua y vapor

18) ¿Cómo afecta el principio de Le Chatelier a un sistema en equilibrio cuando se aumenta la concentración de un reactivo?

- A) El equilibrio se desplaza hacia los productos para contrarrestar el cambio
- B) El equilibrio se desplaza hacia los reactivos
- C) No hay efecto en el equilibrio
- D) El equilibrio se mantiene sin cambios

19) En un sistema gaseoso en equilibrio, ¿cómo afecta un aumento en la presión?

- A) Favorece la reacción que produce más moles de gas
- B) Favorece la reacción que produce menos moles de gas
- C) No afecta el equilibrio
- D) Disminuye la velocidad de la reacción

20) ¿Cuál de los siguientes factores NO afecta el equilibrio químico de una reacción?

- A) Concentración de reactivos y productos
- B) Temperatura
- C) Presión (para sistemas gaseosos)
- D) La velocidad de agitación de la solución

21) ¿Qué propiedad física describe la capacidad de una sustancia para cambiar de estado de líquido a gas?

- A) Punto de fusión
- B) Punto de ebullición
- C) Densidad
- D) Solubilidad

22) ¿Cuál es la aplicación ambiental de la solubilidad de contaminantes?

- A) Determinar la velocidad de reacción
- B) Evaluar la dispersión de contaminantes en ecosistemas acuáticos
- C) Medir la estabilidad química de un contaminante
- D) Controlar la acidez del suelo

23) ¿Qué efecto tiene una alta reactividad en un contaminante sobre el medio ambiente?

- A) Aumenta la persistencia del contaminante
- B) Facilita la descomposición del contaminante en productos secundarios
- C) Reduce la toxicidad del contaminante
- D) Disminuye la solubilidad del contaminante

24) ¿Qué característica define a un compuesto con alta estabilidad química?

- A) Baja tendencia a descomponerse o reaccionar inesperadamente
- B) Alta solubilidad en agua
- C) Alta reactividad con otras sustancias
- D) Bajo punto de ebullición

Relaciona y subraya la respuesta correcta

1) Cada tipo de estructura química con su descripción adecuada.

Estructuras	Descripciones
1) Estructura Atómica	a) Formación de una molécula por la compartición de electrones entre átomos.
2) Estructura Molecular	b) Organización de protones, neutrones y electrones en un átomo.
3) Enlace Covalente	c) Formación de un compuesto por la transferencia completa de electrones de un átomo a otro.
4) Enlace Iónico	d) Distribución espacial de átomos en una molécula y los enlaces entre ellos.

A) 1b; 2d; 3 a; 4c

B) 1 a; 2b; 3c; 4d

C) 1c; 2 a; 3b; 4d

D) 1d; 2c; 3 a; 4b

2) Cada propiedad físico-química con su definición correspondiente.

Propiedades	Definiciones
1) Densidad	a) Capacidad de una sustancia para disolverse en un solvente.
2) Solubilidad	b) Cantidad de masa por unidad de volumen.
3) Combustibilidad	c) Tendencia de una sustancia a reaccionar con oxígeno.
4) Reactividad	d) Capacidad de una sustancia para participar en reacciones químicas.

A) 1b; 2d; 3 a; 4 c

B) 1 a; 2b; 3d; 4c

C) 1b; 2 a; 3c; 4d

D) 1d; 2c; 3 a; 4b

3) Cada tipo de reacción química con su ejemplo adecuado.

Tipos de Reacciones	Ejemplos
1) Reacción de Síntesis	a) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ (Formación de agua)
2) Reacción de Descomposición	b) $\text{AB} \rightarrow \text{A} + \text{B}$ (Descomposición de un compuesto en sus elementos).
3) Reacción de Desplazamiento Simple	c) $\text{A} + \text{BC} \rightarrow \text{AC} + \text{B}$ (Reacción de un metal con un ácido).
4) Reacción de Doble Desplazamiento	d) $\text{AB} + \text{CD} \rightarrow \text{AD} + \text{CB}$ (Intercambio de iones entre dos compuestos)

A) 1b;2d;3 a;4 c

B) 1 a;2b;3c;4d

C) 1b;2 a;3d;4c

D) 1d;2c;3 a;4b

4) Cada formación de complejo con su reacción química correspondiente.

Formación de Complejos	Reacciones
1) Complejo de Ion Cobre con Amoníaco	a) $\text{Fe}^{3+} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
2) Complejo de Ion Hierro con Agua	b) $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
3) Complejo de Ion Plata con Cloruro	c) $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow [\text{AgCl}]^0$

A) 1a;2b;3c

B) 1b;2c;3 a

C) 1b; 2a;3c

5) Cada factor que afecta el equilibrio químico con su efecto.

Factores	Efectos
1) Concentración	a) El equilibrio se desplaza para contrarrestar el cambio en la cantidad de reactivos o productos.
2) Temperatura	b) Aumentar la presión favorece la reacción que produce menos moles de gas.
3) Presión	c) Aumentar la temperatura cambia la constante de equilibrio para reacciones exotérmicas.

- A) 1a;2c;3b
- B) 1b;2c; 3a
- C) 1b; 2a;3c

6) Cada propiedad con su definición y aplicación ambiental.

Propiedades	Definiciones y aplicaciones
1) Solubilidad	a) Temperatura a la cual un compuesto cambia de estado de líquido a gas, influye en la volatilidad de contaminantes.
2) Punto de Ebullición	b) Capacidad de una sustancia para disolverse en un solvente, afectando su movilidad en ecosistemas acuáticos.
3) Reactividad	c) Tendencia de una sustancia a mantener su estado sin descomponerse, relevante para la persistencia de contaminantes.
4) Estabilidad Química	d) Rapidez con la que una sustancia reacciona con otras, afecta la formación de productos secundarios en el medio ambiente.

- A) 1b;2d;3 a;4 c
- B) 1 a;2b;3c;4d
- C) 1d;2 a;3c;4b
- D) 1b; 2a;3d;4c

Evaluación por competencias

Objetivo de la evaluación: Evaluar la comprensión de los estudiantes sobre los principios básicos de la química, incluyendo la estructura molecular y las reacciones químicas, aplicándolos a contextos prácticos en ingeniería ambiental.

Competencia 1: Conocimiento Fundamental en Química

Pregunta de opción múltiple:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente la organización de la tabla periódica?

- a) Los elementos en el mismo período tienen propiedades químicas similares.
- b) Los grupos son columnas verticales que comparten propiedades químicas similares.
- c) Todos los metales se encuentran en el lado derecho de la tabla.
- d) La tabla periódica no tiene relevancia en la química ambiental.

Respuesta correcta: b

Competencia 2: Estructura Molecular y Enlaces Químicos

Describe brevemente cómo la estructura molecular de una sustancia afecta sus propiedades físicas y químicas, incluyendo ejemplos de enlaces químicos.

Criterios de evaluación:

- Mención de al menos dos tipos de enlaces (ej. covalente, iónico).
- Ejemplos de cómo estos afectan propiedades como el punto de ebullición o la solubilidad.

Competencia 3: Reacciones Químicas

Explica las diferencias entre reacciones de combustión, oxidación-reducción y ácido-base. Proporciona ejemplos de cada tipo de reacción y su relevancia en la química ambiental.

Criterios de evaluación:

- Definiciones claras de cada tipo de reacción.
- Ejemplos relevantes (ej. combustión de combustibles fósiles, reacciones redox en procesos de tratamiento de agua).
- Discusión sobre el impacto ambiental de estas reacciones.

Competencia 4: Equilibrios Químicos

Pregunta de verdadero o falso:

En un sistema en equilibrio, las concentraciones de reactivos y productos permanecen constantes, pero no necesariamente son iguales.

Respuesta: Verdadero

Competencia 5: Propiedades Químicas y Acidez

Pregunta de opción múltiple:

¿Qué representa el pH de una solución?

- a) La cantidad total de solutos en una solución.
- b) La concentración de iones de hidrógeno en la solución.
- c) La masa de la solución.
- d) La temperatura de la solución.

Respuesta correcta: b

Actividad práctica por competencias

Selecciona un tipo de reacción química (ej. reacción de descomposición) y elabora un informe breve (1-2 páginas) que incluya:

Descripción del problema (Competencia 1): Explica la reacción y su importancia.

Aplicaciones en ingeniería ambiental (Competencia 2): Relaciona la reacción con su uso en la gestión ambiental.

Impacto ambiental asociado (Competencia 3): Analiza cómo esta reacción puede afectar el medio ambiente, tanto positiva como negativamente.

Recomendamos observar los siguientes videos para facilitarle el aprendizaje de los contenidos expuestos en el presente capítulo:

Links: Principios Básicos de Química

Química

<https://www.youtube.com/watch?v=gWEXkhUHRCE>

<https://www.youtube.com/watch?v=yZfLgzkbhks>

<https://www.youtube.com/watch?v=q4kuoZFrUQw>

Enlaces

<https://www.youtube.com/watch?v=Thzd2YhUkLs&t=33s>

<https://www.youtube.com/watch?v=21wrBvSdon8&t=52s>

https://www.youtube.com/watch?v=79b-Lx3fT_k

Reacciones

<https://www.youtube.com/watch?v=l4iZLLPMaRE>

<https://www.youtube.com/watch?v=K09kfBHmjmg>

<https://www.youtube.com/watch?v=csRMjwQa4uo>

Equilibrio químico

<https://www.youtube.com/watch?v=tshFfHS11po>

<https://www.youtube.com/watch?v=PPpUUbfMTko>

<https://www.youtube.com/watch?v=wSjMyKRBd74>

CAPITULO

03

Contaminación Ambiental y Métodos de Análisis



Contaminación Ambiental y Métodos de Análisis

En este capítulo se abordan los distintos tipos de contaminantes ambientales, su origen y efectos sobre la salud humana y el medio ambiente. Además, se explican los métodos fundamentales para el análisis de contaminantes y el monitoreo ambiental, que son herramientas esenciales para evaluar y gestionar los impactos de la contaminación. Este conocimiento es crucial para los ingenieros ambientales, quienes deben enfrentar los desafíos de la contaminación de forma efectiva.

3.1. Contaminantes Atmosféricos

3.1.1. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son un grupo de sustancias con alta presión de vapor, lo que facilita su evaporación en la atmósfera. Estos compuestos provienen de diversas fuentes, como procesos industriales (por ejemplo, solventes y pinturas), emisiones de vehículos y el uso de pesticidas en la agricultura. Además, fuentes naturales como las emisiones de las plantas y los incendios forestales también contribuyen a la liberación de COV en el ambiente.

Efectos:

Salud Humana: Pueden provocar irritaciones en los ojos, nariz y garganta, además de daños respiratorios y, en algunos casos, cáncer.

Medio Ambiente: Contribuyen a la formación de ozono troposférico (smog), afectando la flora y fauna.

Mecanismos de Formación: Los COVs reaccionan con los óxidos de nitrógeno (NO_x) bajo la luz solar, formando ozono (O_3) y otros compuestos, lo que contribuye al smog fotoquímico.

Figura 20

Contaminantes atmosféricos



Nota: (Adu, 2010).

3.1.2. Óxidos de Nitrógeno y Azufre

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los óxidos de azufre (SO_x) se forman por la quema de combustibles fósiles, tanto en vehículos como en plantas de energía.

Efectos:

NO_x : Estos compuestos favorecen la formación de ozono en la troposfera, lo que tiene un impacto negativo en la salud respiratoria de las personas y en la salud de la vegetación.

SO_x : Son responsables de la lluvia ácida, que daña la vegetación, los suelos y las estructuras.

Formación de Smog y Lluvia Ácida:

Smog Fotoquímico: Formado por la reacción entre COVs y NO_x bajo la luz solar.

Lluvia Ácida: Los NO_x y SO_x se transforman en ácidos (como ácido nítrico y sulfúrico), los cuales caen a la tierra afectando la calidad del agua y los ecosistemas.

3.2. Contaminantes Acuáticos

3.2.1. Nutrientes y Eutrofización

Los nitratos y fosfatos provenientes del uso de fertilizantes agrícolas, aguas residuales y detergentes pueden provocar la eutrofización en cuerpos de agua. Este fenómeno se caracteriza por un exceso de nutrientes, lo que lleva a un crecimiento desmesurado de algas y la posterior depleción de oxígeno, afectando la vida acuática.

Mecanismo: Cuando los nutrientes son absorbidos en exceso por las plantas acuáticas, se favorece la proliferación de algas, alterando el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos.

3.3. Contaminantes del Suelo

3.3.1. Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos

Metales Pesados: Ejemplos de estos son el mercurio (Hg), plomo (Pb)

Metales Pesados (Mercurio, Plomo, Cadmio): Proviene de la minería, las descargas industriales y los residuos. Pueden acumularse en la cadena alimentaria, afectando la salud humana y la fauna acuática.

Plaguicidas (DDT, Organofosforados): Estos compuestos, utilizados en la agricultura, son tóxicos y persistentes en el medio ambiente.

Productos Farmacéuticos: Los antibióticos, hormonas y otros productos farmacéuticos en aguas residuales pueden alterar los ecosistemas acuáticos y generar resistencia a los antibióticos en organismos acuáticos.

3.3.2. Hidrocarburos y Solventes

Los derrames de hidrocarburos y solventes afectan la calidad del suelo y las aguas subterráneas. La exposición a estos compuestos puede causar problemas de salud como cáncer y enfermedades respiratorias. Las técnicas de remediación incluyen la biorremediación y la extracción de suelos contaminados.

3.3.3. Residuos Sólidos y Productos de Desecho

Los residuos industriales y domésticos, si no se gestionan adecuadamente, pueden causar contaminación del suelo y afectar la salud pública. Los métodos de gestión incluyen el reciclaje, el compostaje y la incineración controlada.

Figura 21

Contaminación del Suelo



Nota: (Administrator, 2014).

3.4. Métodos Básicos de Análisis

Este capítulo también aborda las técnicas y métodos de análisis utilizados para monitorear y evaluar la contaminación del aire, agua y suelo, proporcionando a los ingenieros ambientales las herramientas necesarias para gestionar los impactos ambientales de manera efectiva.

3.4.1. Técnicas de Muestreo y Análisis

- **Muestreo Representativo:** Proceso de seleccionar una porción del medio (agua, suelo, aire) que sea representativa del todo, para asegurar que los resultados del análisis reflejen las condiciones generales del área o muestra.
- **Métodos:**
 - **Muestreo Aleatorio:** Selección de puntos de muestreo al azar, útil para estudios generales.
 - **Muestreo Estratificado:** Dividir el área de muestreo en estratos homogéneos y tomar muestras de cada estrato para representar variaciones locales.

- **Muestreo Sistemático:** Selección de puntos a intervalos regulares, ideal para estudios de tendencias y patrones.
- **Muestreo de Agua:**
 - **Métodos:**
 - **Muestreo en Punto:** Tomar una muestra en un punto específico del cuerpo de agua.
 - **Muestreo Compuesto:** Recolectar varias muestras a intervalos regulares para obtener una muestra representativa de una amplia zona.
 - **Equipo:** Botellas de muestreo estériles, dispositivos de muestreo de profundidad.
 - **Muestreo de Suelo:**
 - **Métodos:**
 - **Muestreo de Cortes:** Uso de herramientas para extraer cilindros de suelo, preservando la estructura del suelo.
 - **Muestreo de Horquilla:** Recolección de muestras en varios puntos a diferentes profundidades.
 - **Equipo:** Cuchillos de muestreo, perforadoras.
- **Muestreo de Aire:**
 - **Métodos:**
 - **Muestreo en Línea:** Captura de aire en una línea de muestreo continua.
 - **Muestreo de Puntos:** Uso de dispositivos de muestreo en ubicaciones específicas.
 - **Equipo:** Bombas de aire, filtros.

3.4.2. Técnicas de Análisis:

- **Análisis Químico Básico:**
 - **pH:** Medida de la acidez o alcalinidad de una solución, en una escala de 0 a 14, donde 7 es neutral.
 - **Métodos de Medición:**
 - **Medidores de pH:** Instrumentos electrónicos que proporcionan lecturas precisas del pH.
 - **Papeles Indicadores:** Tiras de papel que cambian de color según el pH de la solución.
 - **Aplicación Ambiental:** Controlar el pH del agua y suelos para evaluar la salud de los ecosistemas y la solubilidad de contaminantes.
- **Concentración:** Cantidad de una sustancia disuelta en una solución, generalmente expresada en unidades como molaridad (M), partes por millón (ppm), o gramos por litro (g/L).
 - **Métodos de Medición:**
 - **Espectrofotometría:** Medición de la absorbancia de luz por una solución para determinar la concentración de un analito.
 - **Titulación:** Es una reacción química en la que se agrega un reactivo a una solución hasta alcanzar un punto final, lo que permite determinar la concentración del analito.
 - **Cromatografía:** La cromatografía es un método utilizado para separar los componentes de una mezcla, basándose en las distintas interacciones que cada componente tiene con una fase estacionaria y una fase móvil.
 - **Cromatografía Líquida:** La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) se emplea para separar,

identificar y cuantificar los componentes presentes en soluciones líquidas. En esta técnica, un líquido actúa como fase móvil, que se bombea a través de una columna rellena con una fase estacionaria sólida. Los compuestos se separan según su afinidad por ambas fases. HPLC es una herramienta importante en química analítica, farmacología y control de calidad. Un ejemplo de su aplicación es el análisis de residuos de pesticidas en aguas de consumo para asegurar que no superen los niveles permitidos.

- **Cromatografía de Gases:** La cromatografía de gases (GC) se emplea para analizar compuestos volátiles. En este proceso, la muestra se vaporiza y se transporta a través de una columna utilizando un gas portador. Los compuestos se separan según sus interacciones con la fase estacionaria de la columna. La GC es una técnica ampliamente utilizada en el análisis de compuestos orgánicos, en campos como la industria petroquímica, el análisis ambiental y la química forense.

Aplicaciones Ambientales:

- **Medición de Contaminantes:** Determinar la concentración de metales pesados, nutrientes, y otros contaminantes en matrices ambientales para evaluar su impacto.
- **Cumplimiento Normativo:** Verificar que las concentraciones de contaminantes cumplen con las normativas ambientales y de salud pública.

3.4.3. Interpretación de Datos Analíticos

- **Cuantificación de Contaminantes**
 - Determinar las concentraciones de contaminantes y compararlas con los límites establecidos por normativas ambientales.

- **Evaluación de Tendencias y Patrones**

- Consiste en analizar datos a lo largo del tiempo para identificar las fuentes de contaminación y evaluar la efectividad de las medidas de control. Esto puede implicar examinar las tendencias de la calidad del aire en una zona o la variación estacional de las concentraciones de contaminantes en cuerpos de agua.
- **Ejemplo:** Evaluar la reducción de concentraciones de plomo en el aire tras la implementación de regulaciones sobre la gasolina con plomo.

3.5. Importancia de los Métodos Analíticos

Los métodos analíticos permiten:

- **Detectar Contaminantes:** Identificar sustancias a niveles traza que podrían no ser evidentes sin un análisis detallado.
- **Evaluar Riesgos:** Determinar el riesgo potencial para la salud humana y los ecosistemas.
- **Desarrollar Políticas:** Informar la toma de decisiones sobre la gestión ambiental y el cumplimiento de regulaciones.
- **Ejemplo:** La implementación de un programa de monitoreo continuo de calidad del aire en áreas urbanas para reducir la exposición a contaminantes atmosféricos y mejorar la salud pública.

3.6. Monitoreo Ambiental

El monitoreo ambiental implica realizar mediciones y observaciones específicas de ciertos indicadores y parámetros, con el objetivo de verificar si están ocurriendo impactos ambientales determinados. A través de este estudio, es posible evaluar con certeza la magnitud del impacto.

3.6.1. Redes de Monitoreo de Calidad del Aire

- **Métodos de Muestreo:**

Existen dos enfoques principales para el muestreo de aire: el continuo y el puntual. El muestreo continuo se basa en la recolección de datos en tiempo real mediante estaciones automatizadas, mientras que el muestreo puntual se lleva a cabo en momentos específicos con dispositivos portátiles o fijos. Ambos métodos deben ser diseñados de forma que las muestras obtenidas representen adecuadamente la calidad del aire en la zona que se está estudiando.

- **Análisis de Contaminantes Atmosféricos:**

Los contaminantes más comunes del aire incluyen dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3) y partículas suspendidas (PM). Cada uno de estos contaminantes se mide mediante técnicas especializadas, como la quimioluminiscencia para el dióxido de nitrógeno, la fluorescencia para el ozono y la gravimetría para las partículas suspendidas. Los datos recogidos son esenciales para evaluar la calidad del aire y asegurar el cumplimiento de las regulaciones ambientales.

3.6.2. Monitoreo de Agua y Suelo

- **Técnicas para la Detección y Cuantificación de Contaminantes:**

En el monitoreo de agua, se emplean métodos como la espectroscopía UV-Vis para identificar contaminantes orgánicos y la cromatografía líquida para la cuantificación de sustancias específicas. Para el análisis de suelos, se utilizan técnicas como la digestión ácida combinada con espectrometría de masas para medir concentraciones de metales pesados y otros contaminantes. Asimismo, se llevan a cabo ensayos biológicos para evaluar la toxicidad de los contaminantes presentes.

Figura 22

Monitoreo de contaminación de Aire



Nota: (Induanálisis, 2019).

Autoevaluación

Subraye la respuesta correcta: Bloque A

1) ¿Cuál de las siguientes técnicas espectroscópicas se utiliza para determinar la concentración de compuestos mediante la absorción de luz en el rango ultravioleta y visible?

- A) Espectroscopía de Infrarrojo (IR)
- B) Espectrometría de Masas
- C) Espectroscopía UV-Vis
- D) Cromatografía de Gases

2) ¿Qué técnica cromatográfica se usa principalmente para separar mezclas complejas de compuestos volátiles?

- A) Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)
- B) Cromatografía de Gases (GC)
- C) Cromatografía en Capa Fina (TLC)
- D) Cromatografía de Intercambio Iónico

3) ¿Cuál de los siguientes métodos de muestreo es comúnmente utilizado para medir la calidad del aire en una red de monitoreo?

- A) Muestreo por captura en aire filtrado
- B) Muestreo en frascos de vidrio
- C) Muestreo en secuencias de perforación
- D) Muestreo mediante estaciones automáticas de monitoreo

4) ¿Qué técnica se utiliza para detectar contaminantes en agua mediante la adición de reactivos que producen un cambio de color?

- A) Espectroscopía de Absorción Atómica
- B) Ensayo Colorimétrico
- C) Electroforesis
- D) Filtración

5) ¿Cuál es el objetivo principal de un modelo de dispersión de contaminantes?

- A) Identificar y clasificar sustancias químicas peligrosas
- B) Predecir la dispersión y concentración de contaminantes en el aire o agua
- C) Evaluar la toxicidad de los residuos sólidos
- D) Controlar las emisiones de gases industriales

6) ¿Qué herramienta es fundamental para la identificación y evaluación de riesgos químicos en un proceso industrial?

- A) Evaluación de Impacto Ambiental
- B) Ficha de Datos de Seguridad (SDS)
- C) Red de Monitoreo Ambiental
- D) Análisis de Ciclo de Vida

Subraye la respuesta correcta: Bloque B

1) ¿Cuál de los siguientes es un ejemplo de Compuesto Orgánico Volátil (COV)?

- A) Dióxido de Carbono (CO_2)
- B) Ozono (O_3)
- C) Formaldehído
- D) Dióxido de Azufre (SO_2)

2) ¿Qué contaminante atmosférico contribuye a la formación de lluvia ácida?

- A) Monóxido de Carbono (CO)
- B) Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- C) Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)
- D) Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)

3) ¿Qué efecto tiene el exceso de nitratos y fosfatos en un cuerpo de agua?

- A) Aumento de la biodiversidad
- B) Disminución de la turbidez
- C) Eutrofización y crecimiento excesivo de algas
- D) Reducción de la temperatura del agua

4) ¿Cuál de los siguientes es un contaminante inorgánico común en cuerpos de agua?

- A) Plomo (Pb)
- B) Carbón (C)
- C) Tricloroetileno (TCE)
- D) Clorofluorocarbonos (CFCs)

5) ¿Cuál es una fuente común de hidrocarburos que contaminan el suelo?

- A) Fertilizantes agrícolas
- B) Derrames de petróleo
- C) Aguas residuales tratadas
- D) Residuos de alimentos

6) ¿Qué tipo de residuos incluye principalmente plásticos, vidrios y metales?

- A) Residuos Orgánicos
- B) Residuos Industriales
- C) Residuos Sólidos Domésticos
- D) Residuos Peligrosos

Relaciona y subraya la respuesta correcta: Bloque A

1)Cada contaminante con el efecto ambiental o de salud correspondiente.

Contaminantes	Efectos
1) Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)	a) Contribuye a la formación de smog y lluvia ácida.
2) Óxidos de Nitrógeno (NOx)	b) Causa la eutrofización en cuerpos de agua, promoviendo el crecimiento excesivo de algas.
3) Nitratos	c) Puede dañar la salud respiratoria y contribuir al cáncer.
4) Plomo (Pb)	d)Contamina el agua y puede causar problemas neurológicos y renales.

- A) 1b;2d;3c;4 a
- B) 1 a;2b;3c;4d
- C) 1c;2 a;3b;4d
- D) 1d;2c;3 a;4b

2) Cada tipo de contaminante del suelo con su fuente principal.

Contaminantes del suelo	Fuentes Principales
1) Hidrocarburos	a) Derrames de petróleo y fugas de tanques de almacenamiento.
2) Solventes	b) Productos químicos utilizados en procesos de manufactura.
3) Residuos Industriales	c) Descomposición de material orgánico como restos de alimentos.
4) Residuos Orgánicos	d) Productos de limpieza y disolventes industriales.

- A) 1b;2d;3c;4a
- B) 1 a;2d;3b;4c
- C) 1c;2 a;3b;4d
- D) 1d;2c;3 a;4b

3) Cada tipo de contaminante acuático con su ejemplo.

Tipos de Contaminantes	Ejemplos
1) Nutrientes	a) Nitratos y fosfatos que causan eutrofización.
2) Contaminantes Orgánicos	b) Plaguicidas usados en agricultura.
3) Metales Pesados	c) Mercurio y plomo que pueden bioacumularse en organismos acuáticos.
4) Productos Farmacéuticos	d) Medicamentos no eliminados completamente durante el tratamiento de aguas residuales.

- A) 1b;2d;3c;4 a
- B) 1 a;2b;3c;4d
- C) 1c;2 a;3b;4d
- D) 1d;2c;3 a;4b

Relaciona y subraya la respuesta correcta: Bloque B

1) Cada técnica de análisis con su descripción adecuada.

Técnicas	Descripciones
1) Espectroscopía UV-Vis	a) Técnica que separa compuestos volátiles en una mezcla y los detecta.
2) Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)	b) Método que mide la absorción de luz en el rango ultravioleta y visible para determinar concentraciones.
3) Espectrometría de Masas	c) Técnica que identifica compuestos basándose en la relación masa-carga de los iones.
4) Cromatografía de Gases (GC)	d) Técnica que separa compuestos no volátiles disueltos en líquidos usando una columna y una fase móvil.

A) 1b;2d;3c;4a

B) 1 a;2b;3c;4d

C) 1c;2 a;3b;4d

D) 1d;2c;3 a;4b

2) Cada método de monitoreo con la técnica adecuada para la detección de contaminantes.

Métodos	Técnicas
1) Muestreo de Aire	a) Uso de estaciones automáticas que capturan y analizan contaminantes atmosféricos.
2) Análisis de Agua	b) Aplicación de técnicas colorimétricas para medir contaminantes disueltos en agua.
3) Evaluación de Suelos	c) Aplicación de modelos matemáticos para predecir cómo se dispersan los contaminantes.
4) Modelos de Dispersión	d) Análisis de muestras de suelo para detectar presencia de contaminantes.

A) 1b;2d;3c;4 a

B) 1 a;2b;3d;4c

C) 1c;2 a;3b;4d

D) 1d;2c;3 a;4b

3) Cada componente de la evaluación de impacto ambiental con su propósito.

Componentes	Propósitos
1) Evaluación de Riesgos Químicos	a) Proporciona información detallada sobre la seguridad y manejo de sustancias químicas.
2) Modelos de Dispersión de Contaminantes	b) Predice la dispersión y concentración de contaminantes en diferentes medios ambientales.
3) Fichas de Datos de Seguridad (SDS)	c) Identifica y evalúa los riesgos asociados a sustancias químicas en el entorno laboral o industrial.
4) Red de Monitoreo Ambiental	d) Monitorea en tiempo real la calidad del aire, agua y suelo en diferentes ubicaciones.

A) 1b;2d;3c;4 a

B) 1 a;2b;3d;4c

C) 1c;2 b;3 a;4d

D) 1d;2c;3 a;4b

Evaluación por componentes

Competencia A:

1)Objetivo de la evaluación: Evaluar la comprensión y aplicación de conceptos relacionados con los contaminantes ambientales y sus efectos en el medio ambiente y la salud.

Competencia 1: Identificación de Contaminantes

Define qué son los contaminantes atmosféricos y menciona dos ejemplos de ellos. ¿Cuáles son sus fuentes principales?

Criterios de evaluación:

- Definición clara de contaminantes atmosféricos.
- Mención de al menos dos ejemplos (COVs, óxidos de nitrógeno, etc.).
- Identificación de fuentes (industria, vehículos, etc.).

Competencia 2: Análisis de Impactos Ambientales

Explica el proceso de eutrofización y cómo los nutrientes contribuyen a este fenómeno en cuerpos de agua.

Criterios de evaluación:

- Descripción del proceso de eutrofización.
- Identificación de nutrientes involucrados (nitrógeno, fósforo).
- Explicación de los efectos en el ecosistema acuático.

Competencia 3: Evaluación de Contaminantes del Suelo

Compara los efectos de los hidrocarburos y los residuos sólidos en el suelo. ¿Qué técnicas se pueden utilizar para mitigar sus efectos?

Criterios de evaluación:

- Comparación de efectos en la calidad del suelo y salud ambiental.

-Mención de técnicas de remediación específicas (biorremediación, excavación, etc.).

Competencia 4: Monitoreo y Regulación

Describe la importancia del monitoreo de contaminantes en el ambiente. ¿Qué métodos se utilizan para medir contaminantes atmosféricos y acuáticos?

Criterios de evaluación:

- Explicación de la importancia del monitoreo para la salud pública y el medio ambiente.
- Descripción de al menos dos métodos de muestreo y análisis.

Competencia 5: Propuestas de Soluciones

Propone al menos dos estrategias para controlar la contaminación del aire y del agua. Justifica tu elección.

Criterios de evaluación:

- Propuestas de estrategias efectivas (tecnologías de control, tratamiento de aguas residuales).
- Justificación basada en principios de sostenibilidad y salud ambiental.

Competencia B:

2)Objetivo de la evaluación: Evaluar la capacidad de los estudiantes para entender y aplicar técnicas de muestreo y análisis en el monitoreo de la calidad ambiental, así como interpretar datos analíticos relevantes.

Competencia 1: Técnicas de Muestreo

Describe dos técnicas de muestreo utilizadas en el análisis ambiental. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de cada una?

Criterios de evaluación:

- Descripción clara de cada técnica.
- Identificación de al menos una ventaja y una desventaja.

Competencia 2: Métodos de Análisis

Explica al menos tres métodos de análisis utilizados para medir contaminantes en el aire y en el agua. ¿Qué tipo de contaminantes se pueden detectar con cada método?

Criterios de evaluación:

- Descripción de tres métodos específicos.
- Mención de los contaminantes relevantes para cada método.

Competencia 3: Interpretación de Datos

Analiza un conjunto de datos de monitoreo ambiental proporcionado (puedes incluir un ejemplo sencillo). ¿Qué conclusiones puedes sacar sobre la calidad del aire o del agua?

Criterios de evaluación:

- Análisis claro y coherente de los datos.
- Conclusiones basadas en la información presentada.

Competencia 4: Importancia del Monitoreo

Discute la importancia del monitoreo ambiental en la gestión de la calidad del aire y del agua. ¿Cómo contribuye a la toma de decisiones?

Criterios de evaluación:

- Explicación de la relevancia del monitoreo.
- Conexión con la gestión ambiental y la toma de decisiones.

Recomendamos observar los siguientes videos para facilitarle el aprendizaje de los contenidos expuestos en el presente capítulo:

Links: Contaminantes y Métodos Básicos de Análisis

<https://www.youtube.com/watch?v=bR2X6sqsAiY&t=4s>

<https://www.youtube.com/watch?v=-aBYdkVkURI>

<https://www.youtube.com/watch?v=Sb- VAd4RJo>

<https://www.youtube.com/watch?v=iPCUpCDhdsE&t=3s>

https://www.youtube.com/watch?v=DY_cnjtx4Nk

<https://www.youtube.com/watch?v=tFWhetuTZw>

<https://www.youtube.com/watch?v=yoiTVKxo0ko>

https://www.youtube.com/watch?v=2_eoAWN93YU

<https://www.youtube.com/watch?v=ivfkDtPwXk4>

<https://www.youtube.com/watch?v=JBu6RQ1QMD0>

<https://www.youtube.com/watch?v=Mf10I90a7m4&t=35s>

<https://www.youtube.com/watch?v=WfjWMJJwxu0>

<https://www.youtube.com/watch?v=Les6BNMnVRI>

CAPITULO

04

Estrategias de Control y Remediación



Estrategias de Control y Remediación

Este capítulo explora las estrategias y tecnologías utilizadas para controlar y reducir la contaminación, así como las técnicas de remediación de suelos y aguas contaminadas. También se enfoca en la gestión de residuos y el reciclaje, elementos fundamentales para la conservación del medio ambiente.

4.1. Estrategias de Control de Contaminantes

Las estrategias de control de contaminación son aquellas acciones o actividades que, basadas en el conocimiento del proceso y sus puntos críticos, permiten mantener la presencia de microorganismos, sus restos y sus metabolitos (pirógenos) dentro de niveles aceptables.

4.1.1. Tecnologías de Control de Emisiones

Las tecnologías de control de emisiones se desarrollan para minimizar o eliminar los contaminantes emitidos por fuentes industriales, vehículos y diversas actividades humanas.

- **Filtros:**

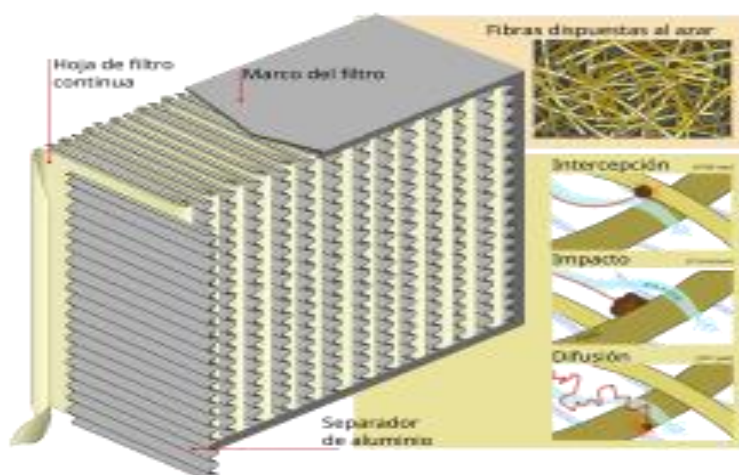
Los filtros son equipos diseñados para atrapar partículas sólidas y líquidas presentes en los gases de escape antes de su liberación al ambiente. Entre los tipos más comunes se incluyen:

- **Filtros de Tela:** Emplean una tela como medio para atrapar partículas suspendidas en el aire. Son especialmente efectivos para retener partículas de tamaño grande y mediano, como polvo y cenizas.
- **Filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air):** Retienen partículas extremadamente diminutas (de hasta 0.3 micrones) con una eficiencia notablemente alta, generalmente superior al 99.97%. Su uso es frecuente en entornos que requieren altos estándares de

limpieza, como en la industria farmacéutica y los sistemas de ventilación.

Figura 23

Filtro HEPA



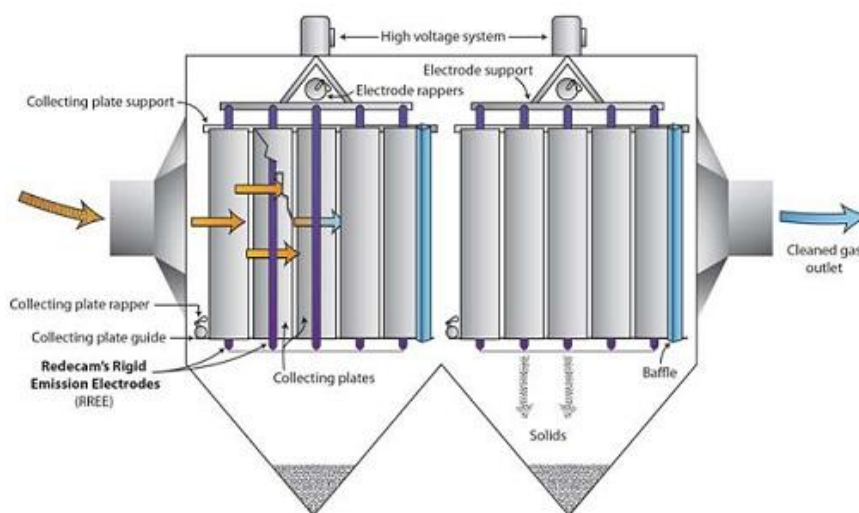
Nota: (Wikipedia, 2024).

- **Precipitadores Electrostáticos:**

Los precipitadores electrostáticos emplean campos eléctricos para atraer y capturar partículas cargadas presentes en los gases de escape. Su funcionamiento se basa en la ionización de las partículas y su posterior captura mediante una placa colectora. Son altamente eficaces en la eliminación de partículas finas, logrando eficiencias superiores al 99%.

Figura 24

Precipitador electrostático



Nota: (FMUSER, 2021).

- **Tecnologías de Reducción de Emisiones:**

Estas tecnologías se utilizan para reducir la concentración de contaminantes en los gases de escape. Algunas de las tecnologías incluyen:

- **Catalizadores:** Los catalizadores químicos se emplean para facilitar reacciones que convierten contaminantes peligrosos en compuestos menos perjudiciales. Por ejemplo, en los vehículos, los catalizadores transforman monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂).
- **Desulfurización de Gases:** Consiste en la eliminación de dióxido de azufre (SO₂) de los gases de escape, utilizando tecnologías como los reactores de caliza y los sistemas de absorción en húmedo.
- **Reducción Selectiva de Catalizadores (SCR):** Utilizan amoníaco (NH₃) o urea para reducir NOx en nitrógeno y agua en presencia de un catalizador. Esta tecnología es común en sistemas de escape de vehículos diésel.

4.1.2. Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de aguas residuales es esencial para proteger los recursos hídricos y la salud pública. Los métodos de tratamiento pueden ser físicos, químicos o biológicos.

- **Tratamiento Físico:**

El tratamiento físico se basa en la separación y eliminación de sólidos y partículas en suspensión. Incluye:

- **Sedimentación:** Utiliza la gravedad para separar sólidos suspendidos del agua. Los sólidos se asientan en el fondo de un tanque y el agua clarificada se extrae de la parte superior.
- **Filtración:** Utiliza filtros físicos, como arena o carbón activado, para remover partículas y contaminantes del agua. Los filtros

pueden ser de diferentes tipos, como filtros de prensa y filtros de membrana.

- **Centrifugación:** Utiliza la fuerza centrífuga para separar sólidos y líquidos. Es especialmente útil en la separación de sólidos finos y líquidos con una diferencia de densidad significativa.

- **Tratamiento Químico:**

El tratamiento químico implica la adición de reactivos para neutralizar, precipitar o descomponer contaminantes. Incluye:

- **Coagulación y Floculación:** Se añaden coagulantes para agrupar partículas pequeñas en flóculos más grandes, que luego se eliminan por sedimentación o filtración.
- **Neutralización:** Se utilizan reactivos para ajustar el pH del agua, neutralizando ácidos o bases presentes en las aguas residuales.
- **Oxidación-Reducción:** Se utilizan agentes oxidantes o reductores para transformar contaminantes químicos en compuestos menos nocivos. Ejemplos incluyen el tratamiento con ozono o cloro.

- **Tratamiento Biológico:**

El tratamiento biológico utiliza microorganismos (entre los que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes solubles en el agua. Estos procesos aprovechan la capacidad de los microorganismos de asimilar la materia orgánica y los nutrientes (nitrógeno y fósforo) disueltos en el agua residual para su propio crecimiento. Incluye:

- **Lagos de Tratamiento:** Utilizan la acción natural de microorganismos y plantas acuáticas para degradar contaminantes. Son sistemas de tratamiento de bajo costo y baja tecnología.
- **Reactores de Lodos Activados:** Utilizan un proceso aeróbico en el que los microorganismos descomponen contaminantes

orgánicos en un reactor con aireación. El lodo activado se separa por sedimentación.

- **Biopilas:** Consisten en apilar suelos contaminados y aplicar nutrientes y agua para promover la degradación biológica de los contaminantes.

4.2. Remedición de Suelos y Aguas Contaminadas

En la actualidad, la contaminación afecta al aire, los ríos, las lagunas e incluso al agua de lluvia, que se contamina antes de llegar al suelo. Tanto el suelo como el subsuelo también son vulnerables a la contaminación. El suelo se define como: "Material compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y microorganismos",

y corresponde a la capa superficial del terreno, con un grosor aproximado de 30 cm. Por debajo del suelo se encuentra el subsuelo, que comparte características similares, pero puede incluir rocas sólidas o capas de arena, arcilla y limo, cada una con propiedades distintas.

Durante una excavación, se observa que el suelo está húmedo, y en algunos casos, al profundizar más, comienza a fluir agua. Esto indica que el suelo ha alcanzado un estado de saturación, donde los espacios entre las partículas están completamente llenos de agua, formando un acuífero.

Existen múltiples formas de contaminar los suelos y acuíferos. Por ejemplo, las fugas en los sistemas de drenaje doméstico pueden liberar agua contaminada, mientras que el uso de plaguicidas químicos, que generalmente son tóxicos, afecta los cultivos. Asimismo, las actividades industriales generan desechos químicos, metales, plásticos y disolventes, contribuyendo a la contaminación. La magnitud y el impacto de esta contaminación varían según el tipo de contaminante y las sustancias involucradas. La mejor estrategia es prevenir la contaminación.

La remediación de suelos y acuíferos contaminados tiene como objetivo restaurar el medio ambiente a un estado saludable a través de diversas técnicas especializadas.

4.2.1. Técnicas de Remedación in situ

Las técnicas de remedación in situ se realizan en el lugar donde se encuentra la contaminación.

- **Bioremediación:**

La bioremediación utiliza microorganismos para degradar contaminantes en suelos o aguas contaminadas. Puede ser:

- **In-Situ:** Aplicación de nutrientes o microorganismos directamente en el sitio contaminado para acelerar la degradación natural.
- **Ex-Situ:** Excavación del suelo contaminado y tratamiento en un lugar separado, como un biorreactor.

- **Fitorremediación:**

La fitorremediación es una técnica que emplea plantas para eliminar, acumular o transformar contaminantes presentes en el suelo o el agua. Este método permite extraer metales pesados, compuestos orgánicos y nutrientes en exceso mediante la acción de diversas especies vegetales. Ejemplos comunes incluyen la utilización de hierbas, arbustos y árboles en zonas afectadas por la contaminación.

- **Tratamientos Térmicos:**

Los tratamientos térmicos comprenden métodos como la incineración y la desorción térmica. En la incineración, el suelo contaminado se somete a altas temperaturas para eliminar los contaminantes a través de su combustión. Por otro lado, la desorción térmica consiste en calentar el suelo para vaporizar los contaminantes, los cuales se capturan y posteriormente se tratan.

4.2.2. Técnicas de Remedación Fuera de Sitio

Las técnicas de remedación fuera de sitio implican el tratamiento de los contaminantes después de su extracción.

- **Excavación y Eliminación:**

Este proceso implica excavar el suelo contaminado y trasladarlo a un lugar adecuado para su tratamiento o disposición final. Una vez allí, el suelo puede ser sometido a tratamientos como la incineración o la estabilización química, o bien, ser enviado a vertederos autorizados para su disposición segura.

- **Tratamientos en Planta:**

Incluyen técnicas de tratamiento en instalaciones especializadas, como:

- **Lixiviación:** Proceso en el que se utilizan soluciones químicas para extraer contaminantes del suelo o sedimentos.
- **Tratamiento Biológico en Planta:** Consiste en tratar suelos o lodos contaminados en instalaciones diseñadas para favorecer la actividad microbiana, utilizando microorganismos para descomponer los contaminantes presentes.

4.2.3. Técnicas de remediación que se pueden utilizar tanto en sitio como fuera de sitio

4.2.3.1. Adsorción y Desorción

- **Adsorción:** Es un proceso en el que moléculas o iones se adhieren a la superficie de un sólido sin disolverse en él, simplemente quedando adheridos a la superficie.
- **Mecanismo:** Puede ocurrir por interacciones físicas (adsorción física) o por enlaces químicos (adsorción química).
- **Desorción:** Proceso inverso a la adsorción, en el cual las moléculas o iones adsorbidos se liberan de la superficie del sólido.
- **Mecanismo:** La desorción puede ser inducida por cambios en el pH, la concentración de competidores, o la presencia de soluciones desorbentes.

4.2.3.2. Aplicación Ambiental:

- **Retención y Liberación de Contaminantes:**
 - **Adsorción:**
 - **Definición y Aplicación:** La capacidad de adsorción de suelos y sedimentos influye en la retención de contaminantes como pesticidas, metales pesados, y compuestos orgánicos. Los suelos con alta capacidad de adsorción pueden reducir la movilidad de estos contaminantes y limitar su dispersión.
 - **Ejemplo:** El carbón activado se utiliza en tratamientos de agua para adsorber contaminantes orgánicos y mejorar la calidad del agua.
 - **Desorción:**
 - **Definición y Aplicación:** La desorción de contaminantes puede ocurrir cuando el equilibrio entre el contaminante y la superficie del adsorbente cambia. La desorción puede liberar contaminantes en el agua o el aire, potencialmente afectando la calidad del medio ambiente.
 - **Ejemplo:** En suelos contaminados, la desorción de metales pesados puede ocurrir si se cambian las condiciones del suelo (como el pH), lo que puede llevar a la liberación de estos metales en el agua subterránea.
- **Impacto en la Calidad Ambiental:** La interacción entre adsorción y desorción es crucial para entender la persistencia y movilidad de los contaminantes en el medio ambiente. Gestionar estos procesos puede ser esencial para controlar la contaminación y diseñar estrategias efectivas de remediación.

Figura 25
Tecnologías de Remediación



Nota: (Fonseca Sánchez, 2020).

4.3. Gestión de Residuos y Reciclaje

El manejo apropiado de los residuos y el reciclaje son cruciales para reducir el impacto ambiental y preservar los recursos naturales.

4.3.1. Gestión Integral de Residuos

La gestión integral de residuos abarca todas las etapas del ciclo de vida de los residuos, desde su generación hasta su disposición final.

- **Estrategias de Minimización:**

La minimización de residuos se centra en reducir la cantidad y la peligrosidad de los residuos generados. Estrategias incluyen:

- **Diseño para la Reducción de Residuos:** Desarrollar productos y procesos que generen menos residuos desde el principio.
- **Reducción en el Punto de Generación:** Implementar prácticas para reducir residuos en los procesos de producción y consumo.

- **Reutilización:**

La reutilización implica la utilización de materiales y productos sin necesidad de tratamiento adicional. Ejemplos incluyen el uso de envases reciclables, la reparación y el reacondicionamiento de productos.

- **Reciclaje:**

El reciclaje convierte residuos en nuevos materiales o productos. Existen varios tipos de reciclaje, como:

Reciclaje de Materiales Orgánicos: Conversión de residuos orgánicos en compost o biogás.

Reciclaje de Materiales Inorgánicos: Procesamiento de metales, plásticos y vidrios para su reincorporación en el ciclo de producción.

4.3.2. Política y Regulación Ambiental

Las políticas y regulaciones ambientales proporcionan el marco legal y normativo necesario para una gestión adecuada de residuos y control de contaminantes. Estas políticas aseguran que las actividades industriales y de consumo se realicen de manera que minimicen el impacto ambiental y protejan la salud pública.

- **Normativas para la Gestión de Residuos:**

Las regulaciones para el manejo de residuos están establecidas para controlar la recolección, el transporte, el tratamiento y la disposición final de los desechos. Estas regulaciones pueden abarcar:

- **Ley de Residuos Sólidos:** Establece los principios para la gestión de residuos, incluyendo jerarquías de manejo (reducción, reutilización, reciclaje y disposición final). También puede definir responsabilidades para generadores de residuos y operadores de instalaciones de tratamiento.
- **Regulaciones sobre Residuos Peligrosos:** Dictan procedimientos específicos para el manejo de residuos peligrosos, que requieren medidas especiales debido a su toxicidad, inflamabilidad o reactividad. Esto incluye etiquetado, almacenamiento seguro, y requisitos de disposición.
- **Regulaciones de Residuos Electrónicos:** Proporcionan directrices para la recolección y reciclaje de equipos electrónicos, que contienen materiales tóxicos y valiosos.

- **Políticas de Control de Contaminantes:**

Las políticas de control de contaminantes tienen como objetivo prevenir y disminuir las emisiones de contaminantes hacia el aire, el agua y el suelo. Estas políticas pueden involucrar:

- **Normas de Emisión:** Establecen límites para las emisiones de contaminantes de fuentes industriales y vehiculares. Estas normas están diseñadas para proteger la calidad del aire y reducir la exposición a sustancias nocivas.
- **Regulaciones de Descargas en Cuerpos de Agua:** Regulan la cantidad y calidad de las descargas de aguas residuales a ríos, lagos y océanos. Incluyen límites para contaminantes específicos y requisitos para tratamientos previos a la descarga.
- **Normas para el Manejo de Suelos Contaminados:** Proporcionan directrices para la evaluación y remediación de suelos contaminados, asegurando que las actividades de remediación sean eficaces y seguras.

- **Políticas Internacionales y Regionales:**

Muchas regulaciones ambientales también están influenciadas por acuerdos y directrices internacionales. Ejemplos incluyen:

- **Convenio de Basilea:** Regula el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su eliminación para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- **Protocolo de Kioto y Acuerdo de París:** Tratan el cambio climático mediante la reducción de gases de efecto invernadero y fomentan políticas para restringir el calentamiento global.
- **Directiva Europea de Residuos (en la UE):** Establece marcos para la gestión de residuos en la Unión Europea, incluyendo la jerarquía de residuos y objetivos de reciclaje.

- **Implementación y Cumplimiento:**

Las políticas y regulaciones requieren mecanismos para garantizar su implementación y cumplimiento, tales como:

- **Inspecciones y Monitoreo:** Las agencias gubernamentales realizan inspecciones y monitorean las actividades para asegurar que cumplan con las regulaciones. Esto puede incluir auditorías ambientales y revisiones de permisos.
- **Sanciones y Penalizaciones:** Se imponen sanciones y penalizaciones a las entidades que no cumplan con las normativas. Las sanciones pueden incluir multas, órdenes de cese de actividades, o incluso acciones legales.
- **Programas de Cumplimiento Voluntario:** Incentivan a las empresas a adoptar prácticas ambientales más allá de los requisitos legales a través de programas de certificación y recompensas.

Figura 26

Gestión Integral



Nota: (Ecocontenedores, 2018).

Autoevaluación

1) ¿Cuál de las siguientes tecnologías se utiliza para capturar partículas en el aire mediante la aplicación de un campo eléctrico?

- A) Filtros de Tela
- B) Precipitadores Electrostáticos
- C) Catalizadores
- D) Coagulación

2) ¿Qué tipo de tratamiento de aguas residuales utiliza la aireación para promover la actividad de microorganismos?

- A) Tratamiento Físico
- B) Tratamiento Químico
- C) Tratamiento Biológico
- D) Filtración

3) ¿Cuál de las siguientes técnicas de remediación se realiza fuera del sitio de contaminación?

- A) Bioremediación
- B) Fitorremediación
- C) Excavación y Eliminación
- D) Tratamiento Térmico

4) ¿Qué método de remediación en sitio utiliza plantas para absorber contaminantes del suelo o agua?

- A) Incineración
- B) Fitorremediación
- C) Lixiviación
- D) Reactores de Lodos Activados

5) ¿Qué estrategia de gestión de residuos se centra en reducir la cantidad de residuos generados desde el origen?

- A) Reutilización
- B) Reciclaje
- C) Minimización
- D) Eliminación

6) ¿Cuál es la función principal del catalizador en un sistema de control de emisiones?

- A) Capturar partículas en suspensión
- B) Convertir contaminantes en compuestos menos nocivos
- C) Ajustar el pH de las aguas residuales
- D) Destruir residuos sólidos a altas temperaturas

Relaciona y subraya la respuesta correcta

1)Cada tecnología de control de emisiones con su descripción adecuada.

Tecnologías	Descripciones
1) Filtros de Tela	a) Precipitadores Electrostáticos: Utilizan campos eléctricos para atraer partículas cargadas en los gases de escape.
2) Precipitadores Electrostáticos	b) Filtros de Tela: Dispositivos que capturan partículas sólidas y líquidas mediante una tela.
3) Catalizadores	c) Catalizadores: Promueven reacciones químicas para transformar contaminantes en compuestos menos nocivos.
4) Desulfurización de Gases	d)Desulfurización de Gases: Eliminan dióxido de azufre de los gases de escape mediante reactores de caliza o absorción en húmedo.

- A) 1b;2 a;3c;4d
- B) 1a;2b;3d;4c
- C) 1c;2d; 3a ;4b
- D) 1d;2c;3b;4a

2) Cada método de tratamiento de aguas residuales con su tipo de tratamiento.

Métodos	Tipo de Tratamiento
1) Sedimentación	a) Tratamiento Químico
2) Coagulación y Floculación	b) Tratamiento Físico
3) Lodos Activados	c) Tratamiento Térmico
4) Incineración	d) Tratamiento Biológico

A) 1 a; 2b; 3c; 4d

B) 1b; 2 a; 3d; 4c

C) 1c; 2d; 3 a ; 4b

D) 1d; 2c; 3b; 4 a

3) Cada técnica de remediación con su descripción.

Técnicas	Descripciones
1) Bioremediación	A. Uso de plantas para absorber o transformar contaminantes en suelos o aguas.
2) Fitorremediación	B. Procesos de tratamiento de suelos contaminados fuera del sitio de contaminación.
3) Excitación y Eliminación	C. Uso de microorganismos para degradar contaminantes orgánicos en suelos o aguas.
4) Lixiviación	D. Aplicación de soluciones químicas para extraer contaminantes del suelo o sedimentos.

A) 1b; 2a; 3c; 4d

B) 1a; 2b; 3d; 4c

C) 1c; 2a; 3b; 4d

D) 1d; 2c; 3b; 4^a

Evaluación por competencias

Objetivo de la evaluación: Evaluar la capacidad de los estudiantes para comprender y aplicar estrategias de control de contaminantes, métodos de tratamiento de aguas residuales, y técnicas de remediación en el contexto de la ingeniería ambiental.

Competencia 1: Control de Contaminantes

Define qué son las tecnologías de control de emisiones y menciona dos ejemplos. Explica cómo cada tecnología contribuye a la reducción de la contaminación.

Criterios de evaluación:

- Definición clara de tecnologías de control.
- Ejemplos relevantes con explicación de su funcionamiento.

Competencia 2: Tratamiento de Aguas Residuales

Describe el proceso de tratamiento de aguas residuales en una planta típica. Incluye al menos tres etapas del proceso y su propósito.

Criterios de evaluación:

- Descripción detallada de cada etapa.
- Claridad sobre la importancia de cada proceso en la mejora de la calidad del agua.

Competencia 3: Remedación de Suelos y Aguas Contaminadas

Elige una técnica de remediación (por ejemplo, biorremediación o excavación) y describe su funcionamiento. ¿En qué situaciones sería más efectiva esta técnica?

Criterios de evaluación:

- Explicación clara del funcionamiento de la técnica.
- Identificación de escenarios adecuados para su aplicación.

Competencia 4: Gestión de Residuos

Analiza la importancia de la gestión integral de residuos en la sostenibilidad ambiental. ¿Qué estrategias se pueden implementar para mejorar el reciclaje en una comunidad?

Criterios de evaluación:

- Explicación clara de la importancia de la gestión de residuos.
- Propuestas prácticas y viables para mejorar el reciclaje.

Actividad práctica por competencias

Competencia 1: Estrategias de Control de Contaminantes

Investiga y elabora un informe sobre una tecnología de control de emisiones utilizada en la industria (por ejemplo, filtros de aire, precipitadores electrostáticos).

Describe el funcionamiento de la tecnología y su eficacia en la reducción de contaminantes.

Criterios de evaluación:

- Claridad en la explicación del funcionamiento.
- Información precisa sobre su eficacia y aplicaciones.

Competencia 2: Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales

Realiza una visita a una planta de tratamiento de aguas residuales (si es posible) o investiga un caso de estudio.

Prepara un informe que describa el proceso de tratamiento, incluyendo las etapas y tecnologías utilizadas.

Criterios de evaluación:

- Descripción detallada del proceso de tratamiento.
- Análisis de la efectividad del método en la mejora de la calidad del agua.

Competencia 3: Remediación de Suelos y Aguas Contaminadas

Diseña un plan de remediación para un sitio hipotético contaminado (puedes inventar un escenario, como un antiguo vertedero).

Incluye las técnicas que emplearías (biorremediación, excavación, etc.) y justifica tu elección.

Criterios de evaluación:

- Detalle y viabilidad del plan de remediación.

-Justificación clara de las técnicas seleccionadas.

Competencia 4: Gestión de Residuos y Reciclaje

Organiza una campaña de concienciación sobre la gestión de residuos en tu comunidad.

Diseña material informativo (folletos, presentaciones) que explique la importancia de la gestión integral de residuos y estrategias de reciclaje.

Criterios de evaluación:

-Creatividad y claridad en el material diseñado.

-Impacto potencial de la campaña en la comunidad.

Recomendamos observar los siguientes videos para facilitarle el aprendizaje de los contenidos expuestos en el presente capítulo:

Links: Estrategia de Control y Remediación

<https://www.youtube.com/watch?v=bkL5dJqVqnc>

<https://www.youtube.com/watch?v=BLkOZTMRCV0>

<https://www.youtube.com/watch?v=AQRayDKivC8>

<https://www.youtube.com/watch?v=i28zdRiZ7cU>

<https://www.youtube.com/watch?v=PhCr52UjZ20>

https://www.youtube.com/watch?v=uRzS_12EMKI

Solucionario

Capítulo 1

Subraye la respuesta correcta

1B;2B;3C;4C;5C;6B;7C;8B;9A;10B

Relaciona y subraya la respuesta correcta

1A; 2B; 3C;4C

Capítulo 2

Subraye la respuesta correcta

1C;2D;3B;4B;5C;6B;7B;8A;9B ;10B;11B;12D;13B;14B;15C;16C;17B;18 A;19B
;20D;21B; 22B;23B;24A

Relaciona y subraya la respuesta correcta

1A ;2C;3B;4C;5 A;6D

Capítulo 3

Subraye la respuesta correcta

Bloque A:1C;2B;3D;4B;5B;6B

Bloque B:1C;2B;3C;4A;5B;6C

Relaciona y subraya la respuesta correcta

Bloque A:1C;2B;3B

Bloque B:1A ;2B;3C

Capítulo 4

Subraye la respuesta correcta

1B;2C;3C;4B;5C;6B

Relaciona y subraya la respuesta correcta

1A ;2B;3c

Referencias Bibliográficas



Referencias Bibliográficas

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2017). *Biología Molecular de la Célula* (6ª ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Anastas, P. T., & Williamson, T. C. (Eds.). (1996). *Green chemistry: Designing chemistry for the environment*. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-1996-0626>
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198506980.001.0001>
- Anastas, P., & Eghbali, N. (2010). Green chemistry: Principles and practice. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 301-312. <https://doi.org/10.1039/B918763B>
- Anderson, R. A. (2012). *Environmental Monitoring and Assessment: Methods and Approaches* (2ª ed.). Springer.
- Baker, A., & Smith, H. (2018). *Emerging Technologies in Environmental Chemistry* (2ª ed.). Springer.
- Benigni, R., & Bossa, C. (2011). Mechanisms of chemical carcinogenicity and mutagenicity: A review with implications for predictive toxicology. *Chemical Reviews*, 111(4), 2507–2536. <https://doi.org/10.1021/cr100222q>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The nature and properties of soils* (14ª ed.). Pearson. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19861907639>
- Castellan, G. W. (2004). *Química Física* (4ª ed.). Pearson Educación.
- Castro, M. (2013). *Gestión y Remediación de Suelos Contaminados* (2ª ed.). Ediciones Universitarias.
- Carson R. L. (1962). *Silent Spring*, 1a. edición, the Riverside press, Cambridge, Massachusetts, EUA.
- Carson, R. L. (2010). *Primavera silenciosa* (J. Ros, Trad.). Editorial Crítica. https://planetadelibroscom.cdnstatics2.com/libros_contenido_extra/34/33636_Primavera_silenciosa.pdf
- Ceballos, E., & Mora, A. (2015). *Química Ambiental: Fundamentos y Aplicaciones* (1ª ed.). Editorial Reverte.
- Cecin, A., & García, L. (2010). *Contaminación Atmosférica: Causas, Consecuencias y Medidas de Control*. Ediciones Akal.

- Collins, T. J. (2002). TAML oxidant activators: A new approach to the activation of hydrogen peroxide for environmentally significant problems. *Accounts of Chemical Research*, 35(9), 782-790. <https://doi.org/10.1021/ar010079s>
- Collins, T. J. (2011). TAML activators: Green chemistry catalysts as effective small molecule mimics of the peroxidase enzymes. *Chemistry in New Zealand*, 75(2), 72-77. https://www.researchgate.net/profile/Terrence-Collins/publication/304539473_TAML_activators_Green_chemistry_catalysts_as_effective_small_molecule_mimics_of_the_peroxidase_enzymes/links/5ad351f6aca272fdaf7a8f00/TAML-activators-Green-chemistry-catalysts-as-effective-small-molecule-mimics-of-the-peroxidase-enzymes.pdf
- Cote, I. M., & Darling, E. S. (2010). Rethinking ecosystem resilience in the face of climate change. *PLOS Biology*, 8(7), e1000438. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000438>
- Fernández, J., & García, M. (2012). Contaminantes en el Agua: Metales Pesados y Productos Químicos (2ª ed.). Ediciones Akal.
- García, J., & Martínez, M. (2002). *Química: Estructura y Función* (2ª ed.). Ediciones Pirámide.
- García, C. (2012). *Química del Aire: Contaminantes y sus Efectos*. Editorial Síntesis.
- García, A., & López, J. (2015). Tecnologías de Remediación: Biotecnología y Métodos Avanzados (1ª ed.). Ediciones Akal.
- Garrido, M., & Sánchez, M. (2011). Tratamiento de Aguas Residuales: Métodos y Tecnologías (1ª ed.). Editorial Reverte.
- Ghosh, A., Ryabov, A. D., Mayer, S. M., Horner, D. C., Prasuhn, D. E., Jr., Gupta, S. S., Vuocolo, L., Culver, C., Hendrich, M. P., Rickard, C. E. F., Norman, R. E., Horwitz, C. P., & Collins, T. J. (2003). Understanding the mechanism of H⁺-induced demetalation as a design strategy for robust iron(III) peroxide-activating catalysts. *Journal of the American Chemical Society*, 125(41), 12378-12379. <https://doi.org/10.1021/ja0367344>
- Gómez, R. (2013). Contaminación Acuática: Efectos y Soluciones (1ª ed.). Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Gómez, J., & López, E. (2006). Química Física para Ciencias Ambientales (2ª ed.). Editorial Síntesis.
- Harris, D. C. (2015). Quantitative Chemical Analysis (9ª ed.). W. H. Freeman.
- Houghton, J. T., Ding, Y., & Griggs, D. J. (2001). *Climate Change 2001: Mitigation*. Cambridge University Press.

- Iglesias, M. (2010). Química General y Experimental (1ª ed.). Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Krähling, H. (1999). "Green vs. sustainable chemistry-More than a discussion on catchwords". Environ. Sci. & Pollut. Res., 6, 124.
- López, E., & Álvarez, P. (2012). Residuos Sólidos: Impacto Ambiental y Gestión (3ª ed.). Editorial Síntesis.
- López, F., & Fernández, A. (2011). Técnicas de Monitoreo Ambiental (1ª ed.). Editorial Síntesis.
- Madu, C. N., & Kuei, C. H. (2018). Managing the Quality of Environmental Management Systems. CRC Press.
- Martínez, M., & Delgado, R. (2017). Riesgos Ambientales y Químicos: Evaluación y Gestión (1ª ed.). Editorial Reverte.
- Matthews, J. A., & Douds, D. D. (2018). Introduction to Environmental Chemistry. Wiley.
- Maiti, S. K. (2014). Fundamentals of Environmental Chemistry. CRC Press.
- Martínez, J., & Fernández, R. (2013). Remediación de Suelos Contaminados: Métodos y Tecnologías (1ª ed.). Editorial Síntesis.
- Metcalf & Eddy. (2014). Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (5ª ed.). McGraw-Hill.
- Miller, G. T. (2015). Environmental Science: Sustaining the Earth (14ª ed.). Cengage Learning.
- Morrison, R. T., & Boyd, R. N. (2006). *Química Orgánica* (6ª ed.). Pearson Educación.
- Muñoz, A. (2015). Contaminación Acuática: Productos Farmacéuticos y Plaguicidas (1ª ed.). Editorial Síntesis.
- Niemann, R. (2012). Fundamentals of Air Pollution (4ª ed.). Academic Press.
- Nota: Incluye secciones sobre tecnologías y métodos para el control de emisiones atmosféricas.
- Pérez, M. (2011). Química Ambiental: Contaminantes y Procesos (1ª ed.). McGraw-Hill.
- Pérez, E., & García, J. (2015). Monitoreo Ambiental: Calidad del Aire y Métodos de Muestreo (1ª ed.). Ediciones Akal.
- Rodríguez, J., & Pérez, M. (2016). Casos Reales en Gestión Ambiental: Contaminación y Soluciones (1ª ed.). Ediciones Akal.

- Sánchez, I., & Martínez, J. (2011). Tratamiento de Residuos y Productos de Desecho (1ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Sánchez, R., & Martínez, J. (2013). Planes de Manejo Ambiental y Estrategias de Mitigación (1ª ed.). Editorial Reverte.
- Sanghi, R.; Singh, V.; Sharma, R. K. (2012). "Environment and the role of green chemistry" en Sanghi, Rashmi; Singh, Vandana (editores), Green Chemistry for Environmental Remediation, John Wiley & Sons, EUA, 1-34.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* (3rd ed.). Wiley.
- Sharma, S., & Sharma, S. (2016). Data Analysis in Environmental Chemistry (1ª ed.). CRC Press.
- Schnoor, J. L. (1996). *Environmental Modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air, and Soil*. Wiley.
- Sheldon, R. A. (1992). "Organic synthesis; past, present and future". Chem. Ind. (London), 903-906.
- Sheldon, R. A. (2007). "The E factor: Fifteen years". Green Chem., 9, 1273-1283.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., & Glajch, J. L. (2012). Practical HPLC Method Development (3ª ed.). Wiley.
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). Handbook of Environmental Engineering. McGraw-Hill.
- Trost, B. M. (1991). "The Atom Economy. A Search for Synthetic Efficiency". Science, 254, 1471-1477.
- Vázquez, J. L., & López, A. (2016). Modelos de Dispersión y Concentración de Contaminantes (1ª ed.). Ediciones Akal.
- Vázquez, S., & Fernández, A. (2016). Política y Regulación Ambiental en España (1ª ed.). Editorial Reverte.
- Sierra, A., Meléndez, L., Ramírez-Monroy, A., & Arroyo, M. (2014). La química verde y el desarrollo sustentable. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 5(9). <https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/1/5>
- Escalante Cabeza, M. (2021). *Diseño químico de materiales poliméricos para la sostenibilidad* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/items/7ad111d6-2504-43c6-9753-9e138bed8beb>
- Bustamante, S. (2014). Gestión integral de la calidad ambiental [Presentación en Prezi]. <https://prezi.com/-tcaouqxsrvj/gestion-integral-de-la-calidad-ambiental/>

Referencias:

- Servicio de Evaluación Ambiental. (2022). *¿Qué son los componentes ambientales?* [Actualización de LinkedIn]. https://es.linkedin.com/posts/serviciodeevaluacionambiental_qu%C3%A9-son-los-componentes-ambientales-inf%C3%B3rmate-activity-6810199696120840192-d9D0?trk=public_profile_like_view
- Química Moderna. (2024). *Rompiendo y formando enlaces químicos: La esencia de la vida.* <https://quimicamoderna.net/fundamentos-de-la-quimica/rompiendo-formando-enlaces-quimicos-esencia-vida/>
- Algor Education. (2023). *Reacciones químicas: conceptos y clasificación.* Recuperado de https://cards.algorededucation.com/es/content/t84_KfcW/reacciones-quimicas-conceptos-clasificacion
- Thermal Engineering. (2020). *¿Qué es la Ley de Conservación de la Materia? – Definición.* <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-ley-de-conservacion-de-la-materia-definicion/>
- COMPO EXPERT. (2017). *Soluciones COMPO EXPERT para zonas vulnerables a contaminación por nitratos – PROYECTO N-AGUA 20[23]+.* <https://www.compo-expert.com/es-ES/noticias/notas-de-prensa/soluciones-compo-expert-para-zonas-vulnerables-contaminacion-por-nitratos>
- Carmona Martín, F. (2024). *Reacciones ácido-base: neutralización.* <https://www.gocongr.com/ficha/26472376/reacciones-acido-base-neutralizacion>
- Estrada Ramírez, R. M. A. [@ricestrada]. (2021, 28 de agosto). *240/365 Si uno de los productos o reactivos es un gas, podemos utilizar un manómetro para encontrar la rapidez de la reacción* [Tuit]. X. <https://x.com/ricestrada/status/1431803194288521218>
- Khan Academy. (2017). *Introducción a la fotosíntesis.* <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis>
- Núcleo Milenio en Procesos Catalíticos hacia la Química Sustentable. (2020). *¿Qué es una reacción de hidrólisis?* [Imagen]. Facebook. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=826762001496015&set=a.352642662241287>
- Cruz, R. (2012). *Formación de iones complejos* [Presentación de diapositivas]. SlideShare. <https://es.slideshare.net/RefugioCruz/08-formacion-de-iones-complejos>

Referencias:

- Fresco y del Mar. (2016). *Cambio climático: su influencia en los océanos*.
<https://frescoydelmar.com/blog/cambio-climatico-su-influencia-en-los-oceanos/>
- Tratamiento de Aguas Residuales. (2017). *Etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales*. Recuperado de
<https://tratamientodeaguasresiduales.net/etapas-del-tratamiento-de-aguas-residuales/>
- Mejía Cruz, J. (2018). *Sistema de alarma y monitoreo de la contaminación del aire*. Logicbus S.A. de C.V. Recuperado de
<https://www.logicbus.com.mx/Sistema-alarma-monitoreo-aire.php>
- Nadal, S. (2022). *Remediación de suelos: Reestablecer la vida al suelo contaminado*. Arcadis. <https://www.arcadis.com/es-es/insights/blog/spain/silvia-nadal/2022/remediacion-de-suelos>
- Kalstein. (2022). *¿Qué es un pHmetro?* Recuperado de <https://kalstein.ec/que-es-un-phmetro-2/>
- Adu. (2010). *Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios*. Contaminación Ambiental. https://proteger-el-ambiente.blogspot.com/2010/09/contaminantes-atmosfericos-primarios-y_23.html
- Administrator. (2014). *Tipos de contaminantes*. SatirNet Safety. <https://www.satirnet.com/satirnet/2014/12/03/tipos-de-contaminantes/>
- Induanálisis. (2019). *¿Por qué es importante monitorear la calidad del aire?*
https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/por_que_es_importante_monitorear_la_calidad_del_aire_14
- Wikipedia. (2024). *HEPA*. <https://es.wikipedia.org/wiki/HEPA>
- FMUSER. (2021). *¿Qué es un transmisor de FM?* R <https://es.fmuser.net/content/?20950.html>

RESUMEN

Introducción a la Química Ambiental nos invita a entender cómo los principios químicos influyen en nuestro entorno y qué podemos hacer para cuidarlo. Este libro explora el impacto de nuestras actividades en el aire, el agua y el suelo, explicando las reacciones químicas detrás de estos problemas. Pero no se queda ahí: también nos muestra cómo la química puede ser una aliada en el desarrollo de tecnologías limpias y soluciones sostenibles que ayuden a contrarrestar los efectos negativos de la industrialización y el crecimiento poblacional. Además, propone reflexionar sobre nuestro papel en la protección del planeta. Con apartados clave como "Componentes del Sistema Ambiental", es una herramienta esencial para ingenieros y personas interesadas en comprender cómo interactúan los sistemas naturales y humanos, inspirando a buscar soluciones prácticas y sostenibles para los desafíos ambientales actuales.

Palabras Clave: Química Ambiental, Química Verde, Contaminación, Estrategias de Control

Abstract

Introduction to Environmental Chemistry invites us to understand how chemical principles influence our environment and what we can do to take care of it. This book explores the impact of our activities on air, water and soil, explaining the chemical reactions behind these problems. But it does not stop there: it also shows us how chemistry can be an ally in the development of clean technologies and sustainable solutions that help counteract the negative effects of industrialization and population growth. It also proposes to reflect on our role in protecting the planet. With key sections such as "Components of the Environmental System", it is an essential tool for engineers and people interested in understanding how natural and human systems interact, inspiring them to seek practical and sustainable solutions to current environmental challenges.

Keywords: Environmental Chemistry, Green Chemistry, Pollution, Control Strategies.



<http://www.editorialgrupo-aea.com>



[Editorial Grupo AeA](#)



[editorialgrupoea](#)



[Editorial Grupo AEA](#)

ISBN: 978-9942-651-69-3



9 789942 651693