



Programa de la asignatura:

Química ambiental

U1

Química ambiental y los
contaminantes



DCSBA



TECNOLOGÍA
AMBIENTAL



Unidad 1. Química ambiental y los contaminantes





Índice

Presentación de la Unidad	4
Propósitos de la unidad	5
Competencia específica	6
Actividades	6
1. Química ambiental y los contaminantes.....	7
1.1. Contexto de la química ambiental.....	8
1.1.1. Elementos y compuestos químicos del ambiente	9
1.1.2. Concepto y tipos de contaminantes	11
1.1.3. Tipos de los contaminantes	14
1.1.4. Comportamiento de los contaminantes.....	15
1.2. Grados de contaminación	20
1.2.1. Por tipo de contaminante	24
1.2.2. Por el medio al que impacta	28
1.2.3. Metodología de control	29
1.2.4. Métodos para la elaboración de un diagnóstico	32
1.3. Técnicas de muestreo	34
1.3.1. Planeación del muestreo	35
1.3.2. Herramientas para el muestreo	38
1.3.3. Calidad en el muestreo	39
Cierre de la Unidad	40
Para saber más.....	41
Fuentes de consulta	46



Presentación de la Unidad

Las personas que habitamos este planeta estamos alterando el funcionamiento del clima, pero las actividades en su conjunto, como sociedad, perturban los niveles de contaminación general del mundo.

La contaminación química, radiactiva y la pérdida de diversidad de los ecosistemas provocan retos en cuestiones ambientales debido a que el planeta está sufriendo severos deterioros. Sabemos que la ruptura de la capa de ozono afecta a todas las formas de vida en el planeta, pero sobre todo a los seres humanos. Esto provoca el deshiele de los glaciales que, en consecuencia, eleva a los océanos y se pierden zonas terrestres

Por otro lado, la tala inmoderada es una de las causas del calentamiento global debido a que los gases como el monóxido de carbono y dióxido de carbono no son captados por los árboles siendo liberándolos a la atmósfera, disminuyendo la capa de ozono, otro de las consecuencias de la tala ilegal o no moderada provoca el resquebrajamiento de suelos.

Por todo esto, se desarrolló una disciplina que estudie los graves efectos del cambio climático y sus consecuencias: la química ambiental. Es decir, la aplicación de la química al estudio de los problemas y la conservación del ambiente, así como el impacto que las actividades que el hombre desarrolla tienen en él.



Propósitos de la unidad



Al término de esta unidad podrás:

- 1** **Clasificar** los diferentes tipos de contaminantes.
- 2** **Relacionar** los contaminantes con sus propiedades en agua, suelo y aire.
- 3** **Identificar** las características de los contaminantes.
- 4** **Identificar** los procedimientos de muestreo.



Competencia específica



Diferencia los tipos de contaminantes para relacionarlos con sus propiedades en diferentes contextos, identificando sus características químicas.

Actividades



Las instrucciones de las actividades de aprendizaje, las podrás consultar en el espacio *Avisos importantes*. Toma en cuenta que para estas unidades se han generado actividades colaborativas, individuales, complementarias, autorreflexiones y la evidencia de aprendizaje.



1. Química ambiental y los contaminantes

A partir de la Revolución Industrial, los cambios han sido vertiginosamente rápidos, en poco más de 200 años el hombre ha perturbado de manera evidente las condiciones climatológicas del planeta y las diversas especies que habitan en él.

Hoy en día, el ser humano se preocupa por la situación que acontece en el ambiente, por ello surge la necesidad de proporcionar cuidado a los problemas ambientales que se presentan. Los problemas ambientales deben identificarse y ubicarse para comprender su importancia e impacto a los diversos medios de manera general al aire, el suelo, el agua y la diversidad biológica flora y fauna silvestres, éstos son los recursos naturales que hoy día sufren de contaminación, el encontrar soluciones para el arquetipo entre la necesidad del consumo de recursos naturales y su preservación es uno de los objetivos trascendentales de la química de hoy. Como respuesta a esta problemática surge la química ambiental.

La química ambiental y de la química clásica es una ciencia pluridisciplinaria por tratar a otras áreas como la ecología, la biología, la educación ambiental, la geología, y la ingeniería sanitaria.

El objetivo de la química ambiental debe ir más allá de la inclusión de estudios de gran número de compuestos químicos diferentes, procesos y metodologías de remediación para la detección de problemas ambientales e incluso encontrar las soluciones a dichos problemas, despertando una inquietud de entender los fenómenos de la contaminación en el ambiente con la finalidad primordial de mejorar la calidad de vida del planeta que habitamos. Afortunadamente, desde 1990 esta rama se dedica a reducir sus riesgos y a disminuir los efectos adversos producidos por su práctica y fomentar el consumo de los recursos no renovables.



1.1. Contexto de la química ambiental

La química ambiental asimila los cambios, es decir los procesos químicos que acontecen en el ambiente. Sabemos que estos cambios pueden ser naturales o causados por el hombre y en algunos casos tienen impactos negativos en el entorno y en la humanidad. Siendo así, la química ambiental es un instrumento de gran potencial para la enseñanza de educación ambiental y ecológica. .

Por todo esto, los químicos/as decimos que la química ambiental es la ciencia que se encarga del estudio del ambiente e implicaciones provocadas por las actividades humanas, (agropecuarias, industriales y de servicios) debido a que en la elaboración o distribución de los productos se desprenden contaminantes que afectan a los diversos medios como al agua, suelo y aire.

La química ambiental surge precisamente como rama de la química tradicional para proponer soluciones, para prevenir, reducir y eliminar los impactos negativos ocasionados por las acciones realizadas por el hombre y las ocasionadas de manera natural.

Hoy en día, los países tanto desarrollados como de economía emergente tienen un crecimiento económico que depende principalmente de procesos industriales donde la materia prima proviene de diversas fuentes (naturales y/o sintéticas). Durante el procesamiento, se abastecen de agua, combustibles y/o sustancias químicas, ocasionando la generación de productos y derivados que dañan y deterioran al ambiente. Al mismo tiempo, una vez terminada la vida útil del producto, en algunos casos este, así como el envase o empaque que lo contiene se convierten en contaminante para diversos medios (agua, suelo y aire), por lo que es importante el estudio de la química ambiental como rama de la química.



1.1.1. Elementos y compuestos químicos del ambiente

Los diversos átomos que constituye la materia los conocemos como elementos químicos, los cuales se encuentran ubicados en familias y periodos en la tabla periódica. Estos elementos químicos se organizan para formar numerosos compuestos en el ambiente. Observa la siguiente tabla.



Tabla 1. Elementos químicos en el ambiente.

Molécula o ion de importancia biológica en la que se encuentra el elemento				Localización en el ambiente		
Elemento	Símbolo químico	Nombre	Fórmula	Aire	Disuelto en agua	Minerales en las rocas y el suelo
Carbono	C	Dióxido de carbono	CO ₂	X	X	X(CO ₃ ⁻) Carbonato
Hidrógeno	H	Agua	H ₂ O	X	X	
Oxígeno atómico (necesario en la respiración)	O	Gas oxígeno	O ₂	X	X	
Oxígeno molecular (liberado en la fotosíntesis)	O ₂	Agua	H ₂ O		El agua misma	
Nitrógeno	N	Gas nitrógeno	N ₂	X	X	Por fijación
		Ion amonio	NH ₄ ⁺		X	X
		Ion nitrato	NO ₃ ⁻		X	X
Azufre	S	Ion sulfato	SO ₄ ²⁻		X	X
Fósforo	P	Ion fosfato	PO ₄ ³⁻		X	X
Potasio	K	Ion potasio	K ⁺		X	X
Calcio	Ca	Ion calcio	Ca ²⁺		X	X
Magnesio	Mg	Ion magnesio	Mg ²⁺		X	X
Cloro	Cl	Ion cloro	Cl ⁻		X	X
Minerales*						
Hierro*	Fe	Ion hierro	Fe ^{2+,3+}		X Fe ²⁺ solo	X
Manganeso*	Mn	Ion manganeso	Mn ²⁺		X	X
Boro*	B	Ion boro	B ³⁺		X	X
Zinc*	Zn	Ion zinc	Zn ²⁺		X	X
Cobre*	Cu	Ion cobre	Cu ²⁺		X	X



Molibdeno*	Mo	Ion molibdeno	Mo ²⁺		X	X
Trazas**						
Cadmio	Cd	Ion cadmio	Cd ²⁺		X	X
Cromo	Cr	Ion cromo	Cr ³⁺		X	X
Selenio	Se	Ion selenio	Se ²⁺		X	X
Vanadio	V	Ion vanadio	V ²⁺		X	X
Níquel	Ni	Ion níquel	Ni ²⁺		X	X
Aluminio	Al	Ion aluminio	Al ³⁺		X	X
Estaño	Sn	Ion estaño	Sn ²⁺		X	X
Iodo	I	Ion iodo	I ¹⁻		X	X
Flúor	F	Ion Flúor	F ¹⁻		X	X
Cobalto	Co	Ion cobalto	Co ²⁺		X	X
Silicio	Si	Ion silicio	Si ²⁺		X	X
Arsénico	As	Ion arsénico	As ²⁺		X	X

Adaptada de Nebel y Wright, (1999).

1.1.2. Concepto y tipos de contaminantes

Primero conozcamos qué es contaminante y contaminación. **Contaminante** es toda sustancia presente en el medio (acuoso, terrestre y/o aire), que si se encuentran en determinadas concentraciones provocan problemas adversos al ambiente y en consecuencia a la salud de los seres vivos.

Según Manuel Ludevid (2004) contaminación es la adición de materiales o energía en cantidades que causan alteraciones no deseables a alguno de los medios o a todos (agua, aire y suelo) como resultado de las actividades provocadas por el hombre.

De acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2011), contaminante es “toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural”. Y contaminación es “la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico”.



Es substancialmente necesario indicar que la contaminación no se da en una sola zona, ni es un solo tipo de contaminante sino es un cúmulo de contaminantes combinados y que provocarán daños según el medio hacia donde se encuentren, por ejemplo, al aire, al agua, al suelo. Tales efectos se describen más adelante en estos contenidos, en el punto *Grado de impactos de los contaminantes*.

Cada valor de contaminante varía dependiendo de la proximidad a la fuente generadora y las condiciones del clima, la temperatura, la velocidad del viento, el movimiento de sistemas de altas y bajas presiones y la interacción entre ellos y con la topografía puntual, por ejemplo, en las montañas. Otra condición climática es la velocidad e incluso la dirección del viento; de esta manera, veremos qué regiones serán afectadas por la dirección y en cuanto tiempo llegará la problemática ambiental y conocer el grado de exposición (composición y concentración) a la cual se encontrará la población y el entorno, entonces la contaminación no es una sola sustancia es una mezcla de ellas y que actúa con todos los seres vivos, donde los efectos son sinérgicos (significa que dos o más factores juntos provocan un efecto potencial que si fuera un solo contaminante).

Por ejemplo, la temperatura suele disminuir con la altitud, pero cuando una capa de aire frío se asienta bajo una capa de aire caliente produce lo que se conoce como una inversión térmica, entonces la mezcla atmosférica se retarda y los contaminantes se depositan cerca del suelo. Las inversiones térmicas pueden quedar bajo un sistema estacionario de altas presiones unido a una baja velocidad del viento por demasiado tiempo.



Un claro ejemplo de contaminación al ambiente en sus diferentes medios (suelo, agua y aire) es la contaminación radioactiva en Fukushima, Japón, que produjo la Central Nuclear ocasionado por la ruptura de reactores, ocurrido en 2011. Este caso puedes consultarlo en la sección *Para saber más* en el documento titulado *El accidente nuclear de Fukushima-Daiichi, Japón*, escrito por Juan Azorín Nieto. consultar en la sección.



Otro ejemplo es el que sucedió en Coatzintla, Veracruz, México, el 2 de noviembre de 2011. Esa fecha se presentó un derrame de crudo en el Río Cazonas que contaminó los tanques de almacenamiento de agua que contenían más de un millón de litros, lo que generó una capa de aceite impidiendo el intercambio de oxígeno y por lo tanto, la muerte de la vida acuática, el subsuelo del río y alrededores. Revisa el artículo del periódico La Jornada. Encuéntralo en la sección *Para saber más*.



Además, podrás consultar información sobre los grandes rasgos de contaminantes y diversidad en la en el artículo *Evidence for substantial variations of atmospheric hydroxyl radicals in the past two decades* escrito por G. Philip Robertson, Eldor A. Paul y Richard R. Harwood. Encuéntralo en la sección *Para saber más*.



1.1.3. Tipos de los contaminantes

Existen diversas clasificaciones de los contaminantes: por su origen y por su estado físico. Sin embargo, los contaminantes se clasifican de manera general en físicos, químicos y biológicos de acuerdo con Dickson (2000). Revísalos a continuación.

Los **contaminantes físicos** son aquellos componentes como la materia y/o energía producida por medios mecánicos como vibraciones y ruido; térmica como frío y calor extremo, y las radiaciones, los cuales afectan al ambiente (medio acuoso, terrestre y aéreo). En el caso del medio acuoso, estos contaminantes se depositan en la superficie impidiendo el intercambio de oxígeno disuelto, por lo tanto, la vida acuática se ve afectada y puede provocar su muerte. En el medio terrestre, por ejemplo, afectan las cosechas disminuyendo su productividad provocando hambrunas. En el aire, los contaminantes se incorporan a este y son llevados por corrientes a través de la dirección del viento a otros lugares contaminándolos, por ejemplo: las cenizas volcánicas y las partículas originadas por las diferentes industrias y otras actividades humanas.

Los **contaminantes químicos** son aquellas sustancias o materiales de origen orgánico e inorgánico que modifican las condiciones naturales del medio como las descargas domésticas, agrícolas e industriales, por ejemplo: el ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, fosfatos provenientes de detergentes, blanqueadores, pinturas, compuestos nitrogenados y fosforados (bionutrientes), compuestos clorofluorocarbonados producidos por productos en forma de *spray*, elementos tóxicos (Hg, Be, Pb, Zn, As, Sb, etc.) provenientes de actividades industriales, elementos radioactivos (Ra, Sr, Cs, etc.) liberados como consecuencia de desastres nucleares, gases (H_2S , NH_3 , Cl_2 , etc.) resultado de diversas actividades humanas, etc.

Los **contaminantes biológicos** son organismos que modifican y dañan las condiciones naturales del medio por su sola presencia o por las sustancias derivadas de sus procesos biológicos ejemplo de este tipo de contaminantes son las bacterias, los virus, los hongos y las algas que producen diversas enfermedades al ser humano como la hepatitis, la tifoidea, el cólera, entre otras. El botulismo es una enfermedad causada por una bacteria, su hábitat común es el suelo, plantas, sedimentos y en los animales ocasiona problemas y desequilibrio ecológico e incluso la muerte de las especies.



Referente a las fuentes generadoras de la contaminación se conocen también como antropogénicas y son de dos tipos: estáticas y fuentes móviles. Las estáticas se subdividen en fuentes zonales y localizadas (zonas industriales, minas, canteras, producciones agrícolas, productos químicos, industrias básicas de metales, generadoras de energía, entre otras) y las fuentes móviles son los vehículos donde se lleva a cabo la combustión y que quedan incluidos desde los más ligeros hasta los más pesados.

No se debe de descartar que también haya fuentes naturales de contaminación, por ejemplo, volcanes, focos bacteriológicos, vegetales, y otros de origen natural.

1.1.4. Comportamiento de los contaminantes

De acuerdo con Mihelcic y Zimmerman (2012), los procesos de equilibrio importante para el estudio de los contaminantes son los que se enumeran a continuación:

- Volatilización
- Equilibrio agua-aire
- Química ácido-base
- Oxido-reducción
- Precipitación- disolución
- Adsorción, absorción y sorción

A continuación, se presenta una tabla en donde se describen los procesos de equilibrio anteriores y las definiciones de cada una de ellas. Recuerda que algunos de estos procesos ya los viste en química analítica.

Tabla 2. Procesos de equilibrio para el estudio de contaminantes

Procesos de equilibrio	Definición	Ecuaciones
Volatilización		
Volatilización Es la transformación de un compuesto de su estado líquido a gas.	Presión de saturación	$K = \frac{[H_2O_{(g)}]}{[H_2O_{(l)}]} = P_{H_2O}$ <p>P_{H_2O} es la presión parcial del agua</p>
	Ley de Raoult Esta ley es útil para las mezclas de productos químicos	$K = \frac{[A_{(g)}]}{[A_{(l)}]} = \frac{P_A}{X_A}$ <p>K es la presión de saturación</p>



	como, por ejemplo gasolina, diésel o queroseno.	
Equilibrio agua-aire		
Ley de Henry, K_H Esta ley describe el equilibrio químico entre las fases aire y agua.	Ley de Henry, K_H	$K_H = \frac{[A_{(g)}]}{[A_{(l)}]} = \frac{P_A}{X_A}$
Química ácido-base		
Química ácido-base La acidez y basicidad es esencial para saber la migración de contaminantes y su peligrosidad.	pH	$pH = -\log[H^+]$
	Constante de equilibrio para la disociación del agua	$K_W = 10^{-14} = [H^+][OH^-]$
	Constante de acidez	$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{HA}$
	Constante de basicidad	$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{B}$
	Carbono inorgánico total	$\begin{aligned} \text{Carbón inorgánico total} \\ &= [H_2CO_3] \\ &+ [HCO_3^-] \\ &+ [CO_3^{2-}] \end{aligned}$
	Alcalinidad Presencia de iones hidrolizables en agua.	$\begin{aligned} \text{Alcalinidad } \left(\frac{mol}{L} \right) \\ &= [HCO_3^-] \\ &+ [2CO_3^{2-}] \\ &+ [OH^-] - [H^+] \end{aligned}$
Oxido-reducción Se refiere a la transferencia de electrones en una reacción química. Esta reacción se lleva a cabo en presencia de metales, contaminantes	Ecuación de Nernst	$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$ E^0 es el potencial en condiciones estándar R es la constante los gases ideales T es la temperatura absoluta n es el número de moles que participan F es la constante de Faraday



orgánicos y reacciones microbiológicas.		Q es el cociente de reacción
<p>Precipitación – disolución</p> <p>Implica la disolución de un sólido en diversas formas solubles.</p> <p>La solubilidad es la cantidad máxima de un soluto para disolverse en un solvente.</p> <p>Las reacciones de solubilidad se relacionan con la eliminación de la dureza, metales pesados, coagulación y desulfuración de gases.</p>	Precipitación-disolución	$K_{sp} = \frac{[Ca^{2+}][CO_3^{2-}]}{CaCO_{3(s)}} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$ <p>K_{SP} producto de solubilidad</p>
	<p>Dureza total</p> <p>Es la capacidad del agua para precipitar jabón basado en la presencia de iones Ca^{2+} y Mg^{2+}</p>	$Dureza\ total\ \left(\frac{mg}{L}\right) = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$
	<p>Dureza permanente</p> <p>Es la cantidad de Ca^{2+} y Mg^{2+} restante que se asocia con los otros iones como cloruros, sulfatos, nitratos, etc., no produce incrustaciones.</p>	$Dureza\ permanente\ \left(\frac{mg}{L}\right) = [dureza\ total] - [alcalinidad]$
	<p>Dureza temporal es la parte de la dureza total que puede incrustarse y corresponde a la cantidad de Ca^{2+} y Mg^{2+} que puede asociarse con iones bicarbonato.</p>	$Dureza\ temporal\ \left(\frac{mg}{L}\right) = alcalinidad$

Adaptado de Mihelcic y Zimmerman, 2012 y NMX-AA-036-SCFI-2011 y NMX-072-SCFI-2001.

En los casos de adsorción, absorción y sorción se presenta la siguiente tabla:



Tabla 3. Términos para describir la isoterma de sorción y otros fenómenos de partición.

Isoterma u otros términos de partición	Por lo general, presente como:	Símbolos y unidades	Aplicación común
Isoterma de Freundlich	$q = KC^{1/n}$	<p>q= masa del adsorbato absorbida por unidad de masa del adsorbente después del equilibrio (mg/g)</p> <p>C= masa del adsorbato en fase acuosa tras el equilibrio (mg/L)</p> <p>K= parámetro de capacidad de isoterma de Freundlich ((mg/g)(L/mg)^{1/n})</p> <p>$1/n$= parámetro de intensidad de isoterma de Freundlich</p>	Agua para beber y tratamiento de aire, el que se usan adsorbentes como el carbón activado.
Isoterma lineal Caso especial de la isoterma de Freundlich en donde $1/n = 1$ (por ejemplo los sistemas diluidos)	$K = \frac{q}{C}$	<p>q y C son igual que la isoterma de Freundlich</p> <p>K= coeficiente de partición (o distribución) de suelo – o sedimento – agua, también se expresa como K_p o K_d (unidades de cm³/g o L/kg).</p>	Sistemas de dilución, en especial suelo, sedimento y aguas freáticas.
Normalización de K para el carbono orgánico	$K_{oc} = \frac{K}{f_{oc}}$	<p>K es la misma que la isoterma lineal (también se llama K_p o K_d).</p> <p>f_{oc} es la fracción de carbono orgánico para un suelo específico.</p> <p>K_{oc} tiene unidades de cm³/g de carbono orgánico (o L/kg de carbono orgánico) y</p>	Suelo, sedimento y aguas freáticas.



		sedimento (1% de carbono orgánico es igual a un f_{oc} de 0.01).	
Coeficiente de partición del octanol-agua	$K_{ow} = \frac{[A]_{octanol}}{[A]_{agua}}$	$[A]_{octanol}$ es la concentración del químico disuelto en octanol, ($C_8H_{17}OH$) y $[A]_{agua}$ es la concentración del mismo químico disuelto en el mismo volumen de agua. K_{ow} no tiene unidades y normalmente se reporta como $\log K_{ow}$	Ayuda a determinar la hidrofobia de un químico. Se puede relacionar con otras propiedades medioambientales como K_{oc} y una bioconcentración de factores.

Tomado de Mihelcic y Zimmerman, (2012).

Sorción y adsorción tiene significados iguales y se considera al proceso de retención de un adsorbato o absorbato (gases, vapores, líquidos o cuerpos disueltos) por un adsorbente o absorbente (un sólido o líquido) al estar en contacto; mientras que absorción consiste en la separación de un componente de un gas con un líquido. Como ejemplo de adsorbente o absorbente se tiene: la superficie del suelo, el sedimento en un puerto o en un río, material acuífero o carbón activado.

En temas sucesivos estudiaremos más ampliamente estos procesos de equilibrio y algunos ejemplos, sin embargo, después de saber el comportamiento de los contaminantes conoceremos los grados de contaminación.



1.2. Grados de contaminación

Dependiendo del tipo de contaminante y del ambiente al que afecte, es el grado de impacto que éste ocasiona.

Efecto invernadero

Según Manuel Ludevid (2004), el efecto invernadero es uno de los primordiales efectos potenciales del cambio climático ocasionado por el calentamiento global del planeta, donde la temperatura se incrementó entre 0.3 y 0.7 grados Celsius en los últimos años y que se estima el posible aumento para el año 2100 entre los 3.5 y los 4.2 grados Celsius, el más rápido jamás registrado en la historia, invirtiendo la tendencia natural y llevando al planeta a una nueva era de hielo, según modelos matemáticos, en zonas polares unos 6 grados en el año 2100 y zonas ecuatoriales únicamente un grado.

Otro efecto perjudicial es en los cultivos reduciendo las cosechas de trigo y maíz base de la producción de alimentos de países marginados. También se reducen grandes extensiones de bosques boreales de altas latitudes.

El incremento en el volumen de la lluvia y tormentas y el cambio en sus características modifica las condiciones de suelos, vegetación y favorece la distribución de pestes y agentes patógenos (microorganismos como las bacterias, hongos, virus y algas, los cuales son capaces de provocar enfermedades a los seres humanos, animales y plantas) (Enciclopedia, 2011).

Aumento del nivel del mar

Durante el siglo XX los océanos han aumentado el nivel del mar en un promedio de 12+/- 5 cm y el calentamiento global entre 1.5 y 5.5, por lo que el nivel puede ascender en un futuro entre un 20 y 165 cm, en promedio, provocando la desaparición de islas, los deltas de ríos y las zonas costeras. Esto obliga a grandes inversiones económicas a trasladar y reinstalar a habitantes en lugares seguros.

Efectos por la reducción de la capa de ozono:



La reducción de la capa de ozono, ocasionada por la presencia en la atmósfera de sustancias clorofluorocarbonadas, afecta principalmente a la salud humana, por ejemplo, de acuerdo con Ludevid (2004): la destrucción de los ácidos nucleicos (RNA y DNA) en proteínas y moléculas básicas para la vida.

La pérdida de la capa de ozono produce cáncer de piel, incluyendo melanoma, el cual es mortal. La EPA calculó que por cada 1% que disminuya la capa de ozono, aumenta el 5% de cánceres de piel, lo que se reflejaría entre 10,000 y 20,000 víctimas adicionales a las ya existentes, también afecta a los ojos produciendo cataratas, causante de ceguera de millones de personas y debilita la visión a otros tantos y afecta además al sistema inmunológico del hombre incrementando la propensión a contraer herpes, infecciones de la piel y hepatitis.

En las cosechas, la calidad y cantidad se ven afectadas, por las radiaciones de los rayos ultravioleta que llegan a la tierra.

El plancton en los diversos cuerpos de agua, también son afectados por la radiación, al igual que los peces y otros organismos ya que se sabe que los rayos ultravioletas penetran alrededor de 20 metros de profundidad.

Efectos de la lluvia ácida

La lluvia ácida se origina por la precipitación de los ácidos que se forman al reaccionar químicamente los óxidos de nitrógeno y de azufre principalmente (producidos por la combustión de combustible fósil) con la humedad de la atmósfera, generalmente con lluvias, nieve o niebla, dañando la vida acuática y terrestre, así como edificios, monumentos, estatuas, redes de comunicación y construcciones.

En los diferentes cuerpos de agua (lagos, ríos, océanos, etc.) modifica el pH afectando a los seres vivos que ahí se encuentran ocasionando su muerte (Ludevid, 2004) y a las características del agua, perdiendo sus propiedades de utilización, por ejemplo, convierte agua potable en no potable.

Además de la inclusión de los ácidos a los suelos por las lluvias, nieve o niebla, también se depositan cantidades semejantes sobre la superficie terrestre a través del viento. Es decir, cuando el aire que los contiene pasa por encima de superficies sólidas o líquidas a nivel del suelo y quedan depositados como contaminantes (Baird, 2004). Aunque los valores de pH en América del Norte y Europa no se



consideran con la magnitud para ocasionar quemaduras en la piel humana, esta acidez es suficiente para ocasionar efectos ambientales, entre otros, a zonas de bosques donde provoca desequilibrio ecológico.

En el medio terrestre la lluvia ácida mata todo tipo de plantas y empobrece los nutrientes del suelo, provocando la muerte de pinos y abetos en Rusia, Suiza y Alemania.

Efectos de la pérdida de biodiversidad

Los efectos en la biodiversidad se reflejan en los ecosistemas ya que si alguna especie se pierde involucra el detrimento de cosechas debido a que cada especie tiene una función, por ejemplo: la polinización.

La información genética de cada especie también se ve afectada con la pérdida de la biodiversidad ya que, entre otras cosas, apoyan a la alimentación, a la elaboración de medicinas y a la materia prima para la industria.

En la siguiente tabla se muestran las causas humanas directas en la contaminación.

Tabla 4. Causas humanas directas: resumen de efectos, daños a la salud humana y procesos.

Causa	Efectos	Procesos
Consumo de combustibles fósiles	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efecto invernadero 2. Lluvia ácida 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisiones CO₂, metano y óxidos de nitrógeno 2. Emisiones de óxido de azufre y de nitrógeno
Producción y emisión de halocarbonos (fluorocarbonos)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efecto invernadero 2. Disminución de la capa de ozono 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Absorción de rayos infrarrojos aún más que el CO₂ 2. Suministran los catalíticos necesarios para la destrucción del ozono
Consumo de combustibles hechos con	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efecto invernadero 2. Lluvia ácida 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisiones CO₂, metano, N₂O



<p>biomasa (biomasa son combustibles hechos con madera, excrementos de animales o residuos agrarios, es decir seres vivos ya sean plantas o animales)</p>	<p>3. Altera propiedades corteza terrestre 4. Pérdida de biodiversidad</p>	<p>2. Emisiones ácido sulfúrico y nítrico 3. Cambios climáticos regionales y locales 4. En el trópico, en ecosistemas frágiles de alta diversidad</p>
<p>Cambio del uso de la tierra (suelo), son los medios a través los seres humanos se apropian de la producción primaria neta.</p>	<p>1. Efecto invernadero 2. Cambio climático 3. Cambios ciclos biogeoquímicos 4. Pérdida biodiversidad</p>	<p>1. Emisiones CO₂, metano, N₂O 2. Cambios de ecosistemas clave para el clima 3. Transformación del suelo 4. Disminución de fauna y flora. Eliminación de hábitat donde viven las especies</p>
<p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producción de arroz • Aumento de ganado • Aumento de fertilizantes nitrogenados • Vertederos 	<p>Efecto invernadero Efecto invernadero Efecto invernadero Efecto invernadero</p>	<p>Emisiones de metano por descomposición anaeróbica de residuos Emisiones de metano por digestión del vacuno Emisión óxido de nitrógeno por acción microbiana en los suelos Emisiones de metano</p>
<p>Termoeléctricas Cementeras Papelera Vidriera Bebidas alcohólicas</p>	<p>Disminución en la capa de ozono Daños a la salud humana Daños a la salud humana Daños a la salud humana Daños a la salud humana</p>	<p>Emisiones de halocarbonos Emisiones de materia particulada (PM)</p>

Adaptada de Ludevid, (2004).



A continuación, se mencionan los principales efectos que producen los contaminantes en nuestro entorno.

Respecto a la salud humana, esta sufre deterioro y las partes más afectadas son la nariz, la garganta, los ojos, y los pulmones. Dependiendo del detrimento, se distinguen tres clases de daños: crónicos, agudos y carcinógenos (Tyler y Spoolman 2009).

- a) Los crónicos son cuando los contaminantes causan un perjuicio a diversas funciones fisiológicas al pasar de los años.
- b) Los agudos actúan de forma rápida, puede ser en horas o en pocos días. Poner la vida en peligro.
- c) Los carcinógenos afectan principalmente a la célula provocando el crecimiento y división desmedido de las células, conocido como cáncer.

1.2.1. Por tipo de contaminante

De acuerdo a sus efectos, a continuación, se nombran diversos contaminantes que se han identificado como los más comunes y graves según los autores Tyler y et. al. (2009), Dickson (2000) y Enkerlin (2000).

Partículas suspendidas. Cuando un líquido está en gotas muy pequeñas dentro de un gas se le conoce con el nombre de aerosol. Los aerosoles tienen diversos aspectos como son el rocío, nubes o niebla.

A las minúsculas partículas sólidas presentes en un gas se conocen como macropartículas y se presentan en forma de polvos o humos. Las partículas en estado sólido y líquido contribuyen a la contaminación en el aire, y se les conoce como contaminantes macroparticulados.

Las macropartículas varían de tamaño y se trasladan de un lugar a otro debido a las corrientes de aire. En caso de que el diámetro de la macropartícula sea inferior a 0.000001 son imperceptibles para el ojo humano, se asientan a muy baja velocidad y en cualquier colisión se dispersan nuevamente, contribuyendo a la afectación de la calidad del aire.

Estas partículas deterioran muchas funciones respiratorias, en especial en las personas que padecen problemas crónicos.



En 1987 la Agencia de Protección Ambiental (EPA) por sus siglas en Inglés EPA informa la existencia de partículas, que, por su tamaño, se clasifican en PM10, es decir que la partícula es menor a 10 micrómetros de diámetro y que causan los efectos nocivos en la salud ya que no son retenidas por las vellosidades que se encuentran en la nariz. La exposición a este tipo de contaminante de manera prolongada produce fibrosis.

Otro tipo de contaminantes son los **compuestos orgánicos volátiles** (COV's). Éstos incluyen la gasolina, los solventes que se evaporan de pinturas y las soluciones limpiadoras orgánicas que se evaporan y entran a la atmósfera. Los COV's son los causantes de la formación de ozono malo (el que se genera a nivel del suelo).

El **monóxido de carbono** (CO) es un gas incoloro, inodoro y sumamente venenoso. A menudo, se produce de una combustión incompleta. Se combina con la hemoglobina de la sangre e interfiere con la respiración y provoca la muerte debido a que hay ausencia de oxígeno. Una de las principales consecuencias para la salud humana de este contaminante son las enfermedades cardíacas.

El **dióxido de carbono** (CO₂) es un gas incoloro que se encuentra en la atmósfera, se produce debido a la combustión de materiales orgánicos en el aire, es producto de la respiración de los seres humanos, plantas y animales. El exceso de estas emisiones son consecuencia de la deforestación y que contribuye al efecto invernadero (Ludevid, 2004).

También encontramos a los **óxidos de nitrógeno** (NO_x, donde x equivale a 1 o 2). Éstos gases se forman al quemar combustible (automóviles, centrales eléctricas y las fuentes que utilicen combustible para realizar sus labores) y contribuyendo a la formación de niebla contaminante, al calentamiento global y a la lluvia ácida. En lo que respecta a la salud humana, es causante de múltiples enfermedades respiratorias agudas, principalmente en la población infantil, debido a que irrita a los pulmones y deteriora el sistema inmunológico porque los pulmones quedan expuestos al ataque de virus y bacterias.

Los **óxidos de azufre** (SO_x, donde x= 2 o 3) son un grupo de gases compuestos por SO₂ es un gas incoloro, venenoso y con olor asfixiante. Este gas se produce cuando prendemos un cerillo y al quemar combustible. Se elabora quemando azufre o piritita (FeS₂) en el aire. Los usos principales del SO₂ son: blanquear papel, textiles



y harina, en pequeñas cantidades se utiliza como conservador de productos alimenticios, en específico frutas secas, y en la producción de ácido sulfúrico. Este ácido, al combinarse con el agua condensada de las nubes produce un fenómeno denominado lluvia ácida. El dióxido de azufre es un gas altamente agresivo para las personas de la tercera edad y los niños debido a que la exposición prolongada a este contaminante produce bronquitis (que es la inflamación de los bronquios); en las plantas el dióxido de azufre produce necrosis y pérdida de productividad agrícola y en animales causa irritación ocular y respiratoria. El dióxido de azufre procede de las centrales que queman carbón o petróleo, otros contaminantes se forman por la acción de la luz solar sobre materiales reactivos emitidos a la atmósfera.

De acuerdo con la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2007), el **plomo** es un metal gris-azulado que se encuentra distribuido en el ambiente y que contamina el aire, el suelo y el agua, proviene de las actividades como la fabricación de baterías y de la minería. Se encuentra en algunas pinturas y cerámica, y se produce al quemar combustible. El plomo es un contaminante que no se degrada solo se transforma con la acción de la luz, el agua y el aire, provocando grandes daños a la salud humana, especialmente al sistema nervioso ya que daña tobillos, muñecas y dedos, y en exposiciones prolongadas puede provocar anemia y el aumento en la presión sanguínea, en altas concentraciones, por arriba de 10 $\mu\text{g/dL}$, causa daño cerebral y muerte. En mujeres embarazadas provoca la pérdida del embrión y en hombres la disminución de los espermatozoides.

El **metano** (CH_4) es un gas incoloro e inodoro, es el componente principal del gas natural, se utiliza como combustible, y para producir negro de humo que es la forma pulverizada del carbono. El negro de humo se usa en la elaboración de tintas, pinturas, llantas de automóvil, y también para obtener hidrógeno. Este gas contribuye al efecto invernadero una vez que se realiza la combustión (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2007).

El **cloro** (Cl_2) es un gas amarillo, con olor irritante y muy venenoso. Se emplea en la potabilización del agua, en la elaboración de papel, tinturas, textiles, medicinas, insecticidas, pinturas, plásticos, hules, cloroformo, tetracloruro de carbono, en soluciones blanqueadoras y bromo. La exposición a niveles bajos de cloro puede producir irritación de la nariz, la garganta y los ojos; la exposición a niveles más altos puede producir tos y alteraciones del ritmo respiratorio y daño de los pulmones (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2007).



El **radón** (Rn) es un gas incoloro e inodoro que se incorpora al ambiente por el suelo a través de minas de uranio y fosfato. Mediante la combustión, ocasiona diversos daños a la salud humana, provocando cáncer de pulmón, por ejemplo. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos, ha establecido como límite cuatro picocuries por litro de aire (pCi/l).

No solo el ser humano está sufriendo daños a la salud humana, también las plantas y animales experimentan tensión por los diversos problemas de contaminación y volviéndolos vulnerables a todos los factores ambientales. La contaminación provoca sequías, propicia el ataque de parásitos y enfermedades en plantas y animales, y en algunos casos ocasiona la extinción total de las especies. Las plantas muestran una especial sensibilidad a la mayor parte de los contaminantes del aire y sufren daños significativos a concentraciones mucho más bajas que las necesarias para causar efectos perjudiciales sobre la salud humana y animal.

En lo referente a los daños causados a los animales, los contaminantes se adhieren a los tejidos de los organismos vivos, provocando alteraciones en la reproducción de la especie. Los animales son susceptibles a contraer enfermedades debido a que se altera su sistema inmune quedando expuestos a bacterias, virus y hongos. Otra amenaza a la fauna es la caza indiscriminada y la destrucción del hábitat, causando la extinción de las especies o dejándolas en peligro de extinción.

Los límites de los contaminantes se establecen a partir de los efectos negativos que manifiestan ya que sus efectos también dependen de la constitución de las plantas y de la especie que se trate, es decir existe una especificidad de contestaciones.

Por otra parte, los efectos producidos por la contaminación se manifiestan por la alteración de diversos mecanismos vitales de las plantas. Así, las funciones metabólicas y los tejidos vegetales se afectan como consecuencia de la acción de gases como el dióxido de azufre, el monóxido de carbono y los compuestos de flúor. Estos daños se manifiestan en forma de necrosis foliar en áreas muy localizadas que se distinguen por presentar un color marrón a blanco; de clorosis, adquiriendo el tejido una coloración verde pálida o amarilla, o por la aparición de manchas puntuales necróticas. Si la acción del contaminante excede el límite de las plantas puede afectar o paralizar el crecimiento de la planta.



Puedes ampliar tu conocimiento con el artículo *Greenhouse gases in intensive agriculture: Contribution of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere*, escrito por el autor Robertson G.P donde podrás ver cómo los gases contaminantes contribuyen al efecto invernadero afectando a los diferentes medios. Consúltalo en la sección *Para saber más*.

1.2.2. Por el medio al que impacta

En la siguiente tabla se mencionan los diversos tipos de contaminantes y cómo afectan a los diferentes medios.

Tabla 5. Tipos de contaminantes.

Tipos de Contaminantes	Medios afectados		
	Acuoso	Terrestre	Aire
<p>Físicos: son aquellos componentes como la materia y/o energía producida por medios mecánicos como vibraciones y ruido; térmica como frío y calor extremos y las radiaciones.</p>	<p>Material radiactivo, residuos provenientes de nucleoelectricas, afectan al medio acuoso, terrestre y aire.</p> <p>Residuos provenientes de la erupción volcánica, es decir que en el momento que el volcán emite lava, también hay presencia de cenizas, que contienen azufre y contamina al medio acuoso, al suelo y aire.</p>	<p>Sedimentos. Cenizas, arenas, gravillas y otros sólidos provenientes de la erosión de los suelos.</p>	<p>Contribuye al efecto invernadero a través de la interacción de los rayos solares con contaminantes químicos.</p> <p>Las ondas sonoras producidas por maquinarias.</p>



<p>Químicos: son aquellas sustancias o materiales de origen orgánico e inorgánico que modifican las condiciones naturales del medio.</p>	<p>Aguas residuales domésticas, estiércol, residuos alimenticios y algunos residuos industriales.</p> <p>Compuestos orgánicos, plaguicidas, plásticos, detergentes, residuos industriales y aceites.</p> <p>Iones inorgánicos, ácidos, sales, metales tóxicos.</p>	<p>La contaminación de los suelos afecta principalmente a las zonas agrícolas y es consecuencia de la utilización indiscriminada de los fertilizantes químicos.</p>	<p>Contaminantes gaseosos: Son una combinación de diferentes gases y vapores de origen químico, biológico e industrial.</p>
<p>Biológicos: son organismos y sustancias derivadas de los procesos biológicos que modifican y dañan las condiciones naturales del medio.</p>	<p>En el medio acuoso se da la eutroficación, que significa sedimentación de nutrientes, es decir que primero se proliferan algas impidiendo que la luz penetre, por lo tanto, ya no se lleva a cabo la fotosíntesis y la vida acuática muere por asfixia.</p>	<p>Alteraciones en los ciclos biogeoquímicos.</p>	<p>Producción de gases como resultado de los procesos biológicos de los seres vivos.</p>

1.2.3. Metodología de control

El autor Echeverría (2008) menciona que la metodología (proviene del griego *μετη* *metà* más allá, *οδωσ* *odòs* camino y *λογος* *logos* estudio) hace referencia a los diversos procedimientos lógicos para alcanzar los objetivos propuestos. Por lo tanto, la metodología es un instrumento que sirve para analizar, describir y valorar diversos contextos para su estudio y que tiene un fin. Se utilizan diversos procedimientos para validar un argumento.

La metodología se entiende como parte de una investigación que sigue métodos y técnicas para llevarla a cabo, es decir son caminos que facilitan el recurso de



conocimientos seguros y confiables para solucionar los problemas planteados. Por lo tanto, la metodología estudia los métodos que se emplearán.

La metodología depende de los fundamentos de la persona que se encarga de investigar, los cuales los considera como válidos. Es decir, que el objeto de estudio sea importante y que contenga conocimiento científico, ya que será a través de la acción metodológica como recolecte, ordene y analice la realidad estudiada.

El proceso de metodología para el control ambiental, independientemente del tipo de contaminante, consta de tres etapas principales:

1. **Identificación:** esta etapa te permitirá reconocer si se presentan efectos de contaminantes sobre los diferentes medios (suelo, aire y agua).
2. **Diagnóstico:** cuando se toma la decisión de analizar la problemática reconocida en la primera etapa, se recolectarán datos suficientes para la toma de decisión y realizar los diferentes análisis para actuar asertivamente. En esta etapa intervienen los métodos para el diagnóstico ambiental y una vez que se conozca a qué se está afectando podemos, por medio de la química ambiental, proponer alternativas de solución.
3. **Intervención:** después de los resultados del diagnóstico, se concluye qué método se utilizará para la recuperación y/o control de los diferentes contaminantes (Gómez y Gómez, 2007).

Los resultados de estas tres etapas nos conducirán a dos acciones:

1. Que el medio muestre que no hay ningún efecto de contaminante sobre él, provocando que no se continúe la investigación.
2. Que el medio muestre que hay efectos de contaminantes, por lo cual se planeará la metodología a seguir para recuperación o control de los diferentes contaminantes.

A continuación, te explicaremos los diversos métodos que existen para conocerlos y saber cuál debes aplicar para un diagnóstico ambiental.

Al método que se aplica para buscar una conclusión de tipo particular se le conoce como **deductivo**. El método deductivo parte de los datos generales aceptados como válidos para llegar a una conclusión de tipo particular. Implica el planteamiento de una hipótesis donde se incluya a la **conclusión como premisa**.



El **método inductivo** es aquel que parte de los datos particulares para llegar a conclusiones generales. Se caracteriza por la observación y el registro de todos los hechos, su análisis y clasificación; la derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos y la contrastación.

Dentro de este método se encuentra el **método científico**, el cual está constituido por la formulación de hipótesis, conceptualización o elaboración de términos que designen un hecho y teorización, la cual te permitirá explicar los conceptos elaborados y por ende, la aplicación del método científico.

El **método analítico** consiste en la separación de las partes de un todo para estudiarlas en forma individual, es el proceso derivado del conocimiento a partir de las leyes.

Dentro de la metodología se atienden diferentes contaminantes. Entre los físicos podemos mencionar a la energía producida por diferentes causas, por ejemplo, la contaminación térmica. Existen siete formas para controlar los problemas ocasionados por esta, por ejemplo: localizar las obras de descarga donde hay menor productividad biológica y menor dilución; utilizar torres, tanques y lagunas de enfriamiento; limitar el número de plantas que se abastecen de agua al igual que juntar descargas térmicas; diseñar circuitos que permitan a los peces retirarse del punto de descarga; controlar en el efluente los reactivos añadidos; establecer temperaturas de descarga; reutilizar el calor de salida.



Te recomendamos que consultes los libros *Introducción a la Edafología: Uso y protección del suelo* escrito por el autor J. Porta Casanellas. *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis* escrito por Raudel Ramos Olmos, Rubén Sepúlveda Marqués, Francisco Villalobos Moreto y *Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente*, escrito por Miguel Andrés Capó Martí que se encuentra en la sección *Fuentes electrónicas*.



1.2.4. Métodos para la elaboración de un diagnóstico

Los métodos para controlar la contaminación han resultado ser muy confiables a nivel local. Para su aplicación, es preciso analizar de forma sistemática la fuente generadora de contaminación y la naturaleza de la emisión, es decir a qué medio está afectando, la interacción con los diversos ecosistemas y el problema ambiental, y de esta manera proporcionar alternativas de solución con la utilización de diversas tecnologías que se pueden emplear para mejorar el medio en el que se encuentre la afectación, así como su control y prevención.

No existe un método exclusivo para elaborar un diagnóstico ambiental, este se construye de acuerdo a cómo se realiza un proyecto, y los pasos a seguir son tomados de diversos casos (Teresita Romero Torres, 2009), y son:

- a) **Programación de actividades.** Estas se colocan en un cronograma donde se establecen tiempos para llevar a cabo cada actividad y responsables.
- b) **Levantamiento de información escrita.** En el caso ambiental, es de todos los ecosistemas encontrados en el lugar de estudio, aquí se puede incluir mapas, cartografía, entre otros.
- c) **Análisis de información.** Aquí, son importantes las fuentes reales, verídicas y actualizadas de la información escrita.
- d) **Actividades a realizar en campo.** En este punto es necesario llevar todos los elementos para ejecutarla, como cuestionarios, bitácora, equipo y materiales para tomar diversas muestras tanto vegetales, animales, de agua, suelo y qué clima existe en el momento de la actividad de campo y binoculares para la observación de la fauna. Todo debe anotarse.
- e) **Analizar toda la información escrita con las actividades de campo.** Las muestras deben ser llevadas al laboratorio para el análisis.
- f) **Conclusiones.** En este punto, la información levantada de fuentes reales, junto con lo realizado en campo y los análisis de laboratorio, proporcionarán las afectaciones por los contaminantes que tiene esta zona.

Esta metodología la podemos aplicar para realizar un diagnóstico ambiental, dependiendo el medio en el que el contaminante se encuentra. Para cada medio existen parámetros que debemos analizar dependiendo sus propiedades, estas se pueden dividir en físicas, químicas y microbiológicas. En el siguiente cuadro encontrarás las características más usuales para aplicar la metodología del diagnóstico ambiental, estas serán materia de estudio para las siguientes unidades, sin embargo, es importante que te familiarices con ellas.



Tabla 6. Medios y características para el diagnóstico ambiental.

Medio/ Características	Físicas	Químicas	Microbiológicas
Agua	Color Olor Sabor Turbiedad Temperatura Sólidos	Demanda química de oxígeno (DQO) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) Carbono orgánico total (COT) Amonio libre Alcalinidad Acidez Metales Etc.	Bacterias Protozoos Metazoos Virus
Suelo	Color Textura Permeabilidad Humedad Porosidad PH Conductividad eléctrica	Nitrógeno total Nitritos Nitratos Metales Sulfatos Cloruros Etc.	Bacterias Hongos
Aire	Partículas Humos Neblinas	Compuestos orgánicos volátiles Gases de combustión (COx, SOx, NOx) Fluoroclorocarbonos (FCLC) Metales	Partículas viables (bacterias, virus y hongos)

Cabe mencionar que para cada uno de estos medios existe una Norma Oficial Mexicana (NOM), en la cual se describe el procedimiento para determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos mencionados, estas NOM's se fundamentan en la LGEEPA, la cual nos dice que debemos conservar el ambiente, y las NOM's nos indican los parámetros para cumplir con esta conservación (límites máximos permisibles) además de cómo realizar los análisis para un buen diagnóstico ambiental.

Finalmente, los medios descritos los diagnosticarás en cada una de las siguientes unidades. En la unidad 2 dedicaremos los esfuerzos al aprendizaje el diagnóstico



del agua, en la unidad 3 nos avocaremos al estudio del suelo y en la unidad 4 aprenderás el diagnóstico correspondiente al aire.



Para profundizar en el tema puedes consultar el libro electrónico *Diagnostico Nacional sobre situación de contaminantes orgánicos persistentes en México*, escrito por Teresita Romero Torres, Cristina Cortinas de Nava y Víctor Gutiérrez Avedo, consúltalo en la sección *Fuentes electrónicas*.

1.3. Técnicas de muestreo

La técnica de muestreo es esencial para iniciar la caracterización de cualquier contaminante. El medio en el que se encuentran es un factor importante para saber la técnica de muestreo que se debe emplear. Estas técnicas están definidas en la normatividad mexicana y difieren sus procedimientos de un medio a otro como lo veremos más adelante.

Hay que recordar que para aplicar cualquier técnica de muestreo es necesario definir qué es una muestra. **Muestra** se define como una porción o parte representativa de una población (López, 2004), sin embargo, para tener representatividad y teniendo en cuenta la presencia de diversas variables que la afectan en diferentes periodos, se tienen muestras simples y muestras compuestas, la primera de ellas se toma en un solo sitio y una sola vez, mientras que la segunda se compone de varias submuestras tomadas aleatoriamente.



1.3.1. Planeación del muestreo

Antes de iniciar cualquier muestreo es necesario planear el evento para evitar riesgos a la integridad de los muestreadores, pérdidas económicas y para asegurar la integridad de la muestra.

Dado que cada muestreo es único, enseguida se describe de manera general algunos aspectos a considerar para realizar la planeación, para ello se requiere dar respuesta a las siguientes preguntas: **¿Qué es lo que se va a muestrear? ¿En dónde? ¿Cuándo? ¿Quiénes lo harán? y ¿Cómo?**

La razón de saber **qué** es lo que se va a muestrear es porque para ciertos contaminantes y el medio en que se encuentran requieren de ciertos equipos de muestreo y condiciones de seguridad; por ejemplo, para muestrear material particulado en aire, se requiere preparar un tren de muestreo que consta de un tubo Pitot, sondas de muestreo, gasómetro, bomba de vacío, entre otros equipos, mientras que para sólidos suspendidos en agua solo se necesita un muestreador de agua y frascos de vidrio de borosilicato. De este modo, se permite saber la cantidad de muestra a recolectar, la profundidad del muestreo, el tipo de muestreo, si será simple o compuesta y los instrumentos para ello. Además, cuando se sabe que se va a muestrear, también se debe contemplar el objetivo del muestreo por ejemplo si la muestra para analizar necesita cumplir con alguna norma, ley o reglamento, lo que trae como consecuencia saber si hay alguna norma que permita seguir determinados procedimientos para el muestreo y análisis, es decir se debe saber el uso final de los datos que se generarán.

Adicionalmente, el conocer el tipo de contaminante también permite saber los instrumentos o equipos que se necesitan para efectuarlo. Siguiendo con el mismo ejemplo del material particulado en aire, además del tren de muestreo previamente descrito se requiere de una consola que permita determinar presión y temperatura, para el caso del muestreo de agua también se requiere determinar temperatura y pH. El conocer otras características del contaminante como la antigüedad de la muestra, cobra relevancia porque de ello dependerá la profundidad del muestreo.

Aunado al conocimiento del contaminante que se desea muestrear, el saber los parámetros adicionales a muestrear permite proveer la cantidad de muestra, envase, tipo de preservación y tiempo máximo previo al análisis que se debe cumplir, para que el proceso analítico se lleve a cabo (INECC-CCA, 2010).



En dónde se muestreará es relevante, para saber las condiciones del sitio a muestrear es decir conocer su topografía, características y toda aquella información que permita dictaminar las herramientas y equipo de seguridad que se necesita para realizar el muestreo.

De acuerdo con el INECC-CCA, (2010), deben proporcionarse la localización y los aspectos generales del lugar, y las características ambientales y sociales del área de estudio. La siguiente tabla menciona los puntos a considerar de cada uno de estos aspectos.

Tabla 7. Características del área de estudio

Información general	Caracterización ambiental	Caracterización social
Nombre del sitio	Fisiografía	Número de habitantes y proporción de sexos
Estado	Tipo de suelo	Principal actividad económica
Ubicación, municipio	Clima	Indicadores sociales
Coordenadas geográficas	Hidrología	Mapas
Extensión	Tipo de vegetación	Listas de especies (si existen)
Región fisiográfica	Especies vegetales características del sitio	Estudios realizados previamente
Altitud promedio	Fauna	
Tipo de clima	Especies animales endémicos, amenazadas protegidas o en peligros de extinción.	
Región hidrológica	Ecosistemas históricos	
Tipo de vegetación	Ecosistemas actuales	
Aspectos relevantes		

Fuente: INECC-CCA, (2010).

Después de recopilar la información de la tabla, se analiza y se elabora un resumen que se manifiesta en el plan de manejo con la finalidad de proporcionar datos relevantes para asegurar la calidad de la muestra.



Lo mismo sucede al saber **cuándo se hará**, es importante conocer si el muestreo será en un solo punto o en diversas localidades, durante una hora, 24 horas o se llevará a cabo en días, o si será en estación del año en particular, dado que esto puede afectar los resultados de la muestra a analizar. Adicionalmente, también afecta las herramientas de muestreo y las medidas de seguridad a seguir.

Quiénes lo harán, este punto debe incluir el nombre de la(s) persona(s) que tomarán la(s) muestra(s) porque sobre ellas recae la responsabilidad de resolver cualquier dificultad que se presente durante el muestreo, así también son quienes conocen el plan de muestreo para la recolección de las muestras que garanticen su calidad, además de manifestar el nombre del muestreador, se debe escribir el nombre del usuario o cliente y de las personas que garanticen la calidad de la muestra y quienes resguardaran la misma hasta su análisis (INECC-CCA, 2010).

El **cómo** se hará permite disminuir las pérdidas económicas y de tiempo por parte de los muestreadores dado que en la planeación se permite saber cuántos muestreadores, qué materiales, herramientas y medidas de seguridad se necesitan. Aquí, se define la estrategia a seguir para realizar el muestreo y el tiempo requerido para ello.

En resumen, de acuerdo al INECC-CCA, (2010), el formato del plan de muestreo debe contener como mínimo:

1. Datos generales de los participantes
2. Introducción
3. Objetivos
4. Descripción del proyecto general (para que se requiere la muestra)
5. Objetivos de calidad de los datos
6. Resultados de estudios anteriores (si existen)
7. Programa de trabajo
8. Descripción del sitio de muestreo
9. Determinación del número de muestras y selección de los puntos de muestreo
10. Procedimiento de toma de muestras
 - a) Equipos y materiales utilizados
 - b) Procedimiento de toma de muestras
11. Preservación y transporte de las muestras
12. Registro de campo
13. Análisis de campo
14. Programa de aseguramiento y control de calidad del muestreo



15. Custodia de las muestras
16. Anexos: hojas de campo, memoria fotográfica

Dado que el muestreo requiere de una planeación en donde, entre otros aspectos, se requiere de ciertas herramientas que permitirán obtener muestras de calidad y asegurar la integridad de los muestreadores. En el siguiente subtema revisarás las herramientas de muestreo dependiendo del tipo de medio.

1.3.2. Herramientas para el muestreo

Es importante considerar que para realizar el muestreo se necesitan instrumentos y/o equipos que ayuden a la obtención de las muestras. En la siguiente tabla se muestran algunos instrumentos que permiten la toma de muestras en los diferentes medios.

Tabla 8. Instrumentos que permiten la toma de muestras en diferentes medios.

Medio	Herramientas	Medidas de seguridad	Material para el muestreo
Suelo	Palas Penetrómetro Barreno Cuchillo Espátula Balde Hieleras Contenedores	Botas de seguridad Bata de algodón Lentes de seguridad Guantes	Bolsas de plástico Material de vidrio de borosilicato Plumones Tarjetas de identificación Flexómetro
Agua	Muestreadores de agua Hieleras Contenedores	Botas de seguridad Bata de algodón Lentes de seguridad Guantes	Frascos de vidrio de borosilicato Plumones Tarjetas de identificación
Aire	Tren de muestreo Consola de control + bomba de muestreo + toma de muestra + gabinete porta	Botas de seguridad Bata de algodón Lentes de seguridad	Filtro y portafiltro Hoja de recolección de datos Plumones



	filtro y acondicionamiento de gases.	Guantes	
--	--------------------------------------	---------	--

Fuente: UnADM.

El muestreo tiene diversos objetivos, sin embargo, es importante garantizar siempre la calidad de las muestras desde que se recolectan hasta que se entregan los resultados al cliente, por lo que en el siguiente subtema observarás aspectos importantes a considerar para tal efecto.

1.3.3. Calidad en el muestreo

Después de tomar la muestra es necesario asegurar su calidad mediante una **cadena de custodia**, es decir es un procedimiento controlado que garantiza que la toma de muestra y que el análisis se hace de manera correcta (INECC-CCA, 2010). Para ello, se realiza la planeación del muestreo, la entrega de las muestras y el análisis de las mismas, estas últimas conforme a normas o bien procedimientos estandarizados.

De manera general, podemos establecer las etapas de la cadena de custodia de la siguiente manera:

- Recolección de la muestra
- Preservación de la muestra
- Transporte de la muestra
- Entrega de la muestra al laboratorio para su análisis
- Custodia y preservación hasta que culmine el servicio

También, de manera general, se presentan los elementos básicos que componen la cadena de custodia:

- Identificación de la muestra y los elementos que permitan realizar su muestreo y análisis.
- Equipos y/o instrumentos de certificados para el análisis de la muestra.
- Sistema que permita rastrear la información desde su origen.
- Documentación y registros de control.
- Procedimiento a seguir para analizar la muestra.



- Procedimiento de toma de muestra.
- Entrega del análisis al cliente.

Cabe resaltar que los laboratorios de análisis ambientales se certifican para realizar los análisis, por lo que es necesario tener una cadena de custodia que asegure la calidad del muestreo hasta los resultados del mismo.

Cierre de la Unidad

En esta primera unidad revisaste la definición de química ambiental, contaminante, y contaminación, así como algunos de los contaminantes que están afectando al ser humano provocándole diversas enfermedades, desórdenes genéticos e incluso la muerte.

También revisaste en qué consiste el deterioro ambiental, los modelos matemáticos, el modelaje y la comprensión en la estructura de los contaminantes para saber hasta dónde afectarán al medio ambiente, como es el caso de la ruptura de la capa de ozono, que nos protege de las radiaciones solares o el caso de las afectaciones a la vegetación, y particularmente, en la producción agrícola afectando su productividad e incluso en la desaparición de especies.

Recuerda que el hombre utiliza las plantas y animales para su supervivencia y de no existir estas especies, no se tendrían alimentos, ni medicinas, ni materia prima para las diversas actividades que hoy en día se hacen. Es por eso, que es importante realizar diagnósticos que ayuden a entender y conocer las afectaciones de los contaminantes y proponer controles ambientales mediante la química ambiental.

¡Sigue adelante!



Para saber más



Azorín, N. J. (2011). *El accidente nuclear de Fukushima-Daiichi, Japón*. México: Depto. de Física UAM-I.

En este artículo se comenta el accidente nuclear ocurrido en la planta nuclear de Fukushima Dai-ichi, Japón, en el que se analiza el evento con base en la información proporcionada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y sus posibles consecuencias sobre nuestro país, así como la posibilidad de que un evento similar pudiera presentarse en México. Consúltalo en la carpeta *Material de estudio*.



Rodríguez, R., León, M. y Rodríguez, Y. (2009).
Presentan denuncias ambientales por descarga en
Villa Panamericana. *Revista virtual México Ambiental*.
México. Disponible en:

<http://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/337234.presentan-denuncias-ambientales-contra-villa-panamericana.html>

El artículo presentado por La Jornada acerca del derrame de petróleo en Coatzintla, Veracruz, México, el día 2 de noviembre de 2011 en el Río Cazones explica contaminó los tanques de almacenamiento de agua que contenían más de un millón de litros, por lo que se cortó el suministro para evitar daños a la salud de la población y se espera que se restablezca el servicio hasta descartar contaminación. La explicación no corresponde al artículo y la propiedad del artículo está mal, la liga me manda a la página del Siglo de Durango.



Prinn, R. G. (2001). *Evidence for substantial variations of atmospheric hydroxyl radicals in the past two decades*. Science 292, 1882-1888.

Este artículo menciona uno de los contaminantes que se encuentra en mayor abundancia en la atmósfera: el radical OH, y sus efectos dañinos al ambiente. Algunos de estos daños es el efecto invernadero que causa graves problemáticas ambientales como el aumento en el nivel del mar, la inundación de varias poblaciones y en un futuro de islas. Es necesario que para consultar este artículo te inscribas gratuitamente a la revista Science AAAS, a través del sitio oficial:

<http://www.sciencemaq.org>

Ver el sitio:

<http://www.sciencemaq.org/content/292/5523/1882.short>



Este artículo de Robertson menciona cómo los gases como el dióxido de carbono, óxido nitroso y metano contribuyen al efecto invernadero, cómo se están afectando a los ecosistemas y a las cosechas. Robertson, también menciona los rangos permitidos de dióxido de carbono y propone algunas alternativas para la agricultura.

Ve el sitio:

<http://www.sciencemaq.org/content/289/5486/1922.short>



Revisa el libro *Introducción a la edafología de Casanellas*. En este libro encontrarás información sobre la ciencia del suelo, desde su formación hasta cómo intervienen en los ciclos biogeoquímicos y procesos de degradación de suelos.

Ver el sitio:

http://books.google.com.mx/books?id=mAlK0BA2c9MC&printsec=frontcover&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+Edafolog%C3%ADa:+Uso+y+protecci%C3%B3n+del+suelo&hl=es&ei=mDW4TqulleeqiALN_exV&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false



En el libro *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*, encontrarás información acerca de los usos del agua y los contaminantes debido a su uso y clasificación, así como los métodos para su análisis y muestreo.

Ve el sitio:

http://books.google.com.mx/books?id=wCXMVf9bvpIC&printsec=frontcover&dq=El+agua+en+el+medio+ambiente:+muestreo+y+an%C3%A1lisis.&hl=es&ei=ija4TpPcNMGTiQLH5cm3BA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CDqQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false



Revisa el libro *Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente*. En él, encontrarás información acerca de los efectos de los contaminantes en el ecosistema, así como la forma de hacer un diagnóstico y su tratamiento.

Visita el sitio:

http://books.google.com.mx/books?id=86oL_Ybnwn8C&printsec=frontcover&hl=es&source=qbs_qe_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false



Revisa el libro *Diagnóstico Nacional sobre situación de contaminantes orgánicos persistentes en México* de Teresita Romero Torres, Cristina Cortinas de Nava y Víctor Gutierrez Avedo.

En él, encontrarás la investigación de los compuestos orgánicos realizada en el 2007 (en dónde), favoreciendo a la química ambiental. También encontrarás los puntos fundamentales para integrar un diagnóstico sujeto a los convenios en materia ambiental, entre otros temas de interés para la materia.

Ver el sitio:

http://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=2RzWoRNW2J8C&oi=fnd&pq=PA9&dq=compuestos+organicos+persistente,+cortinas+de+nava&ots=Rb7Q16bf98&sig=bvMIwl_qyGRP3UhykIBIH1rsTVk#v=onepage&q&f=false



Fuentes de consulta



Bibliografía básica

1. Baird, C. (2004). *Química ambiental*. New York, USA: Reverté.
2. Climent, M. y et. al. (2000). *Conocer la química del medio ambiente*. Valencia: Servicios de publicaciones.
3. Dickson, T. (2000). *Química. Enfoque ecológico*. México: Limusa.
4. Enkerlin, E. (2000). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. México: International Thomson Editores.
5. Ludevid, M. (2004). *El cambio global en el medio ambiente. Introducción a sus causas humanas*. México: Alfaomega.
6. Prinn, R. y et. al. (2001). Evidence for substantial variations of atmospheric hydroxyl radicals in the past two decades. *Science* 292, 1882-1888.
7. Bernard, J. y T. Wright T. (2000). *Ciencias ambientales. Ecología y desarrollo sostenible*. México: Pearson Educación.
8. Robertson, G. (2000). Greenhouse gases in intensive agriculture: Contribution of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science* 289, 1922-1925.
9. Spiro, T. (2004). *Química medioambiental*. Madrid: Pearson. Prentice Hall.



Bibliografía complementaria

10. Barrenetxea, C. (2003). *Contaminación Ambiental: Una visión desde la Química*. Madrid: Thompson.
11. Mihelcic, R. y Zimmerman, J. (2012). *Ingeniería Ambiental*. México: Alfaomega.
12. Nebel, J. y Wright, R. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. México: Pearson Educación de México.
13. NMX-AA-036-SCFI-2001. Análisis de agua- determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.
14. NMX-AA-072-SCFI-2001. Análisis de agua – determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.

Fuentes electrónicas

15. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de enfermedades (2007) Resumen de Salud Pública: Plomo Lead. Atlanta. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html
16. Azorín, N. (2011). *El accidente nuclear de Fukushima-Daiichi, Japón*. Departamento de Física. UAM: México.
17. Capo, M. (2007). *Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente*. Madrid: Editorial Tebar.
18. Casanellas, J. (2008). *Introducción a la Edafología: Uso y protección del suelo*. Madrid: Grupo Mundi Prensa. Disponible en: http://books.google.com.mx/books?id=mAlK0BA2cqMC&printsec=frontcover&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+Edafolog%C3%ADa:+Uso+y+protecci%C3%B3n+del+suelo&hl=es&ei=mDW4TqulleeqiALN_exV&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
19. García, L. (2010). Suelos contaminados. *Revista Virtual Pro. Procesos industriales*. Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com/revista/contaminacion-de-suelos/3>
20. Gómez, O. y Gómez, V. (2007). *Consultoría e ingeniería ambiental: Planes, Programas, Proyectos, Estudios, Instrumentos de Control Ambiental, Dirección y Ejecución Ambiental de Obra, Gestión Ambiental de Actividades*. Madrid: Mundi-Prensa Libros. s.a. Disponible en: http://books.google.com.mx/books?id=24Uzziqpm4gC&pg=PA410&dq=metodolog%C3%ADas+para+el+control+ambiental+en+suelo&hl=es&ei=jy-TvW1JOixsALSweniBA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false



21. INECC-CCA, (2010). *Guía para elaborar planes de muestreo representativos*. México, p. 43. Recuperado en 04 de abril de 2016, de: http://www2.inecc.gob.mx/dgcenica/proname/informes/guia_para_planes_de_muestreo_inecc_2013.pdf
22. López, P. (2004). Población, muestra y muestreo. *Punto Cero*, 09(08), 69-74.
23. Mendoza, A. y García, M. (2009). Contaminación ambiental. Aplicación de un modelo de calidad del aire de segunda generación a la zona metropolitana de Guadalajara, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 25, núm. 2, pp.73-85, UNAM: México. Recuperado el 31 de octubre de 2011, de: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/21584>
24. Olmos, R., Sepúlveda, M. y Villalobos, M. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis*. México: Plaza y Valdés Editores. Disponible en: http://books.google.com.mx/books?id=wCXMVf9bvplC&printsec=frontcover&dq=El+agua+en+el+medio+ambiente:+muestreo+y+an%C3%A1lisis.&hl=es&ei=jja4TpPcNMGTiQLH5cm3BA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CDgQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
25. Tyler, G. y Spoolman, S. (2009). *Environmental Science*. USA: Brooks Cole CENGAGE Learning.
26. Romero T. , Nava C. y Gutierrez A. (2009). *Diagnóstico Nacional sobre la situación de contaminantes orgánicos persistentes en México*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. Disponible en: http://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=2RzWoRNW2J8C&oi=fnd&pg=PA9&dq=compuestos+organicos+persistente.+cortinas+de+nava&ots=Rb7Q16bf98&sig=bvMIwl_gyGRP3UhykIBIH1rsTVk#v=onepage&q&f=false