

FACTORES INFLUYENTES EN LA CONTAMINACIÓN:

Vulnerabilidad

Representa el grado de sensibilidad (o debilidad) del suelo frente a la agresión de los agentes contaminantes. Este concepto está relacionado con la capacidad de amortiguación. A mayor capacidad de amortiguación, menor vulnerabilidad.

El grado de vulnerabilidad de un suelo frente a la contaminación depende de la intensidad de afectación, del tiempo que debe transcurrir para que los efectos indeseables se manifiesten en las propiedades físicas y químicas de un suelo y de la velocidad con que se producen los cambios secuenciales en las propiedades de los suelos en respuesta al impacto de los contaminantes.

Poder de amortiguación

El conjunto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo hacen un sistema clave, especialmente importante en los ciclos biogeoquímicos superficiales, en los que actúa como un reactor complejo, capaz de realizar funciones de filtración, descomposición, neutralización, inactivación, almacenamiento, etc.

Por todo ello el suelo actúa como barrera protectora de otros medios más sensibles, como los hidrológicos y los biológicos. La mayoría de los suelos presentan una elevada capacidad de depuración.

Un suelo contaminado es aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera, y los organismos. Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

AGENTES

Cuando en el suelo depositamos de forma voluntaria o accidental diversos productos como papel, vidrio, plástico, materia orgánica, materia fecal, solventes, plaguicidas, residuos peligrosos o sustancias radioactivas, etc., afectamos de manera directa las características físicas, químicas y de este, desencadenando con ello innumerables efectos sobre seres vivos.

Plaguicidas

El crecimiento de la demanda de alimentos a nivel mundial a causa del crecimiento de la población, exige un gran desafío en relación con los recursos alimenticios lo cual implica una utilización más intensiva de los suelos, con el fin de obtener un mayor rendimiento agrícola.

En la agricultura, la gran amenaza son las plagas, y en el intento por controlarlas se han utilizado distintos productos químicos.

Los plaguicidas representan el principal contaminante en este ámbito, ya que no sólo afecta a los suelos sino también, además de afectar a la plaga, incide sobre otras especies. Esto se traduce en un desequilibrio, y en contaminación de los alimentos y de los animales.

A) Tipos de plaguicidas

Existen distintos tipos de plaguicidas y se clasifican de acuerdo a su acción.

- **Insecticidas:** se usan para exterminar plagas de insectos. Actúan sobre larvas, huevos o insectos adultos. Uno de los insecticidas más usado es el DDT, que se caracteriza por ser muy rápido. Trabaja por contacto y es absorbido por los insectos, provocándoles la muerte. Este insecticida puede mantenerse por 10 años o más en los suelos y no se descompone.

Se ha demostrado que los insecticidas órgano clorados, como es el caso del DDT, se introducen en las cadenas alimenticias y se concentran en el tejido graso de los animales. Cuanto más alto se encuentre en la cadena -es decir, más lejos de los vegetales- más concentrados estará el insecticida. Bioacumulación y Biomagnificación.

- **Herbicidas:** son un tipo de compuesto químico que destruye la vegetación, ya que impiden el crecimiento de los vegetales en su etapa juvenil o bien ejercen una acción sobre el metabolismo de los vegetales adultos.
- **Fungicidas:** son plaguicidas que se usan para combatir el desarrollo de los hongos.

Actividad minera

La actividad minera también contamina los suelos, a través de las aguas de relave. De este modo, llegan hasta ellos ciertos elementos químicos como mercurio (Hg), cadmio (Cd), cobre (Cu), arsénico (As), plomo (Pb), etcétera. También originado por otras industrias como del cemento, del papel, plantas de cloro, etcétera.

Algunos de sus efectos tóxicos son: alteración en el sistema nervioso y renal. En los niños, provoca disminución del coeficiente intelectual, promueve la carcinogénesis.

Otro caso es el arsénico que se origina en la industria minera. Este mineral produce efectos tóxicos a nivel de la piel, pulmones, corazón y sistema nervioso.

Basura

La destrucción y el deterioro del suelo son muy frecuentes en las ciudades y sus alrededores, pero se presentan en cualquier parte donde se arroje basura o sustancias contaminantes al suelo mismo.

Cuando amontonamos la basura al aire libre, ésta permanece en un mismo lugar durante mucho tiempo, parte de la basura orgánica (residuos de alimentos como cáscaras de fruta, pedazos de tortilla, etc.) se fermenta, además de dar origen a mal olor y gases

tóxicos, al filtrarse a través del suelo en especial cuando éste es permeable, (deja pasar los líquidos) contamina con hongos, bacteria, y otros microorganismos patógenos (productores de enfermedades), no sólo ese suelo, sino también las aguas superficiales y las subterráneas que están en contacto con él, interrumpiendo los ciclos biogeoquímicos y contaminando las cadenas alimenticias.

Efectos de los contaminantes en el suelo:

- Contaminación de las aguas subterráneas a través de lixiviados.
- Contaminación de las aguas superficiales a través de la escorrentía.
- Contaminación del aire por combustión, evaporación, sublimación o arrastre por el viento.
- Envenenamiento por contacto directo.
- Envenenamiento a través de la cadena alimentaria.
- Fuego y explosión.

Principales contaminantes del suelo:

- Contaminantes metálicos
- Contaminantes orgánicos
- Fertilizantes
- Pesticidas
- Acidificación
- Salinización

CONSECUENCIAS

Dada la facilidad de transmisión de contaminantes del suelo a otros medios como el agua o la atmósfera, serán estos factores los que generan efectos nocivos, siendo el suelo el responsable indirecto del daño.

La presencia de contaminantes en un suelo supone la existencia de potenciales efectos nocivos para el hombre, la flora y la fauna. Estos efectos tóxicos dependerán de las características toxicológicas de cada contaminante y de la concentración del mismo. La enorme variedad de sustancias contaminantes existentes implica un amplio espectro de afecciones toxicológicas.

De forma general, la presencia de contaminantes en el suelo se refleja de forma directa sobre la vegetación induciendo su degradación, la reducción del número de especies presentes en ese suelo, y más frecuentemente la acumulación de contaminantes en las plantas, sin generar daños notables en estas. En el hombre, los efectos se restringen a la ingestión y contacto dérmico, que en algunos casos desembocan en intoxicaciones por metales pesados y más fácilmente por compuestos orgánicos volátiles o semivolátiles.

Indirectamente, a través de la cadena trófica, la incidencia de un suelo contaminado puede ser más relevante. Absorbidos y acumulados por la vegetación, los contaminantes del suelo pasan a la fauna en dosis muy elevadas.

Cuando estas sustancias son bioacumulables el riesgo se amplifica al incrementarse las concentraciones de contaminantes a medida que ascendemos en la cadena trófica, en cuya cima se encuentra el hombre.

En otros casos, se produce una disminución de la presencia de las sustancias químicas en el estado favorable para la asimilación por las plantas. Así, al modificarse el pH del suelo, pasando de básico a ácido, los nutrientes disueltos en el medio acuoso del suelo se oxidan, volviéndose insoluble e inmovilizándose.

Esta oxidación se favorece aun más en suelos acidificados bajo las incidencias de la luz solar en las capas superficiales de los mismos.

Aparte de los anteriores efectos comentados de forma general, hay otros efectos inducidos por un suelo contaminado:

- Degradación paisajística: la presencia de vertidos y acumulación de residuos en lugares no acondicionados, generan una pérdida de calidad del paisaje, a la que se añadiría en los casos más graves el deterioro de la vegetación, el abandono de la actividad agropecuaria y la desaparición de la fauna.
- Pérdida de valor del suelo: económicamente, y sin considerar los costes de la recuperación de un suelo, la presencia de contaminantes en un área supone la desvalorización de la misma, derivada de las restricciones de usos que se impongan a este suelo, y por tanto, una pérdida económica para sus propietarios.

Movilidad de los contaminantes:

Es la capacidad del contaminante de trasladarse de un lugar a otro en el suelo y de un sistema a otro, por ejemplo del suelo al aire o del suelo al agua.

rapido, 1999).

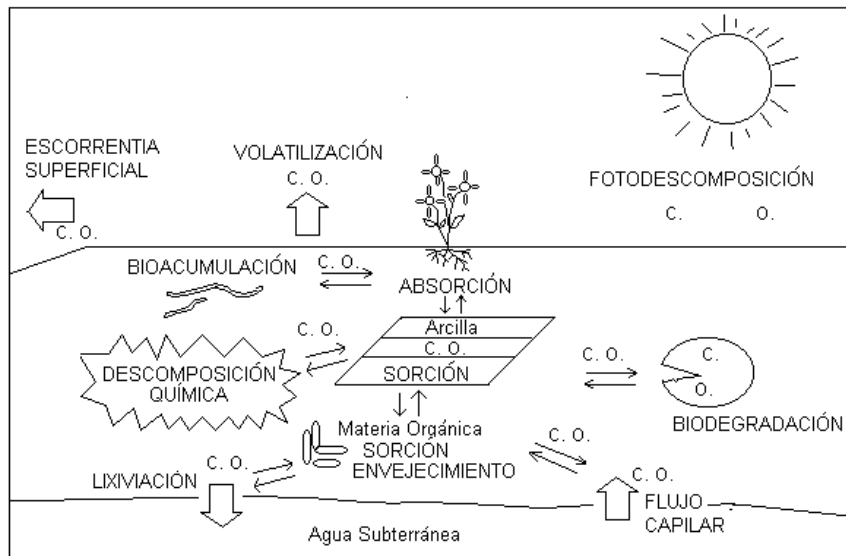


Figura 1. Destino de los contaminantes orgánicos (C. O.) en el suelo (modificado de Brady, 1999).

Cuadro 2. Parámetros que influyen en el transporte del contaminante a través del suelo.

Parámetros del Contaminante	Parámetros del Suelo	Parámetros Ambientales
Solubilidad	Contenido y retención de agua	Temperatura
Presión de vapor	Porosidad, densidad y permeabilidad	Precipitación
Número y tipo de grupos funcionales	Contenido de arcilla	Evapotranspiración
Polaridad	Contenido de materia orgánica	
	Profundidad de agua subterránea	

Textura del suelo. Este parámetro es importante en el proceso de lixiviación ya que en texturas gruesas (suelos arenosos y grava) es más rápida en comparación a texturas finas (suelos arcillosos) debido a su mayor capacidad de retener los contaminantes y prevenir su alcance a aguas subterráneas. Por otro lado, la permeabilidad, estructura y espacio poroso son dependientes de la textura (Barcelona *et al.*, 1990). En las partículas del suelo se da el fenómeno de adsorción-desorción de los contaminantes orgánicos.

Contenido de agua. Tiene gran influencia en el transporte por difusión líquida o gaseosa. Para la difusión líquida el transporte aumenta con el contenido de agua, debido a su trayectoria en los espacios porosos reemplazando el aire contenido; inversamente, la difusión de vapor disminuye con el contenido de agua. Cuando el contenido de agua disminuye a un bajo porcentaje (la cual ocurre en la superficie del suelo durante una intensa sequía) las moléculas que ocupaban los sitios de adsorción son desplazadas y la capacidad de adsorción química aumenta considerablemente, causando que las concentraciones líquidas y gaseosas disminuyan reduciendo el mecanismo de transporte líquido y gaseoso; sin embargo, este efecto de adsorción es reversible cuando la superficie vuelve a rehumedecerse (EPA, 1983).

Temperatura. Este parámetro incide principalmente en compuestos orgánicos volátiles, lo cual influye a su vez en la de los compuestos de bajo peso molecular (Wilcke, 2000). Este fenómeno en el suelo es regido por la humedad y fluctuaciones diurnas. La temperatura que favorece el crecimiento de los microorganismos en general es de 27°C; existe una mayor velocidad de degradación de contaminantes de petróleo