

ÁREA ECOLOGÍA

CONTAMINACIÓN
Eduardo Atilio de la Orden

CONTAMINACIÓN

AUTOR

Ing. Agr. Lic.rer.reg. MsSc. Eduardo Atilio de la Orden

SERIE DIDÁCTICA REALIZADA PARA ALUMNOS DE LAS CARRERAS DE
INGENIERÍA AGRONÓMICA
INGENIERÍA DE PAISAJE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNCa.

CONTENIDO

CONSIDERACIONES GENERALES
LAS CLASES DE CONTAMINACION
LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE O DE LA ATMÓSFERA
LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO
CONTAMINACIÓN DEL AGUA
LAS PILAS
BIBLIOGRAFÍA

CONSIDERACIONES GENERALES

La contaminación es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana o la de especies beneficiosas, los procesos industriales, las condiciones de vida del ser humano y puede malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables.

Los elementos de contaminación son los residuos de las actividades realizadas por el ser humano organizado en sociedad. La contaminación aumenta, no sólo porque a medida que la gente se multiplica y el espacio disponible para cada persona se hace más pequeño, sino también porque las demandas por persona crecen continuamente, de modo que aumenta con cada año lo que cada una de ellas desecha. A medida que la gente se va concentrando en pueblos y ciudades cada vez más densamente pobladas, ya no hay "escapatoria" posible. "El bote de la basura de una persona es el espacio vital de otra" Odum (1985).

LAS CLASES DE CONTAMINACION

Clasificar la contaminación puede resultar tan difícil como clasificar los ecosistemas terrestres y acuáticos o cualquier tipo de fenómeno natural. Los métodos de clasificación más empleados son los realizados según el medio (aire, agua, suelo, etc.) y según el elemento contaminante (plomo, bióxido de carbono, desechos sólidos, etc.).

Es importante reconocer dos tipos básicos de contaminantes. **En primer lugar los contaminantes no degradables**, esto es, los materiales y venenos, como los recipientes de aluminio, las sales de mercurio, las sustancias químicas fenólicas de cadena larga y el DDT (diclorodifeniltricloroetano) que o no se degradan, o lo hacen muy lentamente en el medio natural; en otros términos, son sustancias para las que aún no se ha desarrollado proceso de tratamiento que sea susceptible de compensar con la intensidad de suministro del hombre al ecosistema.

Estos contaminantes no degradables no sólo se acumulan sino que además resultan a menudo "magnificados biológicamente" a medida que circulan por los ciclos biogeoquímicos y a lo largo de las cadenas de alimentos. Esto significa que algunas sustancias a medida que pasan de un eslabón a otro de la cadena se concentran en lugar de dispersarse.

A modo de ejemplo de la acción de este tipo de contaminantes se introduce una breve reseña sobre un insecticida peligroso.

La escritora norteamericana Rachel Carson lanzó en 1962 el primer grito de alerta: el abuso de pesticidas (agroquímicos), en especial del popular diclorodifeniltricloroetano (DDT) y otros compuestos formulados en base a cloro, organoclorados, que estaban provocando la eliminación de plagas agrícolas, pero también la de muchos otros organismos e insectos que contribuían al mantenimiento del equilibrio ecológico de los ecosistemas. Con su libro *La Primavera Silenciosa*, Carson inició una guerra que culminaría en 1973 con la prohibición del DDT en los Estados Unidos de Norteamérica.

Hasta ese momento se había producido en el mundo más de dos millones de toneladas de DDT, un compuesto inventado por el químico suizo Paul Moeller en 1939 y que le valió el premio Nobel en 1948. El uso masivo de su invento, durante los años cuarenta y cincuenta, contribuyó al aumento de la producción de cereales y a la erradicación de la malaria y el paludismo en muchas zonas del planeta. Sin embargo, pronto se vio que el DDT, además de eliminar los insectos considerados una plaga, acababa con otros, que como las abejas melíferas polinizaban los campos cercanos. Asimismo, se comprobó que los insectos perjudiciales desarrollaban resistencia al DDT, lo que obligaba a usar cada vez dosis mayores para su eliminación. También se comprobó que provocaba efectos a largo plazo debido a la acumulación en los últimos niveles de las cadenas tróficas.

Se han detectado restos de este compuesto en todo el planeta, y está demostrado que muchas especies animales se ven afectadas por sus efectos dañinos. Entre los seres humanos se ha descubierto que el DDT incide en el incremento de muchas formas de cáncer y se ha detectado su presencia en la leche materna. A pesar de esto, la producción de DDT continúa y su uso sigue siendo de uso corriente en los países del tercer mundo.

En segundo lugar están los **contaminantes biodegradables**, como las aguas negras domésticas, que se descomponen rápidamente por medio de procesos naturales o en sistemas de ingeniería (como las plantas de tratamiento de aguas negras), que refuerza la gran capacidad de la naturaleza para descomponer y poner nuevamente en circulación al agua. Esta categoría incluye aquellas sustancias para las que existen mecanismos naturales de tratamiento de desechos. El calor, o la contaminación térmica, pueden considerarse como pertenecientes a esta categoría, puesto que son dispersados por medios

naturales, al menos dentro de los límites impuestos por el equilibrio calórico total de la biosfera.

¿Cuándo surgen problemas con el tipo de contaminación degradable?

Cuando la aportación de sustancias biodegradable al medio excede la capacidad de descomposición o dispersión natural del mismo.

Los problemas corrientes de los desechos de aguas negras resultan la mayoría de las veces del hecho de que las ciudades han crecido más rápidamente que sus servicios de tratamiento. A diferencia de los materiales tóxicos no degradables, la contaminación por materiales degradables se resuelve técnicamente mediante una combinación de tratamiento mecánico y biológico en áreas seminaturales de eliminación de desechos. Una vez más, también aquí hay límites a la cantidad total de materia orgánica que puede descomponerse en un área determinada.

Las clasificaciones según el medio (aire, agua y suelo) se aborda a continuación.

LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE O DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera es la capa de gases de composición definida que, junto con la radiación solar, permite el desarrollo de la vida sobre la Tierra. A nivel del suelo, la atmósfera está compuesta básicamente por:

- 78 % de nitrógeno, gas que no interviene en la respiración.
- 21 % de oxígeno.
- 0,9 % de argón, un gas inerte que no interviene prácticamente en reacciones químicas.
- 0,03 % de dióxido de carbono (CO₂).
- Cantidades poco significativas de metano y radón.
- Una parte variable del aire atmosférico, según las condiciones climatológicas, está formada por vapor de agua, que puede variar entre un 0 y un 7 %.

En la atmósfera tienen lugar distintos fenómenos físicos, a los que la vida sobre la Tierra se ha ido adaptando a lo largo de un proceso evolutivo que ha durado millones de años. La atmósfera regula la temperatura de la superficie terrestre, con una mayor o menor transparencia a la radiación solar que incide sobre ella, según la nubosidad, lo que hace variar la cantidad de radiación que llega a la Tierra y que escapa de ésta.

En general, la atmósfera es el escenario de una multitud de fenómenos que afectan al hombre directamente. Su complejidad es tal que es muy difícil elaborar una teoría que tenga en cuenta todas las interrelaciones. Valga como ejemplo de esta dificultad la meteorología, incapaz, incluso con los instrumentos de que dispone hoy día, de hacer predicciones a largo plazo. Los meteorólogos dicen,

exagerando un poco, que la atmósfera está gobernada por el "efecto mariposa", ya que el batir de las alas de una mariposa en Europa puede provocar tormentas en América.

La civilización industrial, convertida en una gigantesca máquina que fabrica en la actualidad siete veces más bienes de consumo que hace treinta años, da origen a una elevada cantidad de desechos, de los cuales una parte significativa pasa a la atmósfera. De este modo se produce una importante alteración de la composición del aire atmosférico. Una vez superados ciertos niveles de tolerancia pone en peligro la salud de los ecosistemas y las poblaciones.

En las grandes ciudades, la contaminación del aire es consecuencia de los escapes de gases de los motores de explosión, de los aparatos domésticos de la calefacción, de las industrias que es liberado en la atmósfera, ya sea como gases, vapores o partículas sólidas capaces de mantenerse en suspensión, con valores superiores a los normales. Cuando las concentraciones de gases y sólidos superan las concentraciones admitidas perjudican la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas.

El aumento de anhídrido carbónico en la atmósfera se debe a la combustión del carbón y del petróleo, lo que lleva a un recalentamiento del aire y de los mares, con lo cual se produce un desequilibrio químico en la biosfera, produciendo una alta cantidad de monóxido de carbono, sumamente tóxica para los seres vivos.

Las Causas de la Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica proviene fundamentalmente de la contaminación industrial por combustión, y las principales causas son la

generación de electricidad y el automóvil. También hay otras sustancias tóxicas que contaminan la atmósfera como el plomo y el mercurio. Es importante que los habitantes de las grandes ciudades tomen conciencia de que mantener la atmósfera con concentraciones normales de gases tóxicos es una necesidad primaria. El aire contaminado afecta la vida cotidiana del ser humano, manifestándose de diferentes formas en nuestro organismo, como la irritación de los ojos y trastornos en las membranas conjuntivas, irritación en las vías respiratorias, agravación de las enfermedades bronco - pulmonares, etc.

Aunque sea difícil clasificar las emisiones contaminantes por su grado de toxicidad, por el daño causado o por el peligro potencial que representan, los estudios de contaminación ambiental han establecido grandes familias de contaminantes en función del volumen de emisiones o de los daños que provocan. Se ha establecido una primera distinción que separa los llamados *contaminantes atmosféricos clásicos*, entre los que se destacan el dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, plomo y partículas en suspensión, como el polen, partículas de suelo, etc.

Todos estos contaminantes están relacionados con las emisiones industriales o domésticas, y cuyos efectos inmediatos son de orden local o regional, que afectan a la atmósfera y repercuten en el clima del planeta en su conjunto.

Debido a la complejidad de las reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera como consecuencia de la actividad industrial y de las actividades humanas en general, sólo puede hablarse de contaminación atmosférica cuando entran en juego los factores climáticos y los caracteres topográficos locales que no permiten la recirculación o la eliminación de los contaminantes por parte de los fenómenos naturales (lluvias y vientos). En general, se puede decir que las

fuentes artificiales de contaminación atmosférica más importantes son la combustión y los procesos industriales.

Además de las fuentes de la contaminación atmosférica de tipo industrial, que son responsables de una importante alteración del aire que se respira (centrales térmicas, emisiones de industrias químicas, siderúrgicas, cementeras, metalúrgicas del aluminio, etc.), la contaminación derivada del transporte, en su doble carácter de transporte individual y de uso colectivo es responsable de una buena parte de las emisiones de óxido de nitrógeno y de plomo. Tampoco se puede olvidar la llamada contaminación doméstica, producida por las calderas de calefacción y de agua caliente, que emplean combustibles fósiles.

El Efecto Invernadero y el Cambio Climático

La radiación solar calienta el suelo y el agua superficial de los mares, espejos y cursos de agua. Luego éstos pierden calor en forma de radiación infrarroja. El vapor de agua y el dióxido de carbono de la atmósfera hacen que parte de esta radiación se refleje hacia la tierra, evitando así que se pierda en el espacio. Este efecto de conservación del calor, se conoce como **efecto invernadero**, por ser un proceso análogo a la acción de los cristales de un invernadero. Estos gases en la atmósfera dejan pasar la radiación solar infrarrojo incidente, y a su vez no permiten que las radiaciones de mayor longitud de onda reflejadas por la superficie de la Tierra escapen de la atmósfera, toman el nombre de **gases de efecto invernadero**. Entre los gases de efecto invernadero más importantes que se emiten a la atmósfera se encuentran el dióxido de carbono, el metano, vapor de agua, óxidos de nitrógeno y los clorofluorocarbonados.

El efecto invernadero es un fenómeno físico común a otros planetas y satélites del sistema solar, como Venus, Marte y Titán (satélite de Saturno), cuya

temperatura superficial es superior a la que les correspondería de acuerdo con la radiación solar incidente que reciben. En el planeta Venus, el efecto invernadero es tan fuerte que la temperatura en la superficie alcanza los 370° C.

El efecto invernadero permite mantener la temperatura de la atmósfera entre los límites adecuados para la vida tal como la conocemos. Pero, el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero hace que la atmósfera retenga un porcentaje superior del calor emitido por la Tierra produciéndose un calentamiento global. Este calentamiento podría, si alcanzara niveles suficientes, llegar al extremo de fundir parte de los casquetes polares, lo que elevaría el nivel de los mares, acarreando la inundación de algunas zonas costeras donde se concentra una parte muy importante de la población del planeta.

El problema del efecto invernadero aparece sólo cuando gases comunes de la atmósfera, como el **dióxido de carbono**, el **metano** y los **óxidos de nitrógeno** elevan su concentración más allá de los límites de tolerancia, como resultado de las emisiones de contaminantes de origen industrial o por la emisión de gases usados en sistemas de refrigeración (en el caso de los CFC, clorofluorocarburos). Se calcula que las concentraciones de los tres primeros aumentan cada año en un 5 %.

La hipótesis del calentamiento de la atmósfera terrestre, a pesar de no haberse podido probar en lo que concierne a la cuantificación del aumento global, así como al papel que debe atribuirse a cada uno de los múltiples factores que intervienen en la determinación del clima, cuenta con el consenso casi general de la comunidad científica, y aconseja extremar la prudencia ante la concentración de gases de efecto invernadero. En síntesis, parece fuera de duda que el clima estaría cambiando por encima de sus fluctuaciones típicas en el sentido de un

calentamiento global, estimado en un incremento de 2 a 4° C para los próximos decenios.

La radiación ultravioleta de la luz solar produce, al chocar con las moléculas de oxígeno (O₂), en las condiciones existentes en la estratosfera, moléculas de ozono (O₃). A su vez, este ozono se convierte de nuevo en oxígeno molecular, también por efecto de la radiación ultravioleta del Sol. La estratosfera absorbe mediante estas reacciones (gracias a la presencia de ozono) una gran parte de la radiación ultravioleta, peligrosa para las células vivas, que de este modo no llega hasta la Tierra.

Con respecto al ozono se produce una situación curiosa: disminuye en las capas altas de la atmósfera (ozono estratosférico) y aumenta en las bajas (ozono troposférico), lo que supone un doble agravamiento de la contaminación, puesto que el ozono actúa como un filtro esencial en la alta atmósfera para proteger la Tierra de las radiaciones solares, mientras que su elevada concentración al ras de la Tierra lo convierte en una peligrosa sustancia contaminante.

Breve Reseña sobre el Origen y la Historia de la Lluvia Ácida

El término lluvia ácida fue utilizado por primera vez en 1853 por el químico británico Robert Angus Smith para calificar las lluvias que caían en la ciudad de Manchester, centro y cuna del industrialismo británico, y caracterizadas por su acción corrosiva sobre los metales, por la decoloración de la ropa tendida y por la muerte de distintos vegetales.

Cien años después, en 1961, el sueco Svante Odén, que había instalado una red de aparatos de medida para detectar la acidez del aire y de las

precipitaciones, demostró, a escala de Escandinavia, que dichas lluvias no tenían un origen local, sino que provenían de las masas de aire que ascendían hacia el norte tras haberse "enriquecido" en la atmósfera de Gran Bretaña o de Europa del Este con óxidos de azufre y de nitrógeno. Una comprobación parecida iba a realizarse poco tiempo después en los bosques canadienses a raíz de la contaminación producida por las emisiones de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en las zonas industriales de la costa Este de Estados Unidos.

Veinte años después, en la década de los ochenta, el toque de atención recayó en la acidificación creciente de los bosques de Alemania y de importantes zonas de Francia, con estudios sobre las consecuencias negativas de las lluvias ácidas, originadas por la emisión masiva de contaminantes de azufre y nitrógeno en Checoslovaquia, Polonia y la República Democrática Alemana, sobre la flora de los bosques y de la fauna de los lagos.

El origen de de las emanaciones de azufre tuvieron su origen preponderantemente en la actividad minera de los sulfuros, con la que se emitían gran cantidad de SO₂ a la atmósfera. Masas enormes de material empezaron a tostarse y hacia 1920, en Sudbury (Ontario, Canadá). En consecuencia el entorno de esa ciudad se volvió extraño: "los árboles desaparecen y el suelo se queda desnudo". Las aguas del río Sudbury empezaron a llevar importantes cantidades de metales pesados, sulfuros, Al, Fe, SH₂ (tóxico en disolución). El ecosistema quedó gravemente dañado. Se perdieron grandes masas de vegetación, el medio se volvió abiótico y el suelo sufrió fuertes erosiones. La superficie afectada superó el medio millón de hectáreas. Se intentó su recuperación, pero los costos de recuperación fueron mayores que los beneficios de la mina (la más grande del mundo).

En Europa también se empezaron a notar efectos similares, así en Noruega en la década de los 70, los lagos empezaron a enfermar, especies de peces morían. Lo mismo ocurrió en Finlandia donde también se vieron afectados los suelos, así como un debilitamiento forestal que afectó sobre todo a las coníferas cuyas hojas amarilleaban y caían. En Suecia se dieron cuenta que Alemania emitía gran cantidad de SO₂ a la atmósfera:



Una consecuencia de este proceso se traduce en la acidificación del suelo. No obstante los efectos perjudiciales de esta lluvia ácida se manifestaron en Noruega, sometida a emisiones de S bastante bajas <3,7Kg/ha de S; sin embargo en Alemania se producían valores muy superiores (de 30 a 60Kg/ha) y los daños aparentes eran menores o inexistentes.

Las reacciones diferenciales de los suelos ponen de manifiesto sus diferentes sensibilidades frente a un mismo contaminante. En los Países Nórdicos los suelos tienen bajo poder amortiguador frente a la acidez. El pH de los suelos bajaba rápidamente, se liberaban grandes cantidades de Al tóxico, que iba a parar a los ríos. Por el contrario, en los países mediterráneos los suelos se encuentran fuertemente tamponados frente a la acidez, dada la abundancia de materiales carbonatados, y son capaces de neutralizar el impacto de las lluvias ácidas.

Todos estos procesos, que tenían lugar en los países europeos, llevó a tomar conciencia a los gobiernos que se encontraban ante un amplio problema medioambiental, con características globales que no respetaba fronteras.

Las intensidades de las lluvias ácidas actuales se relacionan con las actividades industriales, principalmente con las emisiones de las centrales térmicas y con las producidas por la combustión de hidrocarburos que llevan S, N, Cl, etc. También tienen cierta importancia los procesos de desnitrificación de

fertilizantes añadidos a los suelos en dosis excesiva y los procesos naturales similares que se producen en las zonas de manglares, arrozales, volcanes, etc. Actualmente se concentran en los países de mayor desarrollo económico, pero progresivamente se están extendiendo a otras áreas.

LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

EL suelo es la parte exterior de la corteza terrestre y está íntimamente vinculado con la vida y con las actividades del hombre; constituye un intermedio (interfase) imprescindible entre la atmósfera y la hidrosfera. En la composición química del suelo intervienen los elementos geológicos del subsuelo, el aporte de los vientos, de las aguas y los residuos de la actividad de la vida orgánica. En él se producen procesos que lo mantienen en continua transformación. Está constituido por proporciones variables de arena, de arcilla, de limo y de materia orgánica (humus); la mayor proporción de uno u otro elemento define al suelo como: arenoso, areno-arcilloso, arcillo-arenoso, arcilloso, limoso, limo-arenoso, etc. La porosidad del suelo permite que penetren en él, aire, gases y agua.

El suelo es el hábitat natural de numerosos microorganismos. Se estima que en un gramo de tierra se encuentran entre cien mil a cincuenta millones de microorganismos. Los microorganismos se agrupan en colonias; las vecinas a las superficies son aeróbicas (realizan sus ciclos vitales en presencia de oxígeno), las otras son anaeróbicas (realizan sus ciclos vitales en ausencia de oxígeno o en presencia de pequeñas cantidades de éste). Las colonias de estos microorganismos son agentes desintegradores de la materia orgánica que vuelve al suelo desde las plantas y los desechos y restos de animales, convirtiéndola en sustancias minerales que son reabsorbidas luego por los vegetales, cerrando el ciclo de la materia.

También pueden desarrollarse bacterias patógenas, que permanecen vivas en este medio largo tiempo y que transmiten enfermedades tales como el cólera, el tétano, el carbunco, la gangrena gaseosa y la tuberculosis, entre otras.

Las bacterias se disponen en las capas superiores del suelo, la mayor parte dentro de los primeros 40 cm. Aun en tierras muy porosas nunca exceden los 3 m de profundidad. Es por ello que el agua subterránea de las napas inferiores, normalmente no se encuentra contaminada.

Concepto de contaminación del suelo

Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias en niveles tales que repercuten negativamente en su comportamiento. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

Se puede distinguir entre contaminación natural, frecuentemente endógena, y contaminación antrópica, siempre exógena.

Un ejemplo de contaminación natural es el proceso de concentración y toxicidad que muestran determinados elementos metálicos, presentes en los minerales originales de algunas rocas a medida que el suelo evoluciona. Un caso significativo se produce sobre rocas con altos contenidos de Cr, Ni, Cu, Mn..., cuya edafogénesis en suelos con fuertes lavados origina la pérdida de los elementos más móviles, prácticamente todo el Mg, Ca y, en ocasiones, hasta gran parte del Si, con lo que los suelos residuales fuertemente evolucionados presentan elevadísimas concentraciones de aquellos elementos metálicos, que hacen a estos suelos susceptibles de ser utilizados como menas metálicas.

Otro ejemplo de aparición natural de una anomalía de alta concentración de una forma tóxica se produce en la evolución acidificante de los suelos por la acción conjunta de la hidrólisis, lavado de cationes, presión de CO₂ y ácidos orgánicos que, progresivamente, conducen a una mayor concentración de Al disuelto y a un predominio de especies nocivas como Al⁺⁺⁺ o las formas Al-OH escasamente polimerizadas.

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo. Es conocido el hecho de que un solo volcán activo

puede aportar mayores cantidades de sustancias externas y contaminantes, como cenizas, metales pesados, H^+ y SO_4^{-2} , que varias centrales térmicas de carbón.

Sin embargo, las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo.

En los estudios de contaminación de suelos, no basta con detectar la presencia de contaminantes sino que se han de definir los máximos niveles admisibles y además se han de analizar posibles factores que puedan influir en la respuesta del suelo a los agentes contaminantes, como son: vulnerabilidad, poder de amortiguación, movilidad, biodisponibilidad, persistencia y carga crítica, que pueden modificar los denominados "umbrales generales de la toxicidad" para la estimación de los impactos potenciales y la planificación de las actividades permitidas y prohibidas en cada tipo de medio.

● **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.

Permite diferenciar los riesgos potenciales de diferentes actividades o predecir las consecuencias de la continuación en las condiciones actuales.

En muchas ocasiones, resulta difícil obtener los grados de sensibilidad de los suelos frente a un determinado tipo de impacto, debido a la fuerte heterogeneidad de los suelos, incluso para suelos muy próximos.

- **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.

Esta capacidad de depuración tiene un límite diferente para cada situación y para cada suelo. Cuando se alcanza ese límite el suelo deja de ser eficaz e incluso puede funcionar como una "fuente" de sustancias peligrosas para los organismos que viven en él o de otros medios relacionados.

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.

El grado de contaminación de un suelo no puede ser estimado exclusivamente a partir de los valores totales de los contaminantes frente a determinados valores guía, sino que se hace necesario considerar la biodisponibilidad, movilidad y persistencia (Calvo de Anta, 1997).

- Por **biodisponibilidad** se entiende la asimilación del contaminante por los organismos, y en consecuencia la posibilidad de causar algún efecto, negativo o positivo.
- La **movilidad** regulará la distribución del contaminante y por tanto su posible transporte a otros sistemas.
- La **persistencia** regulará el periodo de actividad de la sustancia y por tanto es otra medida de su peligrosidad.
- **Carga crítica.** Representa la cantidad máxima de un determinado componente que puede ser aportado a un suelo sin que se produzcan efectos nocivos.

Este concepto de carga crítica explica, por ejemplo, por qué los efectos de la lluvia ácida aparecieron de forma más alarmante en los países Escandinavos que en los de Centro Europa, estos últimos con valores de precipitación ácida más altos.

Las Causas de la Contaminación del Suelo

Las causas de contaminación del suelo pueden deberse a las aguas superficiales que forman terrenos anegadizos propicios para la creación de focos de propagación de insectos transmisores de enfermedades; el depósito de residuos sólidos sobre la superficie que origina la proliferación de ratas y moscas; el enterramiento de desechos orgánicos, sin tomar los recaudos necesarios; los residuos industriales de tipo no degradables y las infiltraciones de los derivados del petróleo, y por último el empleo incontrolado de pesticidas e insecticidas en las actividades agroganaderas.

El balance de entradas y salidas de elementos en el suelo muestra que, en la actualidad, la concentración de metales en su superficie tiende a aumentar a escala global, en forma paralela a la mayor actividad agrícola e industrial. La contaminación con algunos metales pesados como cadmio (Cd) y plomo (Pb) en las zonas urbanas es tan elevada, que el conocimiento de su contenido puede indicar si el suelo es urbano o rural. También es importante el contenido de otros elementos con peligro de toxicidad como cobre (Cu), cinc (Zn), níquel (Ni), cromo (Cr) y mercurio (Hg) por los efectos que ejercen sobre la salud humana.

Los ríos que atraviesan los centros urbanos e industriales, como es el caso del río Reconquista, en la Capital Federal, el río Salí o Dulce en la provincia de Tucumán y Santiago del Estero, son tema de estudios por la carga de contaminantes que llevan sus aguas. Por su ubicación geográfica, las cuencas de estos ríos se hallan también sujeta a la deposición de partículas atmosféricas que contienen elementos tóxicos provenientes de la actividad humana de las ciudades, como el Pb generado por la combustión de los automóviles y desechos

sólidos domiciliarios, industriales y de las estaciones de servicio y talleres mecánicos, que constituyen un reservorio importante de metales tóxicos.

La contaminación del suelo afecta principalmente a las zonas rurales con intensa actividad agrícola y ganadera, o donde se combinan con elementos de la agroindustria.

El crecimiento demográfico registrado a partir de los años cincuenta, ha provocado una expansión de las tierras cultivadas, con la consiguiente deforestación y desertificación de amplias áreas de la Tierra y ha estimulado la adopción de la agricultura industrial, basada en el empleo masivo de abonos artificiales. Éstos ya eran utilizados a finales del siglo XIX. Su uso pasó de 14 millones de toneladas en 1950 a 143 millones en 1990. Los pesticidas, utilizados para el control de plagas y enfermedades y en el control de las tareas agrícolas se multiplicaron por 34 entre 1950 y 1990.

En los últimos años ha ido ganando terreno la idea de que la agricultura industrial, la cual permite inicialmente un importante aumento de la productividad de las actividades agroganaderas, conlleva graves riesgos ecológicos, ya que da origen a la acumulación de sustancias tóxicas en el medio ambiente como resultado de la aplicación masiva de pesticidas y agroquímicos en general. Estos tóxicos acaban por introducirse en las cadenas tróficas y en los alimentos, con lo que además de provocar una drástica reducción de la abundancia y diversidad de vida animal comprometen la salud humana.

A finales del siglo XX, al menos en los países desarrollados, parece haberse alcanzado un límite en el uso de productos químicos en la agricultura. Existe una conciencia creciente de que el medio ambiente no puede soportar indefinidamente la acumulación de tóxicos y, además, las poblaciones de insectos

acaban por hacerse resistentes frente a un determinado plaguicida, lo que obliga a usar cantidades cada vez mayores o recurrir a productos más tóxicos. Actualmente, se busca la solución a este dilema en el desarrollo de métodos de control biológico; pero por el contrario, en los países subdesarrollados o en vías de desarrollados el uso de pesticidas va en aumento, debido a la necesidad de elevar el rendimiento de las nuevas tierras puestas en cultivo.

El desarrollo de plaguicidas químicos ha tenido un profundo efecto en la lucha del hombre contra las plagas de la agricultura. En la mayoría de los casos, estos insecticidas han sido incorporados en un programa sistemático de control de plagas, tratando de no causar ningún daño a los seres humanos o al medio ambiente. Sin embargo, los plaguicidas químicos no constituyen una solución definitiva para controlar cualquier tipo de plaga. Su abuso puede ser antieconómico, provocar graves daños a los ecosistemas y comprometer la salud humana.

Los plaguicidas, fitosanitarios, pesticidas, biocidas y productos agroquímicos son términos diferentes usados para nombrar a los productos biológicamente activos, generalmente de origen químico, destinados al control de plagas. Los plaguicidas pueden ser de tres tipos: insecticidas (utilizados para el control de insectos), fungicidas (utilizados para el control de hongos) y herbicidas (utilizados para el control de las malezas).

Los abonos químicos aumentan los rendimientos pero su uso continuo modifica la naturaleza del suelo, sobre todo por las impurezas que ellos contienen. Generalmente se trata de restituir al suelo fosfatos, nitratos, potasio, etc. El aporte de nitratos en exceso puede constituir un riesgo para la salud humana; la espinaca, por ejemplo tiene la tendencia de acumular nitratos en sus tejidos. En el proceso de conservación de los alimentos éstos corren el riesgo de

transformarse en nitritos, los cuales, en el intestino humano, pueden convertirse en compuestos cancerígenos.

El empleo de plaguicidas implica múltiples riesgos para la salud humana, ya que pueden producir daños locales cuando entran en contacto con la piel, o trastornos generales si son inhalados o ingeridos. Hay que evitar cuidadosamente estos tres caminos de entrada en el organismo para que no se puedan producir intoxicaciones.

Ya se ha hecho mención de los riesgos de los organoclorados cuando se trató sobre el DDT. Se puede decir que todos estos insecticidas se caracterizan por ser muy estables, por lo tanto pueden permanecer decenas de años en el suelo sin descomponerse.

Los compuestos organofosforados y otros compuestos fosfóricos, altamente tóxicos, presentan la ventaja de ser selectivos y biodegradables.

Como ya se ha mencionado anteriormente las lluvias ácidas producen cambios en las propiedades físico – química de los suelos. Las deposiciones ácidas están constituidas por compuestos de N y S que en una fase posterior pueden formar ácido nítrico o sulfúrico. Aunque en la propia atmósfera se puede producir una parcial neutralización por NH_3 , lo normal es que éstos compuestos se transmitan a los suelos, de tal forma que provocan un aumento en la acidez de los mismos.

La acidez no neutralizada por las copas de los árboles, entra en el suelo vía infiltración y esorrentía.

La acidificación de los suelos tienen los siguientes efectos:

- Reduce los nutrientes al variar su ciclo.
- Provoca la movilización de elementos tóxicos como el aluminio (soluble a $\text{pH} < 4.2$).
- Incrementa de la movilidad de metales pesados.
- Provoca variaciones en la composición y estructura de la microflora y microfauna.

Conceptualmente la acidificación equivale a:

- Disminución del pH.
- Disminución de la saturación en bases.
- Aumento en la proporción de H^+ y Al^{+++} en el complejo de cambio.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Desde tiempos ancestrales los asentamientos humanos se realizaron en la vecindad de los cursos de agua. Este elemento no sólo es vital para la vida del hombre, sino que fue usado también como medio de comunicación y para satisfacer las necesidades estéticas.

Con el advenimiento de la industrialización las fábricas necesitaron agua en abundancia y buscaron las márgenes de los cursos de agua para establecerse. Fueron entonces los cursos de agua naturales los receptores de los desechos de la vida humana y de los residuos de las industrias.

La contaminación del agua pone en peligro la salud pública, complica y encarece el abastecimiento del agua potable a las poblaciones y a la industria, perjudica la actividad pesquera, la agricultura y anula el valor estético de los cursos superficiales.

Las plantas de tratamiento, aún las más avanzadas técnicamente, son incapaces de remover, transformar o destruir los compuestos orgánicos sintéticos que son el resultado de los procesos industriales. Lo mismo ocurre con ciertos detergentes y desperdicios sólidos de origen plástico o sintético que forman parte de los desechos domiciliarios. Todo esto complica el proceso de purificación de las plantas de tratamiento de aguas. El problema de los desagües industriales es quizás el más grave en estos momentos.

Las causa más comunes de contaminación del agua provienen de desagües urbanos (cloacas y pluviales); desagües industriales; desagües originados por la explotación del petróleo; desagües originados por las explotaciones agropecuarias; desagües de temperatura elevada proveniente de la actividad industrial y de usinas eléctricas y, por último, descarga de sólidos.

ÁREA ECOLOGÍA

CONTAMINACIÓN
Eduardo Atilio de la Orden

Los Desagües Urbanos

La materia orgánica conducida por los desagües de este tipo origina graves problemas de contaminación por la reducción del oxígeno disuelto en el agua debido a la acción bacteriana que descompone la materia orgánica, reducción que puede llegar a anular ese oxígeno. Los detergentes, los materiales plásticos y los microorganismos patógenos agudizan el problema.

Los detergentes sintéticos se extendieron al uso doméstico, a partir de la última guerra mundial. Se distinguen, por su característica de biodegradables y no biodegradables. Estos últimos aportan una forma de contaminación de las aguas de difícil tratamiento. La legislación de diferentes países desarrollados ha limitado o prohibido su fabricación. Los problemas más comunes son los de dificultar la reoxigenación del agua, la producción de espumas y la inhibición de la acción bacteriana en las plantas de depuración.

En las grandes zonas urbanas se producen situaciones de grave contaminación coaccionadas por la rotura accidental de colectoras. Esto obliga a derivar los desagües a los conductos pluviales que descargan en la proximidad de las tomas de agua para abastecimiento de la ciudad. Esta circunstancia, bastante frecuente, se une a las descargas industriales, no controladas, en esos mismos conductos pluviales las que motivan su rápido deterioro por los ácidos y sulfuros que contienen.

En zonas suburbanas, en donde todavía no se ha extendido la red de colectores domiciliarios, los líquidos cloacales se insumen en el subsuelo, alimentando la napa freática, frecuentemente poco profunda, la que a través de zanjas o por conductos pluviales, descargan finalmente en los cursos de agua.

En zonas serranas es frecuente la contaminación de los cursos de agua por desagües cloacales. Generalmente, sobre el subsuelo rocoso situado a poca profundidad, escurre el líquido cloacal hacia los pequeños cursos de agua ubicados en las partes bajas, que son utilizados como balnearios en el verano y, muchas veces, como fuente de provisión de agua.

El problema de contaminación cloacal se agudiza en el caso de desagües de hospitales y sanatorios.

También es necesario indicar la contaminación intermitente que se produce en los casos de los desagües urbanos unitarios, en los que durante las lluvias se produce arrastre de líquidos cloacales a zonas inmediatas de las ciudades.

Desagües Industriales

Los desagües industriales constituyen, juntamente con los cloacales, las causas fundamentales de contaminación del agua. Los desagües industriales son de gran variabilidad según el tipo de industria, no sólo en cuanto a las características del líquido, sino también en cuanto a los caudales vertidos. Se los puede clasificar de la siguiente forma:

- **Desagües con impurezas minerales:** Corresponden a industrias como las metalúrgicas, las electroquímicas, electrónicas, galvanoplastia, etc. Su forma de contaminación es química; contienen frecuentemente elementos tóxicos importantes como plomo, zinc, cadmio, níquel, cromo y mercurio.
- **Desagües con impurezas orgánicas:** Corresponden a industrias como la lechera, textil, azucarera, de la carne, etc. Su forma de contaminación es biológica.

- **Desagües con impurezas minerales y orgánicas:** corresponden a industrias como las curtiembres, los lavaderos de lana, papeleras, etc. con formas de contaminación química y biológica.

Desagües Originados por la Explotación del Petróleo

La gran cantidad de petróleo que se transporta por mar, en superpetroleros que superan 500.000 toneladas constituye un problema mundial. Los accidentes y también el poco cuidado con que se lavan las bodegas en alta mar liberan restos de petróleo que luego las corrientes acumulan en zonas en las que impiden toda vida vegetal, como está sucediendo en el mar de los Sargazos, en el Océano Atlántico; o inutilizan playas y grandes zonas costeras.

En Argentina, también se presenta el problema, derivado de una manipulación incorrecta de ese elemento y de pérdidas accidentales. El consumo cada vez mayor de petróleo hace que se estén intensificando los problemas derivados por esta causa.

La fina capa de petróleo que se extiende sobre las aguas no sólo implica un problema de orden estético sino que impide la difusión del oxígeno del aire en el agua, dificultando la reaereación del cuerpo receptor, indispensable para el desarrollo de los procesos de autodepuración. Se ha experimentado este problema cuando el espesor de esa capa excede de 0,001mm. Este hecho causó grave preocupación a nivel internacional lo que condujo a la necesidad de crear una legislación adecuada, determinando las características de los petroleros y la forma en que se deberá realizar la limpieza de las bodegas.

Desagües Originados por Explotaciones Agropecuarias

Gran parte del agua que se utiliza para riego, retorna a cursos superficiales o se insume en el terreno. El agua usada para riego suele sufrir cambios en su calidad; los más comunes son:

1. Aumento de contenido de sales minerales.
2. Aumento del contenido de nutrientes, en general.
3. Aumento de la concentración de nitratos. Por otra parte, el uso intensificado de insecticidas y herbicidas hace que las sustancias tóxicas que contienen ocasionen alteraciones graves en la fauna acuática. Un ejemplo clásico lo ofrece el uso del DDT del que ya se ha expuesto anteriormente.

Desagües de Temperatura elevada

El problema se deriva de descargas industriales calientes y de agua de refrigeración de usinas eléctricas, vertidas en los cuerpos receptores, sin previo enfriamiento.

La disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua, debido a la temperatura, puede traer consecuencias en la vida de los peces. Por esta razón, algunos ríos en invierno mantienen una cantidad satisfactoria de oxígeno y en cambio, en verano puede disminuir y a veces desaparecer con la consiguiente putrefacción de la materia orgánica.

LAS PILAS

Las pilas de todos los tamaños y forma invaden a diario nuestros hogares. La radio a transistores, el walkman, la cámara fotográfica, el reloj o los juguetes de los niños, son sólo una pequeña muestra del larguísimo catálogo de productos que pueden funcionar de manera autónoma sin necesidad de estar conectados a

la red eléctrica. Y es ésta, precisamente, la clave de su éxito: dotar de autonomía al artilugio que tenemos entre las manos. Las pilas, ideadas por Volta hace dos siglos, basan su funcionamiento en un conjunto de reacciones químicas que proporcionan una cierta cantidad de electricidad, moderada pero suficiente para activar dispositivos electrónicos o mover pequeños motores. Sin embargo, su virtud es su más grave defecto. Los compuestos químicos que se utilizan para generar electricidad son, en su mayor parte, metales pesados, como el mercurio, el litio o el cadmio. Todos ellos son tóxicos y peligrosos. Cuando la pila se ha agotado y se la echa a la basura, los metales pueden pasar al medio y contaminarlo.

El contenido en mercurio de una sola pila botón basta, por ejemplo, para contaminar 600.000 litros de agua, el equivalente a una piscina de tamaño medio. Por otra parte, el costo de la energía producida por una pila es unas 3 veces mayor que su equivalente en la red eléctrica. Ambos hechos son razones excelentes para racionalizar el consumo de pilas y utilizar éstas sólo cuando no es posible conectar el aparato a la red. Y también para exigir sistemas de recolección de basura selectivos, de modo que se pueda dar el tratamiento adecuado a las pilas agotadas y a sus peligrosos componentes.

En general las pilas usadas son tiradas a la basura. Esto implica que el destino final de las mismas son los basurales o las plantas incineradoras. En ambos casos, una vez destruida la carcasa se liberan los metales pesados que pasan con facilidad al medio ambiente. El más peligroso es el mercurio, que se incorpora a la cadena trófica, con el agravante de que su grado de concentración aumenta de un eslabón a otro. Sus efectos son neurotóxicos y puede llegar a ocasionar la muerte. Ya se mencionó que una pila de mercurio basta para contaminar 600.000 litros de agua y una alcalina 167.000 litros, el doble de lo que consume una persona en toda su vida.

ÁREA ECOLOGÍA

CONTAMINACIÓN
Eduardo Atilio de la Orden

El contenido de las pilas, en especial cuando se trata de mercurio, supone un grave riesgo para el medio ambiente

BIBLIOGRAFÍA

1. DIAZ DORADO, M.D. (1993): "Ordenamiento Ambiental. Urbanismo Sanitario. Ecología - Contaminación - Infraestructura". Copyright by M.D. Díaz Dorado. Buenos Aires.
2. DORST, Jeans. (1972): " Antes que la Naturaleza Muera". Ediciones Omega. Barcelona.
3. ENCICLOPEDIA OCEANO DE LA ECOLOGIA. Tomos 2 y 3. Oceano Grupo Editorial S.A.
4. ENCICLOPEDIA VISUAL DE LA ECOLOGIA (1996). Clarín AGEA/ Cases i Associats, S.A.
5. MARBÁN L., et al. (1999) : " Contaminación con Metales Pesados en un Suelo de la Cuenca del Río Reconquista". Ecología Austral. Vol. 9 N° 1-2. Pp. 15-19.
6. ODUM, Eugene P. (1985): "Ecología" 3º Edición. Editorial Omega.
7. TURK, Amos, et al. (1972): "Ecología - Contaminación - Medio Ambiente". Editorial Interamericana.
8. NICOLAS VAN DE MOORTELE (2005): Contaminación.
<http://www.monografias.com/trabajos10/contam/contam.shtml>