



*Antigua zona forestal hoy completamente degradada por emisiones del SO<sub>2</sub> en Ontario (Canadá).*

*Doctor ingeniero de Montes* MARIANO SEOANEZ CALVO

## Los ecosistemas y la contaminación del medio natural



*Zona forestal de frondosas y resinosas muy contaminada por el SO<sub>2</sub> atmosférico, procedente de la industria de altos hornos de Wawa, Ontario (Canadá).*

**E**l medio en que vivimos es un conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos entre sí, que con sus interacciones constituye la biosfera.

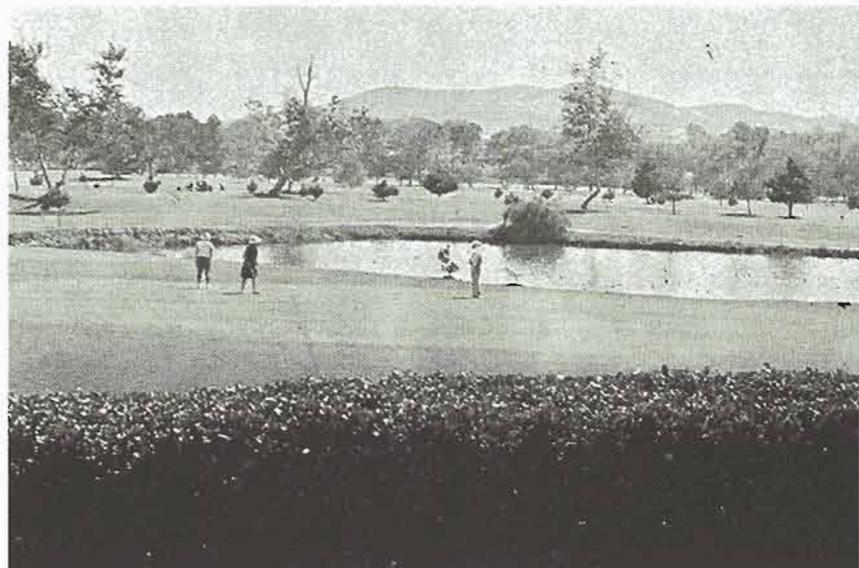
Las tierras sumergidas y emergentes, las aguas que las bañan y el aire, son bases que sustentan las biocenosis o poblaciones animales y vegetales.

### Equilibrios biológicos y contaminación de los ecosistemas

Entre todos los componentes del medio existen estados diversos de equilibrio que mantienen al conjunto general en una situación de evolución estable y natural.

Si por cualquier circunstancia esos estados de equilibrio dinámico existentes en la biosfera son alterados, los ecosistemas o unidades básicas que componen la ecosfera, se verán perturbados, con lo que aparecerán daños estructurales y funcionales de todo tipo en el medio en que vivimos.

¿A qué daños nos referimos? Eso



*Campo de golf regado con aguas residuales urbanas procedentes de un tratamiento primario.*

dependerá del tipo de agresión de que se trate. A una *deforestación no natural* corresponden una degradación del suelo, una *alteración de ciertos factores climáticos*, una erosionabilidad alta y una serie de regresiones específicas, como pérdidas de madera, pérdidas de calidad estética (paisaje), pérdidas de zonas verdes (áreas periurbanas), etcétera.

Si la perturbación está causada por *contaminación en algún factor ambiental receptor* (existen factores básicos como el aire, el suelo o el agua, factores autónomos como las actividades agrarias o industriales y factores especiales como el desarrollo, las radiaciones, etcétera), la alteración afectará a una serie de eslabones que dependerá del tipo de contaminación de que se trate, del receptor primario del daño (agua, suelo, etc.) y de la resiliencia o capacidad de los ecosistemas de recuperarse.

En esos ecosistemas estables se almacena una biomasa o cantidad de organismos elevada, y en ellos la relación entre la productividad bruta, o tasa de formación de materia orgánica, y la biomasa, es baja. El hombre actúa en muchos casos en sentido opuesto, buscando la mayor productividad posible con una biomasa baja, lo que equivale a biocenosis poco maduras; si esta actitud se generaliza, que es lo que generalmente ocurre, desaparecen los ecosistemas maduros y se presentan desequilibrios como los que hemos citado anteriormente.

### Gestión ecológica de los recursos

Para resolver el problema anterior no nos queda otra solución que profundizar y generalizar la gestión ecológica de los recursos, o, dicho de otra manera, debemos tener presente, desde ahora, el punto de vista ecológico en toda actividad antropógena. ¿A qué nos obligamos con esta actitud? Sencillamente, a apoyarnos más en las leyes de la Naturaleza y a controlar el despilfarro de los recursos, liberando en lo posible a los ecosistemas que componen la biosfera, de forma que no se caiga en el error anteriormente indicado de promover la creación de ecosistemas inmaduros. Esto no quiere decir que debamos volcarnos en posiciones opuestas a las mantenidas hasta ahora, sino que es necesario establecer un equilibrio entre los factores económicos, ecológicos, sociológicos y sanitarios, que tenga también en cuenta las necesidades y las aspiraciones de una sociedad que se desenvuelve y progresa como una especie de ecosistema «sui generis».

La explosión demográfica es una realidad y el desarrollo del hombre, otra. Esto hace que ambas, unidas a la creatividad humana, por otra parte, muchas veces negativa, originen un conjunto de agresiones a la biosfera de tal magnitud que nos haya hecho plantear, de forma acuciante, la necesidad de proteger ese medio, no sólo por altruismo, por oportunismo político o por afición, sino ya

por un egoísmo de supervivencia que está dejando de ser anecdótico en muchos países (véanse los refugios antinucleares existentes o programados en ciertas áreas del globo).

¿Cuál es el camino correcto? Evidentemente, aquel que procura no sólo el bienestar directo del hombre, sino, además, el de su medio, es decir, el que mantenga la tendencia de la Naturaleza a formar ecosistemas estables, con todo lo que ello supone.

La protección del Medio Natural, es, pues, una base del acontecer del hombre, es «cuidar su casa, su jardín y su barrio», y para ello habrá de actuar sobre los ecosistemas de forma que siga la línea básica antes indicada.

### Estabilidad de los ecosistemas

Los ecosistemas, o unidades ambientales que agrupan las comunidades de seres vivos y su entorno, realizan una serie de procesos que necesitan una protección más o menos intensa, entre los que podemos destacar, en nuestro desarrollo de un plan de protección de la biosfera, la estabilidad y la flexibilidad funcional. En cuanto a la primera, llamamos estabilidad de un ecosistema a un concepto referido a la duración y a la magnitud de las fluctuaciones alrededor de su punto de equilibrio, término diferente al de resiliencia, que va ligado a las probabilidades de cambios de orden cualitativo.

La estabilidad comprende la resistencia de los ecosistemas ante las agresiones y los fenómenos de resiliencia siendo estos ostados de resistencia y resiliencia propiedades del sistema que determinan la persistencia de las relaciones dentro de éste, y expresan su capacidad para absorber las perturbaciones.

¿Cuál es el estado de un ecosistema sin interferencias exógenas? Se puede decir que estado del ecosistema, es una situación caracterizada por el valor de todas las variables de ese estado, en un punto dado en el tiempo. Estado normal o estable podrá ser una situación específica de todos los estados posibles.

La trayectoria es la sucesión de estados normales de un sistema a través del tiempo.



Recuperación de suelos degradados mediante aplicaciones continuadas de aguas residuales urbanas.

Se considera que un sistema es estable cuando la posibilidad de mantener su trayectoria, dentro de su especificidad, es aproximadamente 1.

Las agresiones pueden actuar sobre los ecosistemas perturbándolos, de forma que se altere su trayectoria, es decir, que aparezca una inestabilidad, con consecuencias, o, por el contrario, alterándolos momentáneamente, pero sin producirles modificaciones persistentes.

En el primer caso no hay estabilidad y en el segundo sí, pues se cumple lo que acabamos de indicar respecto al mantenimiento de la trayectoria, referente a la falta de sucesión de estados normales a través del tiempo provocada por la agresión (primer caso).

En cuanto a las funciones, para que un ecosistema pueda subsistir en un medio ambiente cambiante, necesita cierta flexibilidad funcional, capacidad que puede alcanzar por los dos caminos que ya hemos citado, referentes a la estabilidad de los sistemas: la resistencia o la resiliencia.

La primera vía para la persistencia de un ecosistema requiere que la energía y los materiales procesados en diversas funciones, como la fotosíntesis o la transducción, superen las necesidades metabólicas totales de los organismos propios de ese ecosistema. Este exceso de energía se consumirá en la formación de estructuras que permitirán la producción de organismos resistentes a las perturbaciones, y en la acumulación

de materia orgánica e inorgánica que facilitará la retención y el reciclado de nutrientes.

El segundo camino se basa en la capacidad del ecosistema para recuperarse rápidamente después de un ataque perturbador.

La resistencia necesita el desarrollo de grandes unidades de biomasa que consumen tiempo y energía.

La resiliencia necesita cierta heterogeneidad para asegurar de este modo un número elevado de especies en cada función, de forma que una agresión no altere toda la trama ecológica, aunque parece ser que la existencia de una comunidad compleja no implica una estabilidad superior.

Resistencia y resiliencia requieren *Fase de consolidación de herbáceas.*

niveles elevados de procesado de materiales. La fragilidad de una propiedad de un ecosistema está indirectamente relacionada con el grado de integración de los componentes del sistema, y esos procesos de materiales citados, tanto de reciclado como de retención, parecen ser sensibles a las disrupciones.

Una perturbación puede ser incapaz de destruir una variable de un estado determinado, pero puede muy bien llevar al ecosistema a una situación en la que se alteren varios de sus elementos y, como consecuencia, se modifique su flexibilidad, lo que implica una baja en su capacidad de persistencia.

Así pues, los ecosistemas necesitan adaptarse al medio, para lo que disponen, que sepamos, de las dos posibilidades que hemos indicado. Aun así, si una contaminación o cualquier otro tipo de agresión perturba gravemente algún elemento del ecosistema, éste pierde parte de su capacidad de adaptación y, en consecuencia, su equilibrio normal.

Para conocer bien e identificar las perturbaciones que puede sufrir un ecosistema, es muy útil clasificar sus procesos esenciales en tres categorías:

- Producción primaria.
- Transferencias de material.
- Estabilización y asimilación de productos.

Asimismo, es interesante controlar los niveles de población en sus fluctuaciones y las disfunciones sensoras de los sistemas, así como las interacciones de los ecosistemas.



## Vulnerabilidad de los ecosistemas

La vulnerabilidad de los ecosistemas es otra característica importante a tener en cuenta y depende de ciertos factores como:

- Tipo de ecosistema.
- Propiedades y características de la agresión.
- Forma y tiempo (momento y duración) de la agresión.
- Valoración dada por el hombre a ese ecosistema (unos son necesarios a corto plazo para producir alimento, mientras que otros necesitan funciones de apoyo a largo plazo).

Asimismo dentro del ecosistema, pueden asociarse con la vulnerabilidad algunos conceptos que ya hemos citado, como son:

- Localización de los puntos de concentración de la contaminación.
- Capacidad de reducción de la contaminación.
- Capacidad de uso de materiales y energía.
- Niveles de disminución de circulación y de procesos causados por la acumulación de contaminantes.
- Localización geográfica del ecosistema, y proximidad de las actividades normales del hombre.

En este artículo sólo citaremos dos tipos de ecosistemas vulnerables a las perturbaciones, como ejemplos de la infinidad de ellos que son susceptibles de reaccionar insuficientemente ante las múltiples agresiones antrópicas de que pueden ser objeto.

Los contaminantes orgánicos hacen vulnerables a la agresión que provocan los estuarios y las zonas marinas profundas.

En el primer caso, la vulnerabilidad es patente por varias razones:

- Concentración de actividades antrópicas en la proximidad de los estuarios.
- Gran aporte de materiales, muchos de ellos contaminantes, procedentes de los ríos que forman el estuario.
- Concentración de muchas especies acuáticas (peces).
- Hábitat temporal para ciertas especies.

En el segundo caso, la vulnerabilidad se ha observado recientemente por varias causas:



*Recuperación de ecosistemas totalmente degradados, en áreas desérticas, mediante la aplicación de aguas residuales urbanas.*

- Muchos procesos biológicos se verifican, a grandes profundidades, a 1/100 de la intensidad y velocidad con que se cumplen en el exterior o cerca de la superficie.
- Pobreza de carbono, lo que implica limitaciones de energía.
- La mayoría de los procesos biológicos son lentos.
- Ante el aporte de productos contaminantes en cantidades elevadas, es difícil que los organismos de ese ecosistema dispongan de mecanismos para procesarlos con cierta rapidez, que superen o, por lo menos, equilibren la perturbación.

Además de estos ejemplos, es necesario señalar la existencia de ecosistemas artificiales o semiartificiales, como los campos cultivados o los pastizales que están sujetos, más que ninguno, a influencias y acciones externas, muchas de ellas nocivas.

### Investigación sobre los ecosistemas

En otro orden de cosas y repitiendo lo expresado al principio de este artículo, para la persistencia de la vida humana y de todo su entorno, es decir, para que la biosfera y sus ecosistemas permanezcan, es fundamental que éstos funcionen y se desarrollen adecuadamente. Esto

quiere decir que habremos de profundizar todo lo posible en el conocimiento de todo lo relacionado con los ecosistemas y sus perturbaciones.

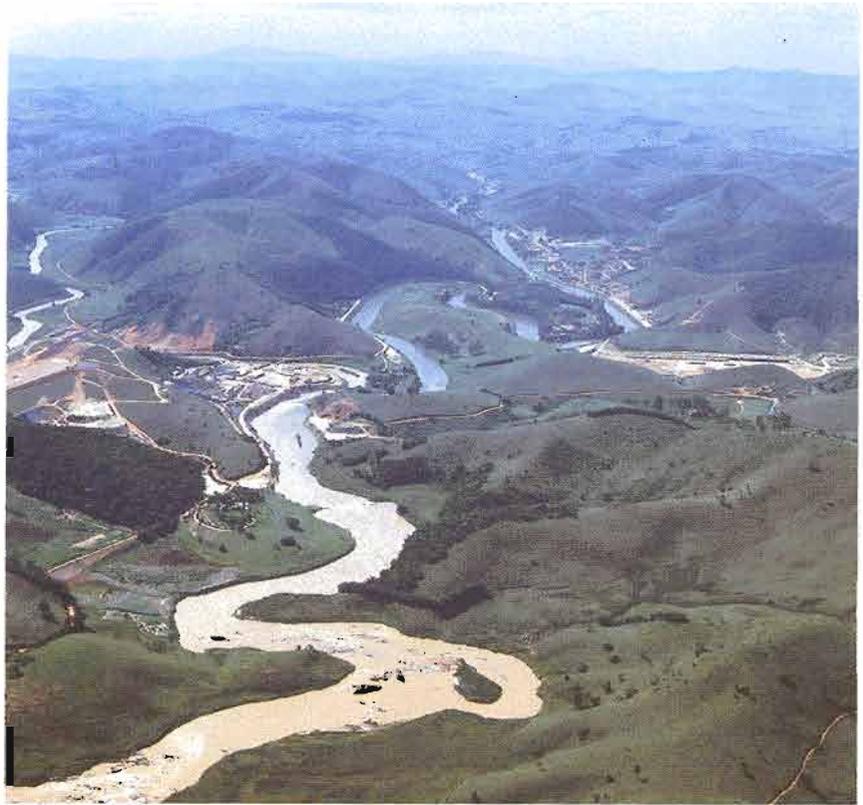
Se debe investigar sobre el desarrollo de técnicas de reconocimiento y control de las disfunciones de los ecosistemas, antes que éstos provoquen daños muy extensos o irreversibles. Esta labor puede ser facilitada por el estudio de los flujos de energía y de nutrientes en sistemas sencillos con problemas de alteraciones, pues se ha comprobado, por ejemplo, que en estas situaciones se presentan niveles fuertes de pérdida de nutrientes, lo que nos indica el interés que puede tener este control determinado en ciertos ecosistemas más amplios. El estudio de las respuestas de los ecosistemas y de los factores que las afectan, ante agresiones contaminantes, es básico para poder prevenir su defensa. Tiene especial importancia, dentro de este estudio, la capacidad de recuperación del ecosistema, pues con ella se puede conocer mejor su vulnerabilidad. Es de gran interés determinar los efectos de acciones intermitentes de los contaminantes de período de inacción corto, de forma que den al ecosistema poco tiempo de recuperación.

Algunos flujos de energía o de productos que entran en el ecosistema pueden reducir su capacidad de recuperación, pues agotan, en parte, los recursos de que dispone.

Es necesario el estudio profundo del uso de especies indicadoras de perturbación de los ecosistemas. Los estudios deberán basarse en el conocimiento de los procesos poblacionales y en el de las relaciones inter e intra comunidades, para poder indentificar rápidamente cualquier signo de disfunción ambiental.

Las interacciones de las especies deben ser otro objetivo de investigación, que proporcionará datos sobre las perturbaciones, pues toda alteración del ecosistema se reflejará de una forma u otra, y con mayor o menor intensidad, en todos los componentes del mismo, y entre ellos, en las interacciones citadas. Asimismo, las funciones de las especies proporcionarán datos ante las alteraciones que sufren como consecuencia de cualquier perturbación.

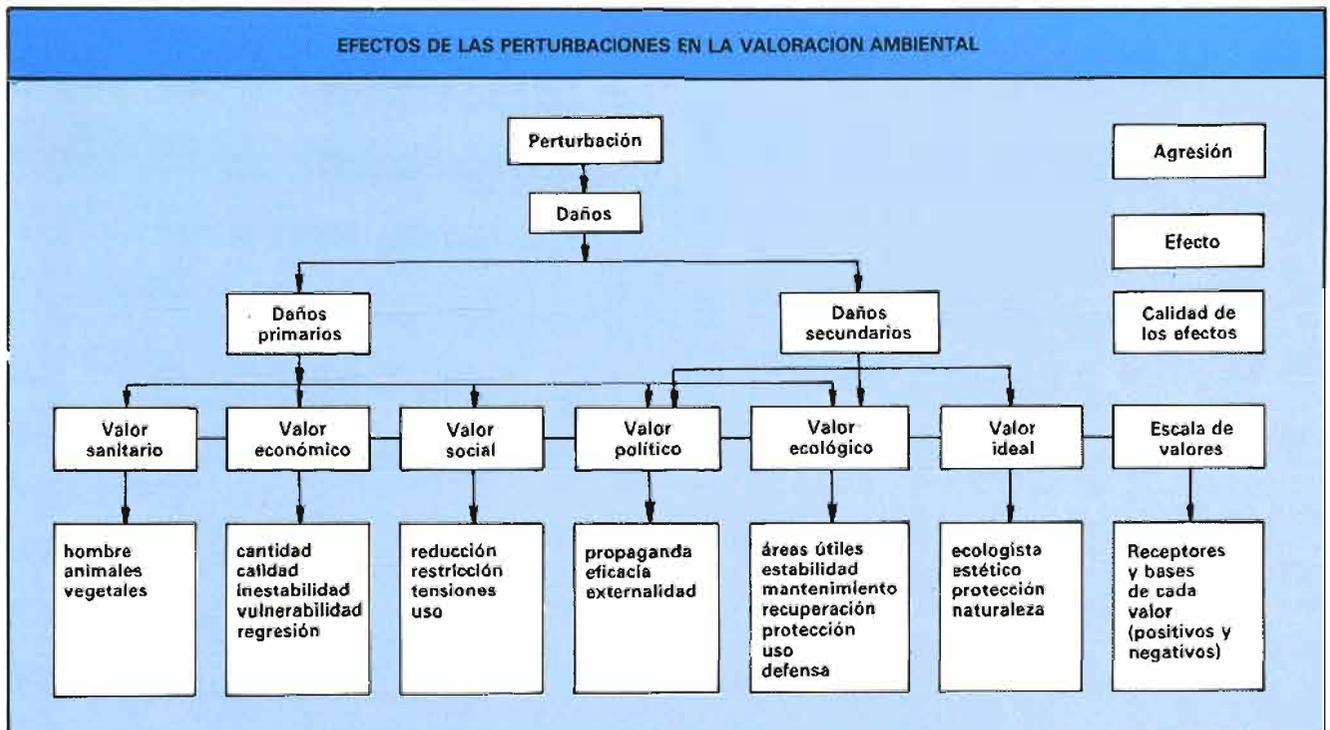
Por último, se debe investigar sobre los procesos y la estructura de aquellos ecosistemas que han sido sometidos a una presión humana mínima, con objeto de obtener datos básicos que serán muy útiles a la hora de interpretar los efectos de la contaminación ambiental sobre ecosistemas dañados. Entre estos procesos y estructuras podemos citar los ciclos biogeoquímicos (o mejor sus normas de acción), la productividad de las comunidades y la tolerancia de las especies a los agentes contaminantes.

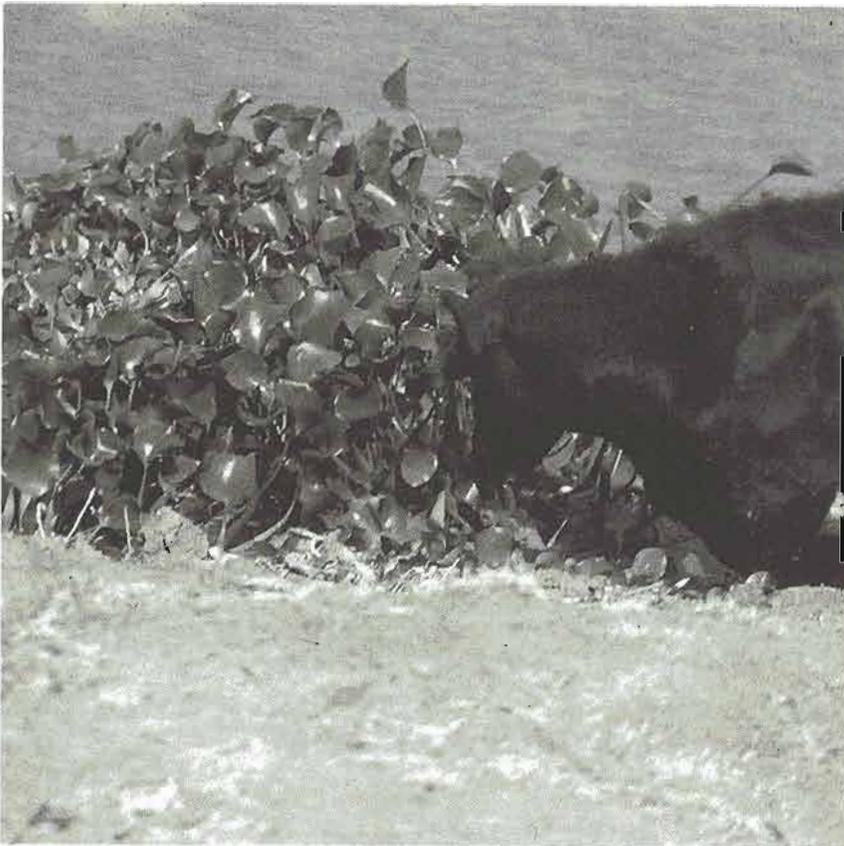


### Perturbaciones y dosis-respuesta

Los ecosistemas tienen cierta capacidad para resistir o asimilar perturbaciones que los alteren por diversos conceptos. La exposición es

un mecanismo de posible acción. Dentro de la exposición, la intoxicación y otras perturbaciones producidas por contaminantes son características típicas de los organismos. Una respuesta tóxica es propiedad





*Uso del ganado en aprovechamiento de vegetales acuáticos invasores (en áreas subtropicales) que, por otra parte, absorben fuertes cantidades de contaminantes del agua.*

individual de los seres vivos. Así pues, el impacto primario de un fuego, de una alteración climática o de un vertido contaminante afectan a comunidades o incluso a ecosistemas, pero los efectos secundarios y terciarios que, forzosamente, deben derivarse, se centran ya en los individuos receptores.

La perturbación primaria es función de la exposición al contaminante por ingestión directa o indirecta (con el alimento), por contacto con las superficies externas como la corteza de la piel, por inhalación (en respiración o en fotosíntesis) o por acción mixta de varias de estas vías.

La duración y el grado de exposición determinan el grado de perturbación, así como la respuesta orgánica.

Es importante el estudio de las dosis-respuesta, lo que lleva implícito el conocimiento amplio, a todos los niveles, del ecosistema (de su biocenosis), de los daños agudos, subagudos, crónicos, visibles e invisibles.

Los daños agudos se refieren a una sola dosis, los crónicos a exposiciones continuadas, los subagudos a situaciones mixtas, y los invisibles son aquellos que no se manifiestan externamente.

En la organización del ecosistema las exposiciones más agudas suelen ser episódicas e imprevisibles; no afectan a amplias zonas geográficas y no suelen ser repetitivas.

La contaminación crónica puede provocar la penetración profunda y la acumulación del agente perturbador y, por tanto, de sus efectos.

Las condiciones ecológicas del lugar de ubicación del ecosistema, son un factor digno de tener en cuenta, por lo que pueden afectar al mecanismo perturbador.

Asimismo, el individuo u organismo receptor, y el tipo o tipos de contaminantes, son elementos básicos en la capacidad del ecosistema para defenderse de la agresión, unos como elementos de su biocenosis y los otros como integrantes del ente perturbador.

Finalmente, influyen en la exposición, como mecanismo de la perturbación, ciertas actividades y funciones de los organismos receptores; por ejemplo, está comprobado que algunos vegetales desarrollan sistemas de defensa, como secreciones o aumento del número y tamaño de los tricomas o excrecencias pilosas.

### **Sensibilidad de los ecosistemas**

La sensibilidad es otro mecanismo de acción perturbadora o de defensa de los ecosistemas.

Los ecosistemas acuáticos son la mejor muestra para poder examinar la exposición a la contaminación y sus efectos. En estos sistemas, los contaminantes se diluyen y se disipan en el medio, siendo el agua el elemento propagador y distribuidor, y quien proporciona el contacto íntimo del agente contaminante con la mayoría de los organismos.

En el medio terrestre los contaminantes suelen aparecer inicialmente en el suelo o en las plantas, mientras que en el medio acuático el origen puede ser directo (vertidos) o indirecto (atmósfera o arrastres del medio terrestre).

Los ecosistemas terrestres, ante una agresión por contaminación, sufren los daños de la siguiente forma: aparece la perturbación en el suelo y pasa a los vegetales; se presenta en los vegetales directamente, o surge en los alimentos. Seguidamente, los invertebrados y los microorganismos del suelo los absorben e ingieren y pasan, por esta vía, al ecosistema. Las transformaciones metabólicas de los contaminantes por esos organismos, que son los niveles inferiores de las cadenas tróficas, son factores que influyen directamente sobre la persistencia (resistencia) y sobre la exposición.

Los ecosistemas más sensibles a una acción contaminante son aquellos que tienen elementos localizados en sus límites fisiológicos de tolerancia, y donde la disipación o dilución de los contaminantes se encuentra inhibida.

La sensibilidad de un ecosistema también puede ser función de exposiciones previas a otros contaminantes, o función de la acción sinérgica de varios de estos productos, pues estas acciones pueden reducir los posibles caminos de eliminación o de desintoxicación.

## Interacciones entre los ecosistemas y los agentes contaminantes

Las interacciones entre los ecosistemas y los agentes contaminantes son muy complejas, y como aclaración previa, estableceremos una clasificación básica de procesos en relación con su importancia respecto a la sensibilidad de los ecosistemas.

La respiración es el proceso más sensible en relación con la contaminación. Está sujeta a una amplia gama de perturbaciones que la afectan fundamentalmente inhibiéndola, como ocurre con ciertos productos químicos con la fosforilación oxidativa, o con la rotenona cuando altera el sistema de transporte de electrones, o con muchos contaminantes atmosféricos.

La asimilación metabólica o biosíntesis de los productos metabólicos se presta mucho a la interferencia por productos químicos. El ciclo de nutrientes, como acción metabólica, tiene la propiedad de la bioacumulación, capacidad necesaria, en muchos casos, para mantener la vida, como ocurre con el almacenamiento y la transmisión de las vitaminas. En unos casos pueden presentarse problemas, como los provocados por los productos orgánicos de acción persistente, y en otros, en principio no parecen existir alteraciones.

La captura y el aprovechamiento de la energía por la mayoría de las

plantas, a nivel de la productividad primaria, a través de la fotosíntesis, es otro proceso muy influenciado por los contaminantes, sobre todo por los productos químicos de origen orgánico y por ciertos contaminantes atmosféricos. Estos daños pueden operar por defoliaciones, por obstrucción, por interferencia sobre los cloroplastos...

El crecimiento y el desarrollo de los vegetales son procesos que pueden muy bien verse sometidos a acciones de contaminantes químicos, tanto a nivel de organismos como de poblaciones y comunidades. En el ecosistema puede hablarse, en esta situación, de agregar la diversidad genética y las sucesiones ecológicas.

La reproducción y, por tanto, la productividad de los ecosistemas, es sensible a innumerables agresiones, que comprenden desde perturbaciones de tipo biológico hasta la contaminación producida por productos orgánicos. Esto afecta a la mayoría de los organismos de las biocenosis, e incluso pueden presentarse casos de teratogénesis y mutaciones.

Las relaciones inter e intraespecíficas son básicas para la existencia de los organismos, de las poblaciones y de las comunidades, tanto en los animales como en los vegetales y microorganismos. Son procesos sensibles a muchas acciones externas, y ejemplos de ello pueden ser

los tropismos, el comportamiento social de muchos insectos, etcétera.

La disipación y la dilución de los contaminantes pueden ser consideradas como procesos dentro de los ecosistemas, pues de ellos depende en buena parte la capacidad de reacción de las biocenosis. Unos ecosistemas son más sensibles que otros a estas acciones, y ello se funda en las diferentes propiedades de los biotopos y de los propios contaminantes: propiedades de las superficies, difusión de gases, capacidad volátil, metabolismo, acción de la luz, acción del aire, etcétera.

## Reacciones de defensa de los organismos ante la contaminación

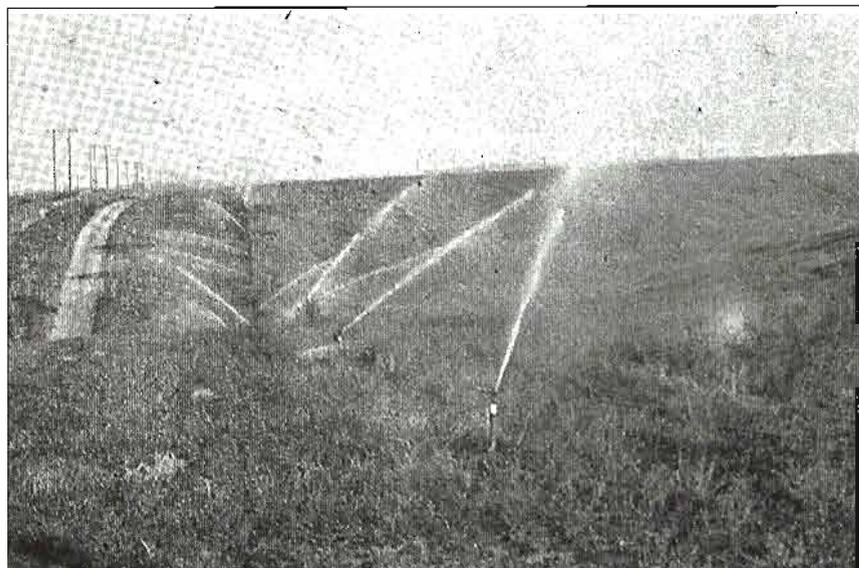
La biosfera, como conjunto complejo de seres vivos, de material inerte y de interrelaciones de todo tipo, desarrolla entre sus componentes ciertas capacidades de reacción ante las agresiones, sobre todo si son naturales, aunque las perturbaciones de origen antrópico también son recibidas con mecanismos de defensa de gran eficacia en muchos casos. La resistencia a los ataques pueden materializarse mediante acciones de protección muy diversas.

La autoprotección, evitando exposiciones agudas, es un buen camino de acción contra las perturbaciones. Muchos animales disponen del sistema más sencillo, que consiste en trasladarse a otros lugares cuando detectan una contaminación (si son capaces de ello) en un área determinada. Otros organismos disminuyen su actividad en esa situación (los bivalvos, por ejemplo) o se aíslan del exterior (los gasterópodos cierran su opérculo).

Existen organismos que sufren la perturbación precisamente en su capacidad locomotora, como ocurre con la *Daphnia*, que se inmoviliza por acción de ciertos contaminantes orgánicos.

El grado de absorción de productos nocivos puede reducirse mediante el poder de impermeabilidad que poseen muchas superficies externas de los organismos, por reducción de esa absorción o por la capacidad de algunas especies de poder transformar ciertos productos, en metabolitos menos nocivos.

Otra forma de resistencia es la detoxificación metabólica, sobre todo



Pastizales de gran extensión regados y fertilizados con aguas residuales agrícolas y urbanas.



cuando entran en función los contaminantes orgánicos. En este sentido, lo indicado en el párrafo anterior, referente a la formación de metabolitos, es exactamente la vía de detoxificación. Los mecanismos de transformación son la hidrólisis, la oxidación, la reducción o ciertas reacciones con componentes celulares normales, como los azúcares o los aminoácidos. Unos organismos utilizan unos sistemas y otros, otros; por ejemplo, los microorganismos aerobios son muy eficaces en la oxidación, mientras que los mamíferos y las plantas superiores actúan más con las reacciones con aminoácidos o con los azúcares.

La detoxificación metabólica puede generar productos de excreción de una especie que pueden ser nocivos para otra, fenómeno que se presenta con cierta frecuencia.

Por otra parte, ante contaminaciones y perturbaciones crónicas pueden presentarse o mejorar su actividad ciertas enzimas detoxificantes, y, por supuesto, pueden aparecer selecciones y resistencias genéticas.

En cierto modo, pueden considerarse también como formas de resistencia, la absorción físico-química de ciertos contaminantes por el suelo, o la disolución en lípidos (plaguicidas). En ambos casos, el producto agresor no pasa al animal o al vegetal o, si lo hace, no se presenta en

su ciclo metabólico y se almacena en ciertos tejidos.

La recuperación con sistema de protección es de gran interés, lo mismo que la adaptación.

La mayoría de los mecanismos de recuperación se localizan en los organismos y son, casi siempre, los mismos que los indicados en la resistencia.

Los organismos continúan eliminando el contaminante por detoxificación o excreción. Pueden presentarse la regeneración o pérdida de funciones, pero, en todo caso, las actividades física o bioquímica se reducen durante un período más o menos largo de tiempo.

Ciertas especies pueden retornar cuando ha desaparecido el contaminante. A corto plazo la recuperación es lenta y cambia la composición biótica; a más largo plazo se reconstruyen la diversidad, la productividad, los flujos de energía, etcétera.

Dependiendo de las restricciones de funcionamiento de cada organismo, alguno de ellos es capaz de adaptarse a situaciones repetidas o permanentes de contaminación. La inducción de enzimas tiene pocas posibilidades de actuar. Las respuestas morfológicas y tróficas pueden ser importantes.

A nivel de ecosistema las dificultades son similares y el resultado a largo plazo es que, para adaptarse, el ecosistema evoluciona hacia si-

tuaciones de menor estabilidad.

En el interior del ecosistema la vida se aleja de estados clímax en las especies más resistentes. Se modifica, en parte, su norma de vida ante las alteraciones; en los vegetales esto se puede manifestar aumentando la secreción de ceras, aumentando el grosor de la cutícula, produciendo más resinas, disminuyendo el número de estomas, aumentando el número de tricomas en los vestibulos de los estomas de ciertas especies (*Pawlonia*), etcétera.

Los animales se adaptan también a esas situaciones, como ocurre con diversas aves en la proximidad de las carreteras o en zonas urbanas.

Como resumen final, hemos de reiterar que la protección del medio natural mediante acciones puntuales selectivas es la única vía eficaz de actuación, vistos los numerosísimos problemas que se plantean a la hora de identificar las perturbaciones del medio sin un criterio de prioridades razonadas.

Es indudable que el medio natural sufre agresiones, que «se defiende» cuando puede y, en muchos casos, esa defensa no es suficiente, por lo que se degrada frecuentemente de forma irreversible. La actividad humana de protección del medio ha de entrar en liza, como mínimo, en ese momento, aunque lo ideal es prevenir las alteraciones antes de que causen daños irreparables. ■