

La ecotoxicología, una ciencia de hoy

Miguel A. Capó Martí

La Tierra ha proporcionado recursos a la sociedad humana para mantener la vida, pero cuando surgieron las altas concentraciones poblacionales con una actividad humana importante, empezaron a aparecer los distintos tipos de contaminación a causa de las aglomeraciones urbanas, entre ellos la contaminación del agua.

Al surgir la Revolución industrial en el siglo XIX, el equilibrio entre el hombre y la naturaleza se vio muy alterado por la contaminación surgida y la degradación del medio ambiente aparecida. Luego, se agravó cuando esa contaminación llegó a ocupar la extensión geográfica de todo el planeta, (Capó, 2002).

Denominamos ambiente no sólo al aire, sino al agua, suelo, alimentos, incluso fármacos; en resumen todo lo que rodea la vida del hombre y los animales.

El ecosistema se define como el conjunto de las condiciones del ambiente, de los organismos y de sus propias interrelaciones. Ya que un organismo no puede vivir aislado, pues depende de muchos otros y de unas determinadas condiciones que se dan a su alrededor, denominamos a ese conjunto: Complejo Ecológico. (Kormondy, 1994).

Un ecosistema, puede ser equiparado a un ser viviente que tenga equilibrio biológico potencialmente amenazado por la irrupción no habitual de factores biológicos, químicos y/o físicos. Se entiende, precisamente, por polución a esta irrupción de factores en el entorno que puedan afectar a las condiciones del biotopo, o sea, del sustrato inanimado ofrecido a la biocenosis (o conjunto de seres que viven en y del ecosistema). Por lo tanto, la polución puede afectar al equilibrio de un sistema ecológico,

alterando los mecanismos defensivos tanto del biotopo como de su biocenosis (Margalef, 1995).

Al hablar de polución suele interpretarse como si fuese la consecuencia de la actividad humana, y a menudo, se cae en el fácil simplismo de confundir industria y polución; con ello, se olvida que no todas las industrias son polucionantes y que también hay polución de origen natural, (por muy extraña que parezca esta afirmación).

Desde siempre ha habido polución en el medio ambiente. Al principio, se debía a los fenómenos naturales, como las tormentas de arena, erupciones volcánicas, etc., pero más tarde han sido las actividades humanas las que han empezado a influir considerablemente en la contaminación ambiental.

Truhaut (1975) estableció el término de ecotoxicología en sustitución al de toxicología ambiental, usada hasta entonces. La Toxicología Ambiental investiga la dosis sin efecto y parece más bien una ciencia de seguridad, es por lo que se ha propuesto para ella los nombres de Impunología, Akeraíología y Asfaletología, cuyo significado sin peligro, o con seguridad, no han tenido aceptación.

Posteriormente se quiso establecer una diferencia entre los dos conceptos (muchas veces no factible), designando a la ecotoxicología todo lo referente a la polución de los ecosistemas y a la toxicología ambiental, la polución originada por el hombre, (Duffus, 1983).

Paracelso, médico del siglo XVI, en su obra *Ensenveni*, ya relaciona el veneno con el entorno del hombre, y ahora que se cumple el sesquicentenario de la muerte del Dr. Orfila, podemos dar a la ecotoxicología un cariz evolutivo de la toxicología; por un lado, tenemos el tiempo, el cronos de la exposición o de la evolución, y por otro, la oportuna causalidad o kairos; lo fundamental es la dosis en el tiempo, ya que una dosis aislada no tiene sentido para este caso, (Capó, 2002).

La ecotoxicología es definida como "La ciencia que estudia la polución, su origen, evolución e interacciones con las moléculas que integran dinámicamente los ecosistemas, sus acciones y efectos sobre los seres vivos que forman estos ecosistemas, con su evaluación, como determinantes de criterios de ecología y profilaxis biológica o socioeconómica" (Sáenz Sánchez, 1974).

La ecotoxicología tiene como materia fundamental de estudio a la polución, sobre los sistemas bióticos en forma de toxicidad, alteración de especies, reducción de una determinada productividad, etc., puesto que no siempre un polutante se comporta como un tóxico neto, sino que puede suponer solo la creación de un nivel indeseable en un determinado ecosistema.

Considerando al polutante como un agente físico o una sustancia química que se encuentra en el ambiente y que tiene un efecto deletéreo sobre los organismos vivos, se puede destacar la obra de Moriarty, 1985, porque ya resalta la existencia de autores que distinguen entre contaminante y polutante; contaminante sería la sustancia generalmente resultante de la actividad humana sin que sea necesario que tenga efectos biológicos, mientras que se reserva el término polutante para la sustancia química que abarca ambas características, es decir, aparece como antropogénica y nociva (Moriarty, 1985).

En la ecotoxicología, los agentes físicos y los compuestos químicos se estudian más por su peligrosidad potencial que por su toxicidad relativa, aplicados a determinadas condiciones de exposición, para que tengan significado. Por ello, al hablar de nocividad, aparte del concepto semántico de toxicidad (propiedad inherente a un agente físico o a un compuesto químico de producir efectos indeseables cuando alcanza una concentración determinada en un lugar del organismo vivo), se debe tener en cuenta el concepto de toxicidad, es decir, la probabilidad de que produzca toxicidad, así como el riesgo o peligrosidad, determinado por la probabilidad de que ocurra una acción tóxica.

La ecotoxicología, como se ha señalado anteriormente, es un hecho antropogénico, y como tal está íntimamente ligado al hombre y su dinámica.

Los estudios ecotoxicológicos, se componen de tres secuencias, (Truhaut, 1975):

1. La liberación del polutante y abarcando su formación y la génesis en esas fuentes de polución, los medios y vías de transporte (suelo, aire, agua, alimentos, etc.), los factores que influyen en su difusión, sus absorciones geológicas y las posibles alteraciones de sus propiedades fisicoquímicas debidas a los diversos componentes abióticos del ecosistema, dando lugar a su acumulación o degradación, puesto que siempre debe tenerse presente que las transformaciones de las sustancias químicas, son funciones que realizan los ecosistemas, lo cual ha servido para que el hombre haya considerado el medio ambiente que le rodea como una gran cloaca, donde libera todas las sustancias residuales de su actividad, basándose en su capacidad de autodepuración, y que en los momentos actuales sabemos que es limitada.

2. El ingreso de los polutantes en el medio biológico, es decir, su entrada en las cadenas biológicas, alimentarias, de comunidad, etc., con cinéticas propias. Ecología dinámica.

Constituye la quimiocinética de los ecosistemas, como organización supraespecífica, (es decir, los sistemas de absorción de los polutantes por los seres vivos), su concentración, retención o biomagnificación, su dinamización y su reacción con los constituyentes orgánicos.

Una vez ocurrida la contaminación, el flujo de un polutante dentro de los ecosistemas está condicionado a varios factores bióticos y abióticos con características especiales, que condicionan su disipación, acumulación o destrucción.

Fue Cowles el que acuñó el término "ecología dinámica" para señalar que el medio ambiente está en constante cambio, cambio estructural, que es predecible y es el resultante de la modificación de organismos por el medio, los cuales se autolesionan por su capacidad de adaptación (Barnthouse, 1981). Podemos afirmar que la reacción biológica frente a los polutantes puede ocasionar también una readaptación del ecosistema por incremento de resistencias o tolerancias en ciertos organismos.

En este apartado se estudia el metabolismo y las transformaciones bióticas y el conocimiento de los patrones de transformación, teniendo siempre presente que muchos de los polutantes no son xenobióticos y la concentración es el determinante de su actividad deletérea.

Vida académica

En los estudios ecotoxicológicos concurren tres componentes íntimamente relacionados: el contaminante, el medio ambiente y el organismo vivo, (Nürnberg, 1985).

3. Calificación y cuantificación de los efectos patológicos sobre los seres vivos y sus ecosistemas, con las consiguientes deducciones epidemiológicas y profilácticas.

Constituye la ecotoxicidad propiamente dicha, es decir, la consecuencia de la acción originada por el contaminante sobre los seres vivos que forman los ecosistemas, sin considerar que dicho contaminante pueda hacer desaparecer a la mitad de los individuos de una especie (lo cual puede tener significación ecológica), sino a determinar el impacto ecológico que produce, ya que muchos contaminantes no tienen efecto sobre los organismos individualmente, pero su resultado ecológico es digno de tenerse en cuenta.

Hay que considerar que los ecosistemas naturales son un conjunto armónico consecuente con sus propios equilibrios biológicos, pero las sustancias químicas, en ocasiones pueden perturbar estos equilibrios y trastornar la citada armonía, alterando la capacidad de sobrevivir en las condiciones ecológicas producidas.

Ello hace que en la ecotoxicología no sea suficiente la evaluación de la toxicidad que se realiza en la toxicología convencional, ni aun considerando que, en la Ecotoxicología, los efectos tienden siempre a ser remotos. Indudablemente se necesita conocer los datos usuales en toxicología convencional, como son: 1º la toxicidad aguda de una sustancia representada por su DL50. 2º las alteraciones producidas por dosis subletales como prototipo de la capacidad de originar toxicidad diferida. 3º su interferencia con el proceso de reproducción en el ámbito de la fecundidad o su influencia en la inducción de cambios en el ADN celular.

Además de estos datos, en los estudios ecotoxicológicos debemos tener en cuenta la toxicidad de los contaminantes, pero no sobre poblaciones simples, ya que se ha comprobado que éstas no responden a las sustancias químicas de una manera natural en régimen de aislamiento, sino sobre poblaciones complejas.

Las interacciones de poblaciones requieren conductas y respuestas fisiológicas que no son puestas en evidencia en el aislamiento, (e incluso se ha

demostrado que el rango de las respuestas a las sustancias químicas es superior en los sistemas multispecies que en los sistemas de especie única) ya que en los primeros se refuerzan dichas respuestas y son de más fácil evaluación. Además, está comprobado que los posibles efectos de los compuestos químicos sobre los ecosistemas, (interacciones específicas, como son la dinámica comunitaria y dominio) no pueden ser detectados por pruebas de especie única.

Por ello, la ecotoxicología tiene una metodología experimental propia para la evaluación de los efectos de los contaminantes, aunque en realidad no está perfectamente confirmado que los microcosmos experimentales demuestren significativas respuestas a los agentes físicos y a las sustancias químicas, pero se considera que son orientativos.

La ecotoxicología también se caracteriza por llevar a cabo un diagnóstico evaluativo, que tiende a la predicción, y que se fundamenta en tres parámetros:

1. La determinación de la dosis del ambiente,
2. La evaluación de la carga y
3. La predicción del riesgo.

De forma habitual, en los estudios ecotoxicológicos se utilizan bioindicadores que alertan de posibles perturbaciones e indican la situación o la carga de un ecosistema. Su empleo, proporciona información rápidamente, cuando se utilizan, especies muy sensibles, denominados animales centinela.

Como fin primordial, la ecotoxicología busca el bienestar del hombre. Por ello, su misión es, tanto informar y alertar de la peligrosidad de las alternativas del desarrollo y de la degradación del medio ambiente, como prevenir, aportando datos para la toma de decisiones, con arreglo al cociente beneficio/riesgo, que siempre va ligado con la calidad de vida, (Stern, 1981).

La predicción en ecotoxicología se fundamenta sobre el concepto riesgo. Se define así a la frecuencia esperada de un efecto indeseable por exposición a un contaminante. Sin embargo, teniendo en cuenta que el ecosistema es capaz de regenerarse hasta ciertos límites, es determinante valorar factores como la bioconcentración, la biodinamización y la biodegradación, aparte de su producción, uso y dispersión.

Además, la ecotoxicología como ciencia predictiva, se apoya en otro concepto que es el de la seguridad, es decir, en la certeza práctica de que el uso de una sustancia química, en dosis y manera determinadas, no causa alteración irreversible del ecosistema. Como sabemos, no existe la seguridad absoluta y aceptando por tanto el criterio de seguridad relativa, el factor fundamental es la vigilancia, pues, en ecotoxicología, solo el estar alerta puede permitir descubrir lo que en toxicología convencional se denominan procesos preclínicos y subclínicos, (Suter, 1981).

La finalidad del ecotoxicólogo es aportar información sobre los peligros planteados por la presencia de sustancias tóxicas naturales o antropogénicas

en el ambiente. Esta información esta sujeta a dos limitaciones importantes: es imposible demostrar la ausencia de una sustancia tóxica, y es imposible demostrar que bajas concentraciones de sustancias tóxicas no ejerzan algún efecto en los organismos vivos.

Hoy se entiende el estado de salud como un perfecto equilibrio dinámico entre el hombre y su ambiente, en su triple acepción: fisicoquímica, social y económica, y por ello la ecotoxicología es una ciencia en la que se impone el coprofesionalismo.

Bibliografía

1. Barnhouse, L. W. (1981).- Methods for ecological Toxicology. Ann. Arbor. Sci., Nueva York.
2. Capó, M.A. (2002).- Principios de Ecotoxicología. Diagnóstico, Tratamiento y Gestión del Medio Ambiente. Ed- McGraw-Hill. Madrid.
3. Duffus, J. H. (1983).- Toxicología Ambiental. Ed. Omega. Barcelona.
4. Kormondy, E. J. (1994).- Conceptos de Ecología. Alianza Editorial. Madrid.
5. Margalef, R. (1995).- Ecología. Ed. Omega. Barcelona.
6. MoriartyORIARTY, F. (1985).- Ecotoxicología. El estudio de contaminantes en ecosistemas. Ed. Académica, S.L. León.
7. Nürnberg, H. W. (1985).- Pollutants and their ecological significance. Ed. J. Wiley & Sons. New York.
8. Sanz Sánchez, F. (1974).- Sentido y Posibilidades de la Toxicología Ambiental. Discurso de Apertura del Curso Académico 1974-75. U.C.M.
9. Stern, P. (1992) Global Environment Change. Understanding the Human Dimensions. National Research Council. Washington, DC, p.25; En M. LUDEVID (1996).- El cambio global en el medio ambiente. Introducción a sus causas humanas. Marcombo. Boixareu Editores. Barcelona.
10. Suter, G. W. (1981).- Methods for Ecological Toxicology. Ann. Arbor. Sci., Nueva York.
11. Truhaut, R. (1975) Ecotoxicology. A New Branch of Toxicology: A General Survey of its Aims Methods, and Prospects. En A.D. McINTYRE y C.F. MILLS (eds.) (1975).- Ecological Toxicology Research: Effects of Heavy Metal and Organohalogen Compounds. Plenum Press. New York.