

## LOS EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES ORGANICOS PERSISTENTES EN HUMANOS. ESTRATEGIAS DE ESTUDIO DESEABLES.

### Joan O. Grimalt

Departamento de Química Ambiental. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona "Josep Pascual Vila". Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Se entiende por contaminantes orgánicos persistentes aquellos compuestos químicamente estables, de volatilidad media, que son hidrófobos y tóxicos. Para la estabilidad química ello supone una vida media del orden de diez años o más, ante los posibles fenómenos de degradación ambiental. En cuanto a la volatilidad, su tensión de vapor es suficiente para ser transportados por vía atmosférica, aunque no tan alta que pueda acumularse en suelos y organismos. Por otra parte, su elevada hidrofobicidad da lugar a que se acumulen en la materia orgánica de suelos y sedimentos y en los tejidos de los organismos vivos. Finalmente, sus propiedades tóxicas han sido generalmente constatadas en animales experimentales y, en algunos casos, en humanos.

Dentro de este grupo de compuestos hay que mencionar un gran número de moléculas orgánicas con sustituyentes de cloro, por ejemplo los policlorobifenilos (PCBs), DDTs, hexaclorobenceno, toxafenos, clordano, aldrin, mirex, dieldrin, endrin, dioxinas/furanos, hexabromobifenil y pentaclorofenol. Estos compuestos han sido fabricados en su gran mayoría debido a sus propiedades insecticidas o fungicidas (por ejemplo, los DDTs, toxafenos, aldrin, pentaclorofenol, etc.) o a sus propiedades interesantes (por ejemplo la alta resistencia térmica de los PCBs). Un grupo especial lo constituyen las dioxinas, que provienen de la combustión, aunque ciertos procesos industriales (por ejemplo algunos tipos de blanqueados de pasta de papel) las pueden generar en cantidades significativas. Algunas dioxinas también fueron sintetizadas para uso militar. Además de estos compuestos clorados, dentro del grupo de los contaminantes orgánicos persistentes también se encuentran los hidrocarburos aromáticos policíclicos, que en su mayoría provienen de la combustión.

Todos estos compuestos se pueden agrupar de forma conjunta debido a sus propiedades químicas, que dan lugar a una gran capacidad de llegar a zonas remotas, donde nunca fueron utilizados, una vez introducidos en el medio ambiente. También pueden entrar en las cadenas tróficas, incluyendo la humana.

Su origen es diverso, incluso controvertido. En este sentido, la historia del DDT es emblemática. Dicho compuesto ha constituido uno de los insecticidas más eficaces fabricados por el hombre. No cabe duda de que el DDT ha salvado millones de vidas, ya que fue un agente esencial para acabar con el mosquito *Anopheles*, transmisor del paludismo. El DDT ha tenido incluso un papel clave en la preservación de muchos espacios naturales. Las medidas progresistas de tratamiento de estas zonas en los siglos XVIII, XIX y principios del XX consistían en secarlas y dedicarlas a usos agrícolas. El Delta del Ebro, las Tablas de Daimiel, el Parque de Doñana, por citar algunos ejemplos, eran zonas conocidas por sus condiciones de vida dura, entre las que se incluía la incidencia del paludismo. Esta perspectiva cambió al eliminarse el agente transmisor de la enfermedad. Ahora los humedales son zonas muy apreciadas porque son de los pocos hábitats en los que se preservan comunidades importantes de vertebrados silvestres. Y en el ámbito europeo constituyen las estaciones necesarias para la vida de muchas aves migratorias.

Sin embargo, el DDT, debido a su estabilidad, se ha extendido por todo el planeta y ha entrado en las cadenas tróficas de la mayoría de organismos superiores, produciendo daños de diversos tipos, cuya etiología todavía resulta difícil de determinar. Puede decirse que la constatación temprana de los estragos causados por el DDT constituye, en cierto modo, la semilla que inició el movimiento ecologista. En el año 1962, Rachel Carson escribió un libro, *Silent Spring*, que aludía al hecho de que algún día, al llegar la primavera ya no existirían pájaros, debido a que habrían desaparecido como consecuencia del uso del DDT. A esta primavera sin pájaros R. Carson la llamó *La Primavera Silenciosa*. El libro removió muchas conciencias y constituye una piedra angular del desarrollo del pensamiento ecologista. De hecho, se constató que el DDT se iba esparciendo por todas las zonas del planeta, con posibles efectos sobre distintos organismos. Entre otros problemas, las cáscaras de muchos huevos de pájaros disminuían en grosor, con lo que la capacidad de supervivencia de las crías era menor. Por todo ello, en el año 1972 se prohibió el uso del DDT en la mayoría de países desarrollados, aunque algunos de ellos se reservaron el derecho de utilizarlo con finalidades sanitarias cuando fuese necesario. Existe en la actualidad una multitud de insecticidas de menor estabilidad química que se utilizan alternativamente. Entre ellos también hay que mencionar compuestos específicos destinados a eliminar selectivamente especies de insectos, como por ejemplo las feromonas.

El DDT quizá constituye el caso más anecdótico entre los compuestos antes mencionados, pero se pueden relatar historias parecidas acerca de muchos otros compuestos. Los PCBs constituyeron, realmente, otro gran invento de la industria química. Sus propiedades como dieléctricos y su gran resistencia térmica los hacían ideales para la utilización como refrigerantes de transformadores y como aditivos a muchos productos para darles resistencia a la combustión. Lamentablemente, la misma gran estabilidad química que los hacía tan interesantes y seguros desde el punto de vista de su utilización, constituía el origen de su efecto a largo plazo sobre el medio ambiente. Hoy en día los PCB también se encuentran distribuidos ampliamente por todo el planeta y tienden a acumularse en zonas en que no se habían usado nunca.

El fenómeno de la distribución planetaria de los compuestos orgánicos persistentes es quizá uno de los ejemplos que justifican más claramente la máxima de *Piensa globalmente, actúa localmente*, ya que el uso local de dichos compuestos tiene efectos globales que pueden llegar a ser más intensos en zonas alejadas de los puntos de uso.

En los años 80 parecía que el problema de los compuestos orgánicos persistentes ya había quedado resuelto, debido a que la mayoría de países desarrollados prohibieron su uso. Poco a poco, otros países se unieron a dicha medida. Sin embargo, a finales de los años 90 se ha constatado que dichos compuestos continúan ampliamente distribuidos por el planeta y que en algunas zonas su concentración sigue aumentando. Ello ha dado lugar a multitud de iniciativas, por ejemplo las de la UNECE, para conocer de manera más clara su origen, sus mecanismos de transporte y acumulación y sus posibles procesos de eliminación en el medio ambiente.

Referente a la toxicología, nos encontramos con el hecho de que la persistencia de dichos compuestos en los tejidos humanos (por ejemplo, en sangre, en concentraciones de 10 µg/L de DDE y de 1 µg/L de hexaclorobenceno o PCBs) y los efectos tóxicos descritos en relación con muchos de ellos plantean la necesidad de estudiar en qué medida la exposición a los mismos presenta un riesgo para la salud.

Sin embargo, es evidente que no se puede establecer una extrapolación directa a partir de los resultados de investigación toxicológica con animales y los niveles de exposición en humanos. Semejante tipo de aproximación metodológica da lugar a planteamientos alarmistas que no se corresponden con datos constatables desde el punto de vista de la práctica médica. Tales planteamientos conllevan conclusiones del tipo *enmienda a la totalidad* que, aunque pueden parecer muy contundentes en un momento dado, corrientemente se convierten en estériles al no poder dar lugar a iniciativas concretas de actuación.

Los resultados toxicológicos obtenidos con animales experimentales son útiles para conocer los efectos agudos de los compuestos examinados. Sin embargo, son difícilmente extrapolables a condiciones de exposición crónica en humanos. En primer lugar, el metabolismo de la gran mayoría de animales experimentales es mucho más rápido que el de los humanos. En segundo lugar, las concentraciones de contaminantes a las que se somete a dichos animales son muy superiores, especialmente si se considera su masa corporal. En tercer lugar, los intervalos de tiempo de exposición con animales experimentales son mucho más cortos, debido a restricciones obvias de condiciones de experimentación, tiempos de duración razonable de los estudios, tiempo de vida de los animales y otras consideraciones.

Otro aspecto que cabe mencionar es la necesidad de definir qué compuestos dan lugar a qué efectos. El agrupamiento de compuestos orgánicos bajo el nombre de “compuestos orgánicos persistentes” u otras denominaciones como “compuestos organoclorados”, etc. dan lugar a atribuciones generalistas, que no son correctas. Por ejemplo, dentro del campo de los hidrocarburos aromáticos policíclicos es harto conocido que algunos tienen importantes efectos cancerígenos y otros no. Es necesario establecer adecuadamente las relaciones causa-efecto para poder emprender las acciones adecuadas.

Todas estas consideraciones plantean que el avance real en el conocimiento de la exposición crónica de los humanos a compuestos orgánicos persistentes se conseguirá a partir de la interacción entre estudios analíticos, clínicos y epidemiológicos. Los primeros proporcionan los datos de referencia de dosis internas necesarios para caracterizar con la menor ambigüedad posible los niveles de exposición; los segundos proporcionan los datos clave de los diversos efectos sobre la salud observados (mutagenicidad, disrupciones endocrinas, etc.) y los terceros ponen en un contexto de población general o de poblaciones específicas la significación de los resultados observados.

Ante la preocupación general que existe en la sociedad sobre el impacto de los contaminantes en la salud como consecuencia de patrones alimentarios, régimen de vida, contaminación ambiental, etc. la comunidad científica debe proporcionar datos claros y precisos sobre los diversos problemas. Éstos datos permitirán, realmente, aportar soluciones.

Lo contrario, es decir, las carreras generalizadas para *decir algo a los medios de comunicación* ante sucesos puntuales, por ejemplo, una contaminación alimentaria (como hemos vivido recientemente en el contexto europeo), resulta patético y no sirve más que para constatar la enorme falta de conocimientos de la comunidad científica respecto al problema. A su vez, alimentan una desconfianza profunda de la sociedad ante los mensajes con intenciones tranquilizadoras de las autoridades.

## **Bibliografía**

- R. Carson (1962) *Silent Spring*. Houghton Mifflin. Boston. Existe una version en castellano: *La primavera silenciosa*. Caralt. Barcelona. 1964.
- P. Fernández, R.M. Vilanova and J.O. Grimalt (1999) Sediment fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons in European high altitude mountain lakes. *Environ. Sci. Technol.* **33**, 3716-3722.
- R.L. France, D.G.C. Muir and M.D. Segstro (1997) Regional patterns in organochlorine contamination of saxifrage from Ellesmere Island in the high Arctic (77-81°N). *Environ. Sci. Technol.* **31**, 1879-1882.
- C. Herrero, D. Ozalla, M. Sala, R. Otero, M. Santiago-Silva, M. Lecha, J. To-Figueras, R. Deulofeu, J.M. Mascaró, J.O. Grimalt and J. Sunyer (1999) Urinary porphyrin excretion in a human population highly exposed to hexachlorobenzene. *Arch. Dermatol.* **135**, 400-404.
- R. Otero, M. Santiago-Silva and J.O. Grimalt (1997) Hexachlorocyclohexanes in human blood serum. *J. Chromatogr. A* **778**, 87-94.
- M. Porta, N. Malats, M. Jarrod, J.O. Grimalt, J. Rifà, A. Carrato, L. Guarner, A. Salas, M. Santiago-Silva, J.M. Corominas, M. Andreu and F.X. Real (1999) Serum levels of organochlorine compounds and K-ras mutations in exocrine pancreatic cancer. *Lancet* **354**, 2125-2129.
- M. Sala, J. Sunyer, R. Otero, M. Santiago-Silva, C. Camps and J.O. Grimalt (1999a) Organochlorine in the serum of inhabitants living near an electrochemical factory. *Occupational Environmental Med.* **56**, 152-158.
- M. Sala, J. Sunyer, R. Otero, M. Santiago-Silva, D. Ozalla, C. Herrero, J. To-Figueras, M. Kogevinas, J.M. Antó, C. Camps and J.O. Grimalt (1999b) Health effects of chronic high exposure to hexachlorobenzene in a general population sample. *Arch. Environ. Health* **54**, 102-109.
- R. Simo, J.O. Grimalt and J. Albaiges (1997) Loss of unburned-fuel hydrocarbons from combustion aerosols during atmospheric transport. *Environ. Sci. Technol.* **31**, 2697-2700.
- J. To-Figueras, C. Barrot, M. Rodamilans, J. Gómez-Catalán, M. Torra, M. Brunet, F. Sabater and J. Corbella (1995) Hexachlorobenzene accumulation in human tissues: a longstanding risk. *Hum. Exp. Toxicol.* **14**, 20-23.
- J. To-Figueras, M. Sala, R. Otero, C. Barrot, M. Santiago-Silva, M. Rodamilans, C. Herrero, J.O. Grimalt and J. Sunyer (1997) Metabolism of hexachlorobenzene in humans: Association between serum levels and urinary metabolites in a highly exposed population. *Environ. Health Perspec.* **105**, 78-83.
- F. Wania and D. Mackay (1996) Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environ. Sci. Technol.* **30**, 390A-396A.