

Fernando Jaramillo Juárez
Q.F.B.M. en C. (Fisiología)
Departamento de Fisiología y Farmacología
Centro Básico
Programa de Investigaciones Biomédicas Básicas

LOS PLAGUICIDAS Y SUS RIESGOS

Hoy en día, el peligro de la contaminación por sustancias químicas que afectan al hombre y a los animales, lo encontramos en el aire, en el agua y en los alimentos que consumimos.

Para ninguno de nosotros son desconocidos los problemas de contaminación ambiental de las grandes ciudades, por ejemplo, el aire contaminado que en esos sitios se respira a causa de los gases y humos que arrojan continuamente automóviles y fábricas. Por otra parte, no podemos ignorar el hecho de que año tras año son arrojadas sobre la superficie de la tierra toneladas de herbicidas, fungicidas, insecticidas, etc., que si bien es cierto que su objetivo es el de elevar la producción de alimentos, también es cierto que todos estos compuestos químicos representan toxones potenciales para el hombre, ya que su presencia residual en los alimentos, permite su ingreso al organismo humano y facilita de este modo su interacción con el organismo que los ha ingerido.

Plaguicidas, pesticidas, agentes biocidas, etc., son denominaciones dadas a ciertas sustancias químicas, naturales o sintéticas, destinadas a destruir, controlar o combatir de algún modo a las plagas. Los principales agentes de intoxicación entre los plaguicidas son los insecticidas, ya sean los empleados en la agricultura, sean los de uso doméstico o los utilizados en lugares públicos. Químicamente, pueden ser clasificados en tres grandes grupos: Los organoclorados, los inhibidores de la colinesterasa (organofosforados y carbamatos) y las piretrinas

naturales y sintéticas. En el cuadro No. 1 se dan algunos ejemplos de estos compuestos.

Después de la última guerra mundial, la industria química ha tenido un gran desarrollo, y con éste la producción de los insecticidas sintéticos. Todos los plaguicidas son sustancias tóxicas, pudiendo su uso presentar o no peligro para el ser humano. La seguridad que se puede tener en su uso está directamente relacionada con la toxicidad del compuesto, el grado de contaminación y el tiempo de exposición hacia él. Por lo tanto, el problema principal acarreado por los plaguicidas es su utilización indiscriminada, sin preocupación alguna con la seguridad.

Cabe también considerar que esas sustancias no presentan especificidad o toxicidad selectiva. Así, los raticidas no solamente matan a las ratas sino a cualquier otro animal que los ingiere. Los insecticidas, además de los insectos nocivos, eliminan también insectos útiles y otros invertebrados, peces, animales silvestres y domésticos y hasta al mismo hombre.

Muchos de ellos son extremadamente tóxicos y otros, además de tóxicos, contaminan el ambiente, ya que persisten, durante mucho tiempo en el suelo y, posteriormente, se acumulan en el hombre y en otros animales.

Casi siempre, la toxicidad de esos productos es evaluada con base en la dosis letal media (DL_{50}). Sin embargo, ese criterio es insuficiente, ya que sólo proporciona información acerca de la toxicidad aguda de una

PLAGUICIDAS	EJEMPLOS
Insecticidas Organoclorados	DDT, BHC, DDD, Metoxicloro, Lindano, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Heptacloro, Mirex, Mitran y Toxafeno.
Insecticidas Organofosforados	Bromofos, Malatión, Triclorfon, TEPP, Diazinon, Diclorvos, Dimetoato, Gution, Fenitrothion, Fention, Paratión, Azinfos, Fosfamidon, Formotion.
Insecticidas Carbamatos	Carbarilo, Dioxacarb, Meobal, Aldicarb, Carbofuran, Metomil, Terbutol, Oxamil.
Insecticidas Piretroides	Altrin, Permetrin, Resmetrin, Piretrina, Tetrametrin, Bioresmetrin, Cismetrin, Deltametrin.
Fungicidas y Herbicidas	Sales de cobre, compuestos mercuriales orgánicos, Ametrin, Atracina, Bromacil, Butrizol, Paraquat, Diaquat, Metoxuron.

Cuadro No. 1 Ejemplos de Plaguicidas.

sustancia química sobre determinada especie animal, dejando de indicar posibles alteraciones que pueden aparecer luego de la exposición prolongada hacia ella, con la absorción continua de dosis pequeñas. Tampoco proporciona información sobre riesgos de lesión en órganos específicos o sobre posibles efectos mutagénicos, teratogénicos, carcinogénicos, neurotóxicos y conductuales. De hecho, aún se conoce poco sobre la toxicidad global de esas sustancias, principalmente como posibles agentes de intoxicaciones crónicas.

La contaminación del hombre por los plaguicidas se presenta de forma directa o indirecta. La primera es consecuencia de la exposición en que se mantienen los trabajadores de las industrias que sintetizan estos compuestos o del manejo de esas sustancias por las personas que las aplican (agricultores, jardineros, fumigadores y operarios de campañas de salud pública). La forma indirecta resulta de la exposición del conjunto de la población a los plaguicidas, sea por causa de accidentes, sea por la contaminación del medio ambiente, sea por los residuos de estas sustancias en los alimentos o como consecuencia de aplicaciones indiscriminadas de los plaguicidas¹.

En los países subdesarrollados, estos productos son la causa de graves intoxicaciones y de un considerable número de muertes en los seres humanos. Sin embargo, los problemas anteriores sólo representan la parte visible del iceberg. En efecto, como ya se ha mencionado, un fenómeno muy preocupante es la acción de esos productos a largo plazo sobre la salud del hombre. David Pimentel², de la Universidad Cornell, resume como sigue los posibles efectos de los plaguicidas sobre la salud: pueden provocar perturbaciones de la actividad eléctrica del cerebro, inducen alteraciones neurológicas, producen secuelas siquiátricas y pueden desencadenar problemas

semejantes a la enfermedad de Parkinson. Otros efectos que pueden generar son alteraciones de la fórmula sanguínea, alergias y afecciones hepáticas.

Entre los insecticidas orgánicos sintéticos, los que más persisten en el medio ambiente son los organoclorados. Algunos llegan a permanecer en el suelo durante años después de su aplicación. Los insecticidas organoclorados son absorbidos por vía oral, respiratoria y dérmica. Su mecanismo de acción no es completamente conocido, pero se sabe que afectan al sistema nervioso, tanto al periférico como al central. El DDT parece ser uno de los compuestos más tóxicos de estos insecticidas, actúa preferentemente sobre el cerebelo y la corteza motora del SNC (Sistema Nervioso Central), causando una hiperexcitabilidad característica, temblores, debilidad muscular y convulsiones³.

Los plaguicidas organoclorados son solubles en grasas. Por ello, estos compuestos se depositan en la grasa de los animales, incluyendo la del hombre y son acumulables, esto es, en cada exposición mayor cantidad se acumula en el tejido adiposo. Capaces de atravesar la placenta también son potencialmente teratogénicos.

Siyali y Stricker⁴ analizaron, en 1974, muestras de leche y sangre materna, placenta y sangre del cordón umbilical de 50 mujeres del área metropolitana de Sydney

- 1.- Duque Zambrone F.A., Coelho Santiago J.P. e Alves Aldo: *Defensivos Agrícolas ou Agrotóxicos?*; Ciencia Hoje, Vol. 4, No. 22, Págs. 42-52, 1986.
- 2.- Pimentel D., *An Environmental Pollution by Pesticides*, C.A. Edwards (ed.), Plenum Press, 1973.
- 3.- Dreisbach H.R.: *Manual de Toxicología Clínica*; 5a. Edición, Págs. 85-93, Edit. El Manual Moderno, 1984.
- 4.- Siyali D.S. and Stricker P.: *Placental Barrier Reduces Pesticide Intake to Fetus*; The Medical Journal of Australia, Pág. 285, Feb. 1974.

(Australia). En todas las muestras se encontraron residuos de DDT, BHC y Dieldrín, aunque las concentraciones de estos insecticidas fueron menores en la sangre fetal (sangre del cordón) que en la sangre materna. Estos investigadores señalan que los residuos totales de insecticidas organoclorados se relacionan con las cantidades de grasa encontradas en los tejidos que fueron analizadas.

En la agricultura, los insecticidas organoclorados han sido ampliamente utilizados. Sin embargo, debido a su persistencia y a que los insectos comenzaron a desarrollar resistencia hacia ellos, tales sustancias vienen siendo abandonadas o proscritas en algunos países como Alemania y Estados Unidos. Compuestos como el BHC y el DDT también han tenido grande aplicación en los hogares. Frecuentemente, los productos agropecuarios de países tercermundistas destinados a la exportación han sido rechazados por los países altamente desarrollados debido a los altos niveles de insecticidas organoclorados que contenían.

En México, la Comarca Lagunera es una zona agrícola de gran importancia debido a que en ella se dedican grandes extensiones de tierra a una gran variedad de cultivos, en particular, el algodón. Por ello, durante los últimos 40 años se han aplicado en esta zona, grandes

cantidades de diversos plaguicidas, en especial, organoclorados. Albert L.A. y Alpuche L⁵ estudiaron recientemente, en 1988, los residuos de plaguicidas organoclorados presentes en muestras de huevos de gallina procedentes de la Comarca Lagunera. En todas las muestras analizadas se encontraron residuos de estos agentes tóxicos. El número de compuestos por muestra fluctuó de 3 a 8. Los compuestos identificados con mayor frecuencia fueron el DDT y sus productos de degradación, así como el epóxido de heptacloro. Todas las muestras tuvieron DDT. Las concentraciones promedio de pesticidas encontradas en los huevos fueron inferiores a los límites recomendados por la FAO (Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura) y la OMS (Organización Mundial de la Salud). Sin embargo, al comparar estos resultados con los de un trabajo preliminar realizado en 1976 en la misma región, se advierte que en este último estudio se encuentran mayores concentraciones de DDT y de DDE, y un mayor número de plaguicidas por muestra. Estos datos indican un aumento en la contaminación por plaguicidas en la zona estudiada, la cual puede deberse a la bioacumulación de estos compuestos.

Los compuestos organofosforados y los carbamatos, también conocidos como inhibidores de la

acetilcolinesterasa, son de los insecticidas más utilizados. Absorbidos por las vías dérmica, digestiva y respiratoria, su toxicidad es variable. Los efectos que producen son atribuidos principalmente a la inhibición, en el organismo, de la enzima acetilcolinesterasa, lo que produce una acumulación de acetilcolina, importante transmisor de impulsos nerviosos o neurotransmisor. Debido a ello, el funcionamiento de glándulas, músculos y del sistema nervioso, resulta afectado. Tanto los organofosforados como los carbamatos causan intoxicaciones agudas graves, siendo, probablemente, los insecticidas que provocan mayor número de defunciones. Los carbamatos se diferencian de los organofosforados por tener una acción inhibidora de la acetilcolinesterasa más corta, debido a su rápida degradación en el organismo. Algunos carbamatos, especialmente los ditiocarbamatos, provocan reacciones alérgicas cutáneas y causan neoplasias en animales de laboratorio.

Los compuestos organofosforados fueron desarrollados inicialmente como agentes químicos de guerra. El uso anual de los insecticidas organofosforados en la agricultura se incrementó considerablemente después de 1970, aunque este incremento ha disminuido en la década de los años de 1980. Particularmente, el paratión y el malatión son ampliamente utilizados⁶. El consumo del paratión representó aproximadamente más del 45% de 11,000 toneladas de insecticidas organofosforados que se consumieron por año en México de 1981 a 1983^{7,8}.

A causa de su uso masivo en la agricultura, en el hogar y en el control de las plagas de los jardines, los pesticidas organofosforados son considerados contaminantes ambientales. También en este caso, la exposición de la población puede ocurrir a través del consumo de alimentos contaminados con residuos de pesticidas organofosforados, por el contacto con áreas

5.- Albert L.A. y Alpuche L.: *Plaguicidas Organoclorados en Huevo de Gallina Procedente de la Comarca Lagunera-México*; *Rev. Soc. Quím. Méx.* Vol. 32, No. 6, Págs. 195-203, 1988.

6.- WHO, *Organophosphorus Insecticides: A General Introduction. Environmental Health Criteria 63. The International Programme on Chemical Safety.* World Health Organization, Geneva, 1986.

7.- FAO/WHO, *Pesticide Residues in Food. Report of the 1983 Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.* FAO/WHO, Rome, 1984.

8.- FAO/WHO, *1983 Evaluations of Some Pesticide Residues in Food.* FAO/WHO, Rome, 1984.

tratadas con estos compuestos o mediante el uso doméstico en casa. Los organofosforados cuando se utilizan para usos domésticos frecuentemente son la causa de accidentes graves. En un estudio realizado por Albert L.C. et al.,⁹ en 1979, fueron encontrados residuos de insecticidas organofosforados, en concentraciones superiores a los límites establecidos por la FAO, en diversos productos agrícolas de nuestro país.

Los compuestos organofosforados también son capaces de cruzar la placenta y de afectar los tejidos fetales. Fish A.S.¹⁰ informó, en 1966, haber encontrado disminuida la actividad de la acetilcolinesterasa de la corteza cerebral en embriones de ratas con 7 a 10 días de embarazo, cuando las madres fueron tratadas con diisopropilfosfofluoridato (DFP), paratión y metilparatión. Con estos resultados, el autor de este trabajo señala que los insecticidas organofosforados anteriormente mencionados cruzaron la placenta y llegaron hasta el feto.

Jalando un poco de agua hacia nuestro molino, podemos mencionar que en el Centro Básico de la UAA hemos realizado algunos estudios relacionados con la toxicidad a largo plazo del paratión. En efecto, sabiendo que este pesticida es un compuesto que cruza la placenta y se distribuye en los tejidos fetales, así como también que la eliminación de esta sustancia se realiza en los mamíferos por vía renal, nos propusimos analizar si se modifica la capacidad para eliminar al insecticida paratión en ratas sometidas a dosis bajas de este compuesto durante su vida intrauterina, y además, investigar la acción de este insecticida sobre la actividad de algunos enzimas que participan en procesos importantes de la función renal. Encontramos que el proceso de eliminación del paratión se realiza con mayor velocidad en los animales provenientes de ratas tratadas con esta sustancia durante el período de gestación. Por otra parte, encontramos disminuida la actividad

de la ATPasa total, a expensas de la disminución en la actividad de la ATPasa-Mg⁺⁺ dependiente, en la corteza renal de ratas que estuvieron en contacto con el paratión durante su vida intrauterina,^{11,12}.

Los compuestos organofosforados también provocan algunos efectos de aparición retardada como la parálisis por desmielinización de nervios periféricos. Recientemente, se han descrito casos de alteraciones en el funcionamiento de la musculatura cardíaca.

Finalmente, las piretrinas son ésteres que fueron extraídos originalmente del género *Chrysanthemum*. En los últimos años han sido desarrolladas varias clases de piretrinas sintéticas, los piretroides, bastante estables a la luz y, por lo tanto, factibles de ser usados en la agricultura.

Piretrinas y piretroides se emplean en muchas formulaciones de insecticidas para uso doméstico debido a su acción rápida. En general, estos compuestos son considerados como los insecticidas más inocuos porque su toxicidad primaria es baja. La escasa toxicidad de las piretrinas en los mamíferos se

debe principalmente a su rápida biotransformación por hidrólisis de ésteres, hidroxilación o ambas. A diferencia de los mamíferos, los organismos acuáticos son extraordinariamente sensibles a los piretroides¹³.

Piretrinas y piretroides son compuestos alérgenos que desencadenan frecuentemente episodios de asma o de bronquitis en los niños. Las propiedades alérgicas de los piretroides son notables en comparación con otros plaguicidas, y se han comunicado numerosos casos de dermatitis por contacto y de alergia respiratoria. Las personas sensibles al polen son especialmente propensas a estas reacciones. Con los preparados que contienen piretroides sintéticos es menor la probabilidad de que se produzcan reacciones alérgicas que con los que se preparan con polvo de piretrinas.

El mecanismo de acción de estas sustancias no es conocido, pero todo indica que afectan al sistema nervioso, lo que las hace capaces de producir convulsiones y parálisis. Actúan sobre las membranas de las neuronas de manera semejante a como lo hace el DDT.

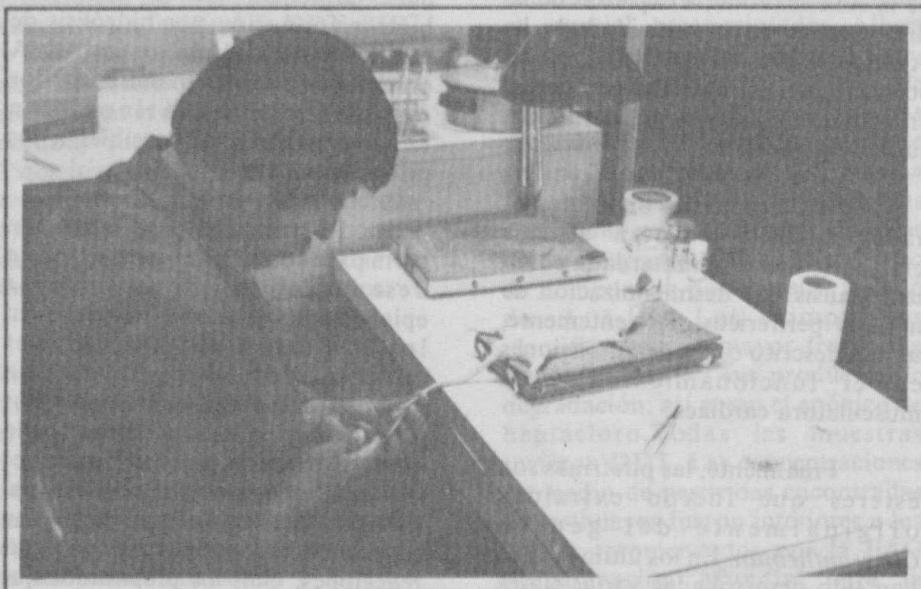
9.- Albert L.A., Martínez M.G. y González M.E.: *Residuos de Insecticidas Organofosforados en Algunos Alimentos Mexicanos*; *Rev. Soc. Quím. Méx.* Vol. 23, No. 4, Págs. 189-196, 1979.

10.- Stewart A. Fish: *Organophosphorus Cholinesterase Inhibitors and Fetal Development*; *Am. J. Obst. Gynec.*, Vol. 96, No. 8, Págs. 1148-1154, 1966.

11.- Jaramillo J.F. y Reyes J.L.: *Intrauterine Exposure to Parathion Increases Its Disposition Rate in Postnatal Life*; *Biol. Neonate*, Vol. 57, Págs. 200-206, 1990.

12.- Jaramillo J.F. Posadas del Rio F.A., Reyes J.L., Rodríguez M.L., Sánchez E.I. and Cuellar L.H.: *Effects of Intrauterine Exposure to Parathion on the Activity of Renal ATPases in Offspring*; *Journal of Applied Toxicology*, Vol. 9, No. 6, Págs. 401-405, 1989.

13.- Klaassen Curtis D.: *Tóxicos Ambientales no Metálicos; en las Bases Farmacológicas de la Terapéutica de Goodman y Gilman*, 7a. Edición, Cap. 70, Pág. 1554, 1988.



El problema de la contaminación por plaguicidas requiere que hagamos a un lado actitudes catastrofistas y que nos aboquemos a analizar e implementar medidas que contrarresten y controlen, o eliminen, la contaminación generada por estas sustancias.

Afirman los expertos en la materia que sería conveniente que en todos los países existiera una legislación adecuada que regulara el uso de los pesticidas. Además, de que se implementaran centros de control toxicológico encargados de supervisar y de llevar a la práctica las disposiciones legales de regulación sanitaria, ya que sin esto, las leyes son de poca ayuda.

En noviembre de 1985, durante el curso de su conferencia bianual, los 158 países miembros de la FAO adoptaron un código internacional voluntario destinado a reglamentar el comercio y la utilización de los plaguicidas. En este documento se invita a los gobiernos a que regulen y supervisen la aplicación de los plaguicidas. Exhorta, también, a los productores de pesticidas a emplear recipientes y envases que no puedan ser reutilizados, y les pide que indiquen claramente, de ser posible en la lengua del país consumidor, la toxicidad y los riesgos entrañados

por el abuso en el empleo del producto ¹⁴.

Se requiere también evitar el empleo de los productos más peligrosos, sobre todo aquéllos que han sido proscritos o que están rigurosamente controlados en el mundo occidental. Restringir la propaganda engañosa que presenta a los plaguicidas para uso agrícola y, sobre todo, los destinados para uso doméstico, como sustancias inofensivas y atóxicas.

Hay quienes consideran que lo más sensato sería recurrir a los métodos naturales, procurando conocer mejor la biología de los insectos, hierbas dañinas y roedores, para combatirlos mejor.

El establecimiento de programas de vigilancia en el uso de pesticidas que incluyan a profesionistas de áreas relacionadas (médicos, agrónomos, veterinarios y especialistas en salud pública) con la efectiva participación de los agricultores, y de la población en general, será fundamental para la solución definitiva de este problema.

14.- Bouguerra M.L.: *Los Pesticidas y el Tercer Mundo*; *Mundo Científico*, Vol.6, No. 59. Págs. 697-707, 1988.