

Plaguicidas como Contaminantes¹

J.E. García*

RESUMEN

Sin desconocer el aporte brindado por los plaguicidas a la humanidad en el combate de plagas, tanto en el sector agropecuario como en el control de vectores de enfermedades en humanos, se resaltan algunos caracteres inherentes de los plaguicidas como contaminantes. Se define el concepto de contaminante y posteriormente se señalan y desarrollan algunos caracteres de los plaguicidas en ese contexto. Se incluyen aspectos básicos relacionados con su dinámica en el ambiente, los criterios de clasificación toxicológica y la importancia de los productos metabólicos, así como el creciente valor de los llamados ingredientes inertes.

Palabras clave: Plaguicidas, toxicología, dinámica, ambiente, contaminación, metabolitos, ingredientes inertes.

INTRODUCCION

Los plaguicidas son sustancias utilizadas con la finalidad de reducir poblaciones de organismos que alcanzan el estatus de plaga. Así, se pueden aumentar los rendimientos de la producción agropecuaria, resguardar las cosechas y protegerlas de otros males, como son las enfermedades transmitidas por ciertos vectores. Sin embargo, la produc-

ción, formulación y utilización de estos productos determinan, en mayor o menor grado, peligros y consecuencias indeseables para el ambiente y la economía, los cuales han sido ya tratados por diversos autores (Brenes 1991; Bull 1989; Castillo *et al.* 1989; Cordero y Ramírez 1979; Chediak *et al.* 1983; Fonseca 1991; García 1989, 1992, 1993b; Georghiou y Lagunes 1991; Grier 1992a; Hilje *et al.* 1987; Pimentel y Andow 1984; Pimentel y Edwards 1982; Pimentel *et al.* 1980; Ramírez y Ramírez 1980; Richardson 1991; Thrupp 1990a, 1990c.).

Plaguicidas como contaminantes

Un plaguicida es un contaminante cuando la concentración de su formulación, incluyendo aquellos productos provenientes de su síntesis —así como los coadyuvantes, aditivos y los llamados ingredientes inertes— o sus productos de degradación, en un momento y lugar dados, puede producir más daños que beneficios.

A continuación se destacan algunas circunstancias en que los plaguicidas actúan como contaminantes:

- ◆ En la mayoría de los casos, la reacción que se provoca al aplicar un plaguicida para controlar una plaga, no está de acuerdo con la intención de aplicarlos.

Plaguicida -----> Plaga

Sino que más bien ocurre de la siguiente manera:

Plaguicida -----> Plaga + Ambiente

- ◆ La dinámica y las características propias de gran parte de las plagas, así como las limitaciones inherentes de algunas formulaciones y técnicas de aplicación, reflejan la existencia de una eficiencia baja del sistema, que se caracteriza por el desperdicio (Freed y Weilmuenster s.f.). Así, de acuerdo con investigaciones realizadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), entre

¹ Recibido para publicar el 23 de noviembre de 1993.

Se agradece al Ph D Bernal Valverde del Área de Fitoprotección del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), así como al M Sc Gilbert Fuentes de la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica, por la revisión y las sugerencias para este trabajo. De igual manera a la Licda Marta Camacho y al Lic Carlos Marín de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), por la revisión filológica.

* Convenio de Cooperación UNED(OEC y CMA)-UCR/Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA). Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, C.R.

97% y 99% de los plaguicidas aplicados no cubren todos los organismos que se desea combatir. Otras investigaciones han corroborado estos resultados, señalando que, en la mayoría de los casos, la cantidad de los plaguicidas aplicados que afectan las plagas es menor del 0.1% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidades de insecticidas aplicados (%) que alcanzan a las plagas.

Plaga	Cultivo	Porcentaje (%)
Afidos	Haba	0.03
Chinches	Cacao	0.02
Mariposa blanca (<i>Pieris rapae</i>)	Col rizada	0.003
Gusanos <i>Heliothis</i>	Sin especificar	0.000 0001

Fuente: Pimentel y Levitán 1986.

Por lo tanto, un elevado número de plaguicidas aplicados según las técnicas actuales se distribuyen en el ambiente circundante y extienden sus efectos tóxicos inherentes (Fig 1). La magnitud de estos efectos colaterales indeseables depende de factores como: la toxicidad de la sustancia, el grado de sensibilidad de los organismos en contacto y el modo de manipulación.

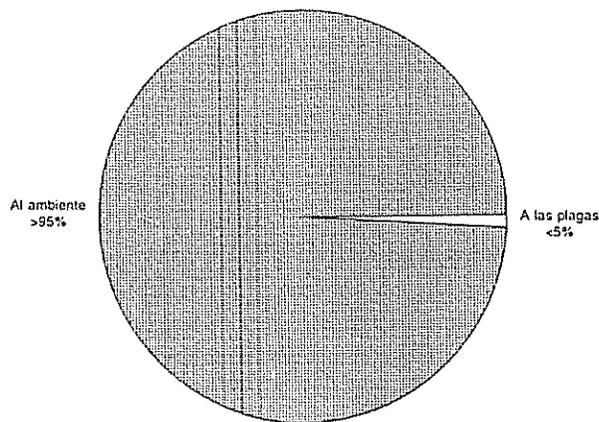


Fig. 1. Porcentaje de plaguicidas que permanece en el ambiente.

◆ A partir del momento de la aplicación de los plaguicidas sobre las áreas de interés, éstos, al igual que cualquier sustancia química en el ambiente, siguen una dinámica de transporte y difusión específica, la cual depende de sus características físico-químicas, del sustrato en el cual se encuentran, de las condiciones ambientales predominantes, del tipo de aplicación y de las múltiples interacciones entre estos y otros factores (Environmental dynamics...1975; García 1987).

◆ La dinámica de los residuos de plaguicidas en el ambiente es en extremo compleja y está, generalmente, asociada a los procesos de volatilización, adsorción y percolación experimentados por estas sustancias. Puede afirmarse que las principales fuentes de dispersión de los plaguicidas en el ambiente son provocadas por desviaciones durante su aplicación, volatilización, erosión eólica de partículas del suelo con residuos de plaguicidas adheridos, erosión hídrica (lluvias o riego) de las capas superficiales del suelo con residuos de plaguicidas, lavado de los residuos localizados sobre las superficies de aplicación, lavado pluvial o labores de riego por aspersión de los residuos que se encuentran en el aire (Environmental dynamics...1975; Freed 1979; García 1993c).

◆ Estas sustancias se encuentran en el aire como vapores, partículas suspendidas o adheridas a partículas de polvo y, también, como una combinación de esas formas mencionadas. Los plaguicidas pueden ser transportados por el viento y las corrientes de agua a grandes distancias, contaminando áreas y organismos en lugares donde nunca se habían aplicado. La importancia del proceso de volatilización en la dinámica de los plaguicidas en la atmósfera se refleja al comprobar que, en algunos casos, los porcentajes de pérdida alcanzan hasta más de 90%, 24 horas después de su aplicación (Cuadro 2).

Desde un punto de vista práctico, la dinámica de ciertos plaguicidas en el aire adquiere una importancia relevante. Por ejemplo, en Australia se ha estimado que 75% de los daños originados por aplicaciones de herbicidas se deben a sus vapores (Thompson 1983). En Costa Rica, se ha informado también de daños causados por ciertos herbicidas como el 2,4-D sobre cultivos sensibles como papaya, tomate y macadamia sembrados en áreas aledañas a cultivos sobre los cuales se hicieron las aplicaciones (Soto 1993). Una manera de estimar las cantidades presentes de estas sustancias en el aire consiste en analizar las precipitaciones pluviales (Cuadro 3).

Cuadro 2. Pérdidas por vaporización de plaguicidas dentro de las primeras 24 h después de la aplicación.

Plaguicida	Sustrato (%)	Pérdida
Insecticidas		
Mevinfos	Girasol y remolacha azucarera*	hasta 89
Lindano	Girasol y remolacha azucarera*	hasta 54
	Avena**	47
	Frijol**	53
	Suelo**	25
Pirimicarb	Sin especificar*	más de 90
Herbicidas		
Atrazina	Girasol y remolacha azucarera*	hasta 46
Pendimetalina	Remolacha azucarera*	hasta 87
	Soja*	hasta 80
	Girasol*	hasta 51
Zimazina	Suelo**	< 1
	Frijol**	< 1

* En condiciones de campo (Neururer y Womastek 1992).

** En condiciones ambientales controladas (Rüdel y Waymann 1992).

La concentración promedio de los plaguicidas en el aire ha sido estimada en 0.01 mg/m³ (Wilkening *et al.* 1992). La volatilización de los plaguicidas del suelo hacia la atmósfera es también influida por el contenido de humedad del suelo. Se conoce que plaguicidas aplicados sobre suelos secos se adsorben fuertemente a sus partículas, con lo cual baja la presión de vapor de estas sustancias y se inhibe significativamente su volatilización (Taylor 1978).

◆ El comportamiento de la difusión y el grado de percolación de los plaguicidas en los suelos depende-

Cuadro 3. Concentraciones máximas de residuos de plaguicidas en muestras de precipitación pluvial.

Plaguicida	Concentración (µg/l)
DDT (incluyendo metabolitos)	108.2
Fenitrotión	77.0
Alaclor	5.8
Atrazina	5.5
Metolaclor	2.5
Cianazina	2.2
Butilato, carbofurán, fonofos, pendimetalina, simazina, toxafeno	0.5 de c/u

Fuente: Siebers *et al.* 1991; von Oberwalder *et al.* 1991.

rá tanto de sus propiedades físicas y químicas (textura, materia orgánica, profundidad, pendiente, otras) como de su interacción con las propiedades del plaguicida (solubilidad en agua, adsorción al suelo, vida media) (Environmental dynamics...1975; Edwards 1966; Edwards 1973; Funari *et al.* 1991; Gerstl 1991; Loch 1991).

◆ Por lo general, se trata de sustancias con poder tóxico, cuyos efectos no se limitan a controlar los organismos alcanzados ante el estatus de la plaga, sino que también afectan cualquier organismo sensible en el ambiente y que llegue a tener contacto, directo o indirecto, con los ingredientes de la formulación empleada o con alguno de sus productos de degradación (Briggs 1992; Ramade 1987).

◆ Los plaguicidas pueden producir cuatro tipos de intoxicaciones en los organismos: sobreagudas (minutos u horas de evolución), agudas (días), subagudas (semanas) y crónicas (meses o años). En relación con la tabulación de las intoxicaciones humanas, se reconoce que en la mayoría de los casos se da un subregistro significativo, especialmente en las intoxicaciones crónicas (Davies s.f.; García 1989; Jeyaratnam 1990; Wesseling *et al.* 1988).

El efecto tóxico que pueda causar la formulación de un plaguicida depende básicamente de tres factores:

- grado de toxicidad de los diferentes componentes de la formulación y sus posibles interacciones;

- grado y tipo de exposición a la formulación durante el manejo y aplicación (dosis y área de exposición); y
- grado de susceptibilidad de los organismos durante el contacto con estas sustancias, sus productos de degradación o ambos.

Se recalca que si bien los países industrializados consumen la mayor parte de los plaguicidas en el mundo, el mayor número de intoxicaciones a causa de ellos se registra en los países en vías de desarrollo (Bull 1989; Jansen 1985; Jeyaratnam *et al.* 1982; Jeyaratnam 1990).

◆ A diferencia de los plaguicidas de primera generación, gran parte de ellos son de poca persistencia en el ambiente, pero su acción tóxica es inmediata y más concentrada. Por eso, algunos de los efectos negativos colaterales en el ambiente son ahora más evidentes que en el pasado, especialmente las manifestaciones relacionadas con las intoxicaciones agudas.

En cuanto a las intoxicaciones crónicas con plaguicidas, la dificultad en detectarlas estriba, por una parte, en la validez científica de las extrapolaciones de los resultados de los experimentos realizados con animales; por otra, en el tiempo que transcurre antes de que aparezcan las primeras manifestaciones sintomáticas. Estas no son exclusivas de los efectos tóxicos de esas sustancias sino que pueden ser provocadas por otras causas o por la interacción de diversos factores (Davies s.f.a). En el caso de exposiciones prolongadas con productos organofosforados, ocasionalmente, llegan a producir neurointoxicaciones atrasadas, en humanos y en animales (Ishikawa 1973; Ishikawa *et al.* 1983; Susuki e Ishikawa 1974; Uga *et al.* 1977).

En cuanto a los efectos específicos de los plaguicidas sobre la salud, se recomienda consultar a Hilje *et al.* (1987); Maroni y Fait (1993) y Mott y Snyder (1987), así como las revistas especializadas (Contact Dermatitis, American Journal of Epidemiology, Journal of Chronic Diseases y Journal of Occupational Medicine y Toxicology).

◆ En comparación con los llamados ingredientes activos, es escasa la información sobre la toxicología de gran parte de los coadyuvantes y de los llamados ingredientes inertes en las formulaciones de los plaguicidas. La razón es que éste es un campo de estu-

dio y discusión relativamente nuevo en la ciencia de los plaguicidas y, por lo tanto, los datos que se tienen para la mayoría de sustancias con respecto de su actividad, dinámica y efectos negativos en el ambiente como contaminantes, son escasos (Arden 1991; Cox 1992; Dugan 1992; Grier 1992a, 1992b; Pegg 1992).

Como un ejemplo de los coadyuvantes con consecuencias negativas, puede citarse el surfactante polioxietilenoamina (POEA), que adicionado a las formulaciones de ciertos herbicidas —como el glifosato— ayuda al ingrediente activo a penetrar mejor la cutícula de las malezas. Su toxicidad aguda es tres veces mayor que la del glifosato. Se sabe también que algunas formulaciones de este producto están contaminadas con 1,4-dioxano, una sustancia con potencial cancerígeno en animales (O'Brien 1990).

◆ La disposición y destrucción de plaguicidas en mal estado, remanentes, recipientes vacíos, recolección de derrames, desechos, basuras provenientes de su elaboración y formulación; así como la utilización de los envases vacíos y demás remanentes de las aplicaciones, constituyen un problema de contaminación, si su manipulación no es adecuada (Freed s.f.). Existen propuestas y lineamientos generales para dar soluciones técnicas a estos problemas —como las directrices de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)— pues, a menudo, se desestiman por negligencia, ignorancia o por el costo económico que implica su práctica.

◆ Los plaguicidas modernos tienden a provocar un efecto tóxico más concentrado que los de las primeras generaciones. Así, los plaguicidas como el herbicida metsulfurón-metil es efectivo a partir de dosis pequeñas de ingrediente activo como 4 g/ha, lo que facilita los procesos de producción, almacenamiento, transporte y aplicación. Sin embargo aumentan los riesgos y la magnitud de los problemas por accidentes y errores al preparar las soluciones.

◆ En muchos países, el criterio principal para establecer las clases toxicológicas de los plaguicidas se basa en la toxicidad aguda oral y dérmica en las ratas, de acuerdo con los valores de las DL₅₀. Pero no considera los efectos tóxicos de las formulaciones en los demás miembros de las cadenas alimentarias. En este sentido, varios plaguicidas, especialmente algunos herbicidas (diurón, fenoxaprop-etil, linurón, propanil, simazina y otros) y fungicidas (benomil, captan, cloroneb, clorotalonil, mancozeb y otros) clasifi-

cados como ligeramente tóxicos (banda verde) o moderadamente tóxicos (banda azul) para mamíferos, son, por el contrario, cientos de veces más tóxicos en organismos acuáticos y de otros tipos (Briggs 1992), (Cuadro 4).

Cuadro 4. Concentraciones letales en ratas (DL_{50} oral) y organismos acuáticos (LC_{50}).

Plaguicida	DL_{50} oral en ratas (mg/kg)	LC_{50} en organismos acuáticos (mg/l)
Atrazina (H)	1 869-3 080	4 5-100
Fenoxaprop-etil (H)	2 357-2 500	0 36-3 18
Propanil (H)	1 285-1 483	4 8-14
Benomil (F)	> 10 000	0 17-4 2
Clorotalonil (F)	> 10 000	0 25-0 43
Mancozeb (F)	> 8 000	3 5->40

Fuente: Perkow 1985; The British . 1987.

Este hecho refuerza la importancia de considerar la sección de Medidas para la Protección del Ambiente en la etiqueta de los agroquímicos, así como la necesidad de actualizar permanentemente los conocimientos de sus usuarios.

◆ La mayoría de los estudios sobre la dinámica de los residuos de plaguicidas en un sustrato específico se limita al análisis de los residuos de la sustancia original. Se obvia o se desconoce la existencia e importancia, inclusive toxicológica, de los productos metabólicos, y su conjugación y de los no-extraíbles (*bound-residues, non-extracted residues*), que son especies químicas de residuos de plaguicidas originales, o de algunos de sus metabolitos, que no pueden extraerse por los métodos usuales de análisis sin alterar significativamente la naturaleza (Huber y Otto 1983; Kaufman *et al.* 1976; Kovacs 1986; Roberts 1984). Lo mismo sucede con otros residuos que, por medio de los procesos de volatilización, adsorción, absorción o erosión eólica, únicamente se fijan muy fuerte en un sustrato determinado o son trasladados hacia otros lugares (Rouchaud y Meyer 1982). Esto hace que, a menudo, no se consideren estos hechos, ya que al hablar de degradación, no se hace referencia a la desaparición o degradación completa de la

sustancia original, sino más bien a una parcial, referida a las cantidades y calidades de los residuos remanentes originales y disponibles que se extraen con el método de análisis empleado para ese propósito

Cuadro 5. Toxicidad diferencial entre plaguicidas originales y algunos metabolitos.

Sustancia original/metabolito	DL_{50} * de la sustancia original (mg/kg)	DL_{50} del metabolito (mg/kg)
Acefato/metamidofos	945	30
Carboxin/oxicarboxin	3 820	2 000
Aldicarb/SO-aldicarb	0.9	0.9
Paration/paraoxon	3.3	1.4
Malation/malaoxon	2 600	308

* DL_{50} por ingestión oral en ratas

Fuente: Rouchaud y Meyer 1982

Hay estudios que han demostrado la importancia, desde el punto de vista toxicológico, de algunos de los metabolitos de las sustancias originales. Por ejemplo se conoce la toxicidad mayor o semejante de los metabolitos oxicarboxin, metamidofos, SO-aldicarb, paraoxón y malaoxón provenientes de las sustancias originales carboxin, acefato, aldicarb, paration y malation respectivamente (Cuadro 5).

CONSIDERACIONES FINALES

El empleo de los plaguicidas conduce inevitablemente hacia una mayor o menor contaminación del ambiente, de acuerdo con las circunstancias. Es posible que ésta y sus peligros inherentes son más críticos en los países en desarrollo que en los industrializados. En los primeros, por lo general, aumenta el riesgo estimado, por una serie de factores.

Entre estos factores pueden citarse; desnutrición, ausencia de controles eficaces de fiscalización, reglamentación deficiente, políticas crediticias, falta de ética profesional o de capacitación y educación de los sectores relacionados con estas sustancias (fabricantes, comerciantes, agricultores, médicos, agrónomos, otros), analfabetismo, escasas medidas de seguridad, por parte de las personas que manipulan estas sustancias, debido a factores económicos o climáticos, constante propaganda y estrategias de ventas po-

co éticas en la comercialización de agroquímicos; así como mayor utilización de sustancias altamente peligrosas (restringidas o prohibidas en los países donde las fabrican), por la falta de opciones económicamente viables (Bull 1989; Christakis *et al.* s.f.; Davies s.f.b.; García 1993a.; Gomero y Von Hildebrand 1990; Pesticides...1982; Pestizide...1985; The pesticide... 1993; Pills, pesticides... 1982).

El uso de plaguicidas es, sin duda, imprescindible en muchos casos. Sin embargo, los estudios realizados recomiendan la aplicación de las técnicas del manejo integrado de plagas (MIP) para reducir significativamente el uso de estos agroquímicos. De ese modo, de acuerdo con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, la aplicación correcta de esas técnicas puede reducir la presencia de estas sustancias en el mundo hasta un rango de 50%-75% (UNEP 1987). Un manejo integrado de plagas considera y aplica métodos de combate con menor efecto negativo en el ambiente. Se pueden mencionar: el control biológico, el aprovechamiento potencial de la flora y la fauna benéficas, la siembra de cultivos resistentes o con cierto grado de tolerancia a las plagas, el uso de prácticas culturales, tales como la rotación de cultivos, y la siembra de cultivos mixtos (García y Fuentes 1992; van Alebeek 1989).

Es necesario seguir mejorando las técnicas, los métodos y las estrategias de aplicación de estas sustancias, para disminuir, en lo posible, la contaminación del entorno.

La problemática descrita no sólo afecta a la población agrícola, más expuesta a los efectos de los plaguicidas, sino que también el ambiente y, a la comunidad en general, por la contaminación de alimentos, agua, suelo, y aire. Ello acarreará transformaciones en los diferentes sistemas ecológicos.

La aplicación de plaguicidas debe efectuarse con las condiciones necesarias de control o minimización de sus efectos negativos, mediante el empleo correcto, el pleno conocimiento de sus consecuencias y la evaluación de los costos ambientales y sociales presentes y futuros.

La evaluación del uso seguro de un plaguicida en relación con la población y el ambiente depende de los conocimientos sobre su toxicidad, del tipo de organismo y el grado de exposición. Con frecuencia

no es posible hacer estimaciones confiables en ese sentido si se fundamentan en criterios simples (Riley 1993).

El empleo adecuado de los plaguicidas evitará total o parcialmente algunos de sus efectos indeseables sobre el usuario y su familia, la explotación agropecuaria, el consumidor y el ambiente, en general; también significará un ahorro de dinero, entre otros.

LITERATURA CITADA

- ARDEN, C. 1991. What you don't know can hurt you: Secret ingredients in pesticide products. Eugene, Or., Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides (NCAP). 39 p.
- BOUND AND conjugated pesticide residues. 1976. D.D. Kaufman, G.G. Still, G.D. Paulson, S.K. Bandal (Eds.). Washington, D C American Chemical Society. ACS Symposium Series no. 29. 396 p.
- BRENES, L. 1991. Pérdidas millonarias por rechazo de exportaciones. La Nación, San José (C.R.); agosto. 19:5-A.
- BRIGGS, S.A. 1992. Basic guide to pesticides: Their characteristics and hazards. Hemisphere Publishing Washington Corporation. 283 p.
- BULL, D. 1989. Futuro incierto: Los plaguicidas y los pobres del Tercer Mundo. Cayambe, Ec., Abya-Yala, FEPP, Fundación Natura. 342 p.
- CASTILLO, L.; WESSELING H., I.; HIDALGO, C.; MORA, F.; BRAVO, V. 1989. Diagnóstico sobre el uso e impacto de los plaguicidas en América Central: Informe de Costa Rica. Heredia. Proyecto Universidad Nacional Autónoma (UNA)/Consejo Superior Universitario de Centroamérica (CSUCA)/Ministerio de Cooperación para el Desarrollo del Gobierno de Noruega. San José, C.R., Universidad Nacional Autónoma de Centroamérica, Departamento de Publicaciones. 288 p.
- CHEDIAK, R.; BENZEKRY, T.; MORA, P.; LOPEZ, E.; DEL BELLO, J.C. 1983. Problemas del desarrollo y la transferencia de tecnología agropecuaria: El caso de los plaguicidas. San José, C.R., Proyecto COS 81/T01, Programa sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas. 182 p.
- CHEMISTRY, AGRICULTURE and the environment. s.f. M.L. Richardson (Ed.). Cambridge, U.K., The Royal Society of Chemistry. 546 p.
- CHRISTAKIS, G.; KURTZ, C.; FORDYCE, M.K.; FREED, V.H.; DAVIES, J.E. s.f. Interacciones de nutrición y de plaguicidas. In J.E. Davies, V.H. Freed, F.W.

- Whittemore (Eds.) Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. OPS. Oficina Regional de la OMS. p. 349-362.
- CORDERO, A.; RAMIREZ, G.F. 1979. Acumulamiento de cobre en los suelos del Pacífico Sur de Costa Rica y sus efectos detrimentales en la agricultura. *Agronomía Costarricense* 3(1):63-78.
- COX, C. 1992. When ignorance is not bliss: Secret "inert" pesticide ingredients. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):2-5.
- DAVIES, J.E. s.f.a. Epidemiología de plaguicidas. In Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. J.E. Davies, V.H. Freed, F.W. Whittemore (Eds.). OPS, Oficina Regional de la OMS. p. 65-78.
- DAVIES, J.E. s.f.b. Intoxicación con plaguicidas: ¿Quién se intoxica y por qué? In Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. J.E. Davies, V.H. Freed, F.W. Whittemore (Eds.). OPS, Oficina Sanitaria Panamericana. Oficina Regional de la OMS. p. 95-113.
- DUGAN, M. 1992. "Inerts" and legal action. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):14-16.
- EDWARDS, C.A. 1966. Insecticide residues in soils. *Residue Reviews* 13:83-132.
- EDWARDS, C.A. 1973. Pesticide residues in soil and water. In *Environmental pollution by pesticides*. C.A. Edwards (Ed.). London, Plenum Press. p. 409-458.
- ENVIRONMENTAL DYNAMICS of pesticides. 1975. R. Haque; V.H. Freed (Eds.). New York, Plenum Press. p. 387.
- FONSECA G., J.M. 1991. Agricultores perdieron cosechas: Condenada empresa por contaminar río. *La Nación*, San José (C.R.); abril 1: 10-A.
- FREED, V.H. 1979. Dinámica química. Transporte y comportamiento de sustancias químicas en el ambiente: Un problema en salud ambiental. In *Control integrado de plagas en sistemas de producción de cultivos para pequeños agricultores*. Turrialba, C.R., CATIE-UC/USAID-OIRSA, Turrialba, C.R., v. 2, p. 48-64.
- FREED, V.H. s.f. Disminución de contaminación. In Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. J.E. Davies, V.H. Freed, F.W. Whittemore (Eds.). OPS, Oficina Regional de la OMS. p. 324-336.
- FREED, V.H.; WEILMUNSTER, E. s.f. Formulación de plaguicidas en relación con riesgos ambientales y de salud. In Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. J.E. Davies, V.H. Freed, F.W. Whittemore (Eds.). OPS, Oficina Regional de la OMS. p. 243-264.
- FUNARI, E.; BOTTONI, P.; GIULIANO, G. 1991. Groundwater contamination by herbicides: Processes and evaluation criteria. In *Chemistry, agriculture and the environment*. M.L. Richardson (Ed.). Cambridge, UK, The Royal Society of Chemistry. p. 235-254.
- GARCIA G., J.E. 1987. Abbauverhalten von Oxydemeton-methyl, Triadimefon, Triadimenol und Captafol nach langjähriger Anwendung in einer Weizenmonokultur. Dissertation. Dr. sc. agr. Institut für Phytomedizin, Universität Hohenheim. 175 S.
- GARCIA G., J.E. 1989. Plaguicidas y salud. *Biocenosis* 5(1-2):22-26.
- GARCIA G., J.E. 1992. Límites máximos de residuos de plaguicidas en productos alimenticios de origen vegetal: La situación en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 16(1):153-162.
- GARCIA G., J.E.; FUENTES, G. 1992. Opciones al uso unilateral de plaguicidas en Costa Rica: Pasado-presente-futuro. San José, C.R., EUNED. v. 1. 149 p.
- GARCIA G., J.E. 1993a. Causas del mal manejo de los plaguicidas. *Revista Tecnología en Marcha*. (En prensa).
- GARCIA G., J.E. 1993b. Consecuencias indeseables de los residuos de plaguicidas en el ambiente: Versión preliminar. In *Curso de Regencias Agrícolas con Énfasis en Plaguicidas* (1, 1993, San José, C.R.). Resúmenes. San José, C.R., Convenio Colegio de Ingenieros Agrónomos/Cooperativa de Capacitación de Profesionales en Ciencias Agrícolas (COOPROCA R.L.) p. 33.
- GARCIA G., J.E. 1993c. Dinámica de plaguicidas en el ambiente. In *Curso sobre Residuos de Plaguicidas en el Ambiente (Dinámica -Legislación y Análisis)*. (San José, C.R.). Memorias. MAG, Programa de Educación, Sanidad Vegetal/Cámara de Insumos Agropecuarios. p. 3-37.
- GEORGHIOU, G.P.; LAGUNES T., A. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Rome, FAO, AGPP/MISC/91-1. 318 p.
- GERSTL, Z. 1991. Behaviour of organic agrochemicals in irrigated soils. In *Chemistry, agriculture and the environment*. M.L. Richardson (Ed.). Cambridge, U.K., The Royal Society of Chemistry. p. 332-369.
- GOMERO O., L.; VON HILDEBRAND, A. 1990. Los plaguicidas: Remedios que matan. Perú, J.R. Ediciones. p. 196.

- GOMERO O., L.; CHAMOCHUMBI CH., W.; VAN DEN BURG, K. 1992. Las flores: ¿Un callejón sin salida? Lima, Perú, J.L.P. 136 p.
- GRIER, N. 1992a Taking the secrets out of pesticide products: How to use "inerts" to promote alternatives. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):6-9.
- GRIER, N. 1992b On the prowl for secret ingredients. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):12-13
- HILJE Q., L.; CASTILLO M., L.E.; THRUPP, L.A.; WESSELING H., I. 1987 El uso de los plaguicidas en Costa Rica. San José, C.R. EUNED-HELICONIA 149 p
- HUBER, R.; OTTO, S. 1983 Bound pesticide residues in plants. In *IUPAC pesticide chemistry, human welfare and the environment* J. Miyamoto *et al* (Eds) Oxford Pergamon Press. p 357-362.
- ISHIKAWA, S. 1973. Chronic optico-neuropathy due to environmental exposure of organophosphate pesticides (Saku disease): Clinical and experimental study. *Acta Society for Ophthalmology (Japan)* 77:1835-1886
- ISHIKAWA, S.; MIYATA, M. 1980 Development of myopia following chronic organophosphate pesticide intoxication: An epidemiological and experimental study. In *Neurotoxicity of the visual system* W.H. Merigan; B. Weiss (Eds) New York, Raven p. 233-254.
- ISHIKAWA, S.; OZAWA, H.; MIYATA, M. 1983. Abnormal standing ability in patients with organophosphate pesticide intoxication (chronic cases) *Agressologie* 24(2):143-144
- JANSEN, S. 1985 Jede Minute ein Vergiftungsfall. Die Grünen Im Bundestag (Hrsg.) In *Pestizide: Ex- und Import*. Köln, Kölner Volksblatt Verlags. S 67-78.
- JEYARATNAM, J.; ALWIS SENEVIRATNE, R.S. DE; COPPLESTONE, J.F. 1982 Survey of pesticide poisoning in Sri Lanka. *Bulletin of the World Health Organization* 60(4):615-619.
- JEYARATNAM, J. 1990 Acute pesticide poisoning: A major global health problem. *World Health Statistical Quarterly* 43:139-144
- KOVACS Jr., M.F. 1986 Regulatory aspects of bound residues (chemistry). *Residue Reviews* 97:1-17.
- LOCH, J.P.G. 1991. Effect of soil type on pesticide threat to the soil/groundwater environment. In *Chemistry, agriculture and the environment* M.L. Richardson (Ed.) The Royal Society of Chemistry Cambridge, U.K. p 291-307.
- MARONI, M.; FAIT, A. 1993. Health effects in man from long-term exposure to pesticides: A review of the 1975-1991 literature. *Toxicology* 78
- MOTT, L.; SNYDER, K. 1987. Pesticide alert: A guide to pesticide in fruits and vegetables. San Francisco, Calif., Sierra Club Books. 179 p.
- NEURURER, H.; WOMASTEK, R. 1992. Mögliche Umweltbelastung durch Abtrift oder Verdungung von Pflanzenschutzmitteln. In *Deutsche Pflanzenschutz-Tagung* (4 p., 1992, Göttingen) W. Laux (Hrsg.). Berlin-Dahlem, M. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA). Heft 283:123
- O'BRIEN, M. 1990. Roundup, vision, POEA, and 1,4-dioxane: Why full formulations are the problem. In *What you don't know can hurt you: Secret ingredients in pesticide products*. C. Arden (Ed.) Eugene, Or., Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides (NCAP). p. 19-21.
- PEGG, J. 1992 "Inert" granules: The link between paper recycling and pesticides. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):10-11.
- PERKOW, W. 1985. Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. 2. vollständig neubearbeitete Auflage. Berlin, Verlag Paul Parey. 2 Bände.
- PESTIZIDE: Ex- und Import. 1985. Die Grünen im Bundestag (Hrsg.) Köln Kölner Volksblatt Verlags GmbH 133 S.
- PILLS, PESTICIDES and profits. 1982. R. Norris (Ed.) New York, North River Press. 167 p
- PIMENTEL, D.; ANDOW, D.; DYSON-HUDSON, R.; GALLAHAN, D.; JACOBSON, S.; IRISH, M.; KROOP, S.; MOSS, A.; SCHREINER, I.; SHEPARD, M.; THOMPSON, T.; VINZANTI, B. 1980 Environmental and social costs of pesticides: A preliminary assessment. *Oikos* 34(2):126-140
- PIMENTEL, D.; EDWARDS, C.A. 1982. Pesticides and ecosystems. *Bioscience* 32(7):595-600
- PIMENTEL, D.; ANDOW, D.A. 1984. Pest management and pesticide impacts: Insect science and its application 5(3):141-149.
- PIMENTEL, D.; LEVITAN, L. 1986. Pesticides: Amounts applied and amounts reaching pests. *Bioscience* 36(2):86-91.
- RAMADE, F. 1987. *Ecotoxicology* U.K., Wiley 262 p.
- RAMIREZ, A.L.; RAMIREZ, C.M. 1980 Esterilidad masculina causada por la exposición laboral al nematocida 1,2-dibromo-3-cloropropano. *Acta Médica Costarricense* 23(3):219-222.

- RILEY, D. 1993. Consequences for environmental data/risk assessment requirements. In Brighton Crop Protection Conference: Weeds (1993). Proceedings. Brighton, England. v. 3:1081-1086 (8A-1).
- ROBERTS, T.R. 1984. Non-extractable pesticide residues in soils and plants. *Pure and Applied Chemistry* 56(7):945-956.
- ROUCHAUD, J.; MEYER, J.A. 1982. New trends in the studies about the metabolism of pesticides in plants. *Residue Reviews* 82:1-35.
- RÜDEL, H.; WAYMANN, B. 1992. Verflüchtigung von Pflanzenschutzmitteln: Aufbau eines Testsystems und erste Ergebnisse. In *Deutsche Pflanzenschutz-Tagung*, (48., 1992, Göttingen). W., Laux (Hrsg.). Berlin-Dahlem, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) Heft 283:129.
- SIEBERS, J.; GOTTSCHILD, D.; NOLTING, H.G. 1991. Untersuchungen ausgewählter Pflanzenschutzmittel und polyaromatischer Kohlenwasserstoffe in Niederschlägen Südost-Niedersachsens. Erste Ergebnisse aus den Jahren 1990/91. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 43(9):191-200.
- SUSUKI, H.; ISHIKAWA, S. 1974. Ultrastructure of the ciliary muscle treated by organophosphate pesticide in beagle dogs. *Journal of Ophthalmology* 58:931-940.
- TAYLOR, A.W. 1978. Post-application volatilization of pesticides under field conditions. *Journal of the Air Pollution Control Association* 28(9):922-927.
- THE PESTICIDE hazard: A global health and environmental audit. 1993. Zed Books. Dinham, B. (Comp.) London and New Jersey, The Pesticide Trust. 228 p.
- THE PESTICIDE manual: A world compendium. 1987. C.R. Worthing, S.B. Walker (Eds.). Lavenham, Suffolk, The British Crop Protection Council. The Lavenham. p. 1081.
- THOMPSON, N. 1983. Diffusion and uptake of chemical vapor volatilising from a sprayed target area. *Pesticide Science* 14:33-39.
- THRUPP, L.A. 1990a. Entrapment and escape from fruitless insecticide use: Lessons from the banana sector of Costa Rica. *International Journal of Environmental Studies (U.K.)* 36: 173-189.
- THRUPP, L.A. 1990b. Sterilization of workers from pesticide exposure: Causes and consequences of DBCP-induced damage in Costa Rica and beyond. Washington, D.C., World Resources Institute. 31 p.
- THRUPP, L.A. 1991. Long-term losses from accumulation of pesticide residues: A case of persistent copper toxicity in soils of Costa Rica. *Geoforum (U.K.)* 22(1):1-15.
- UGA, S.; ISHIKAWA, S.; MUKUNO, K. 1977. Histopathological study of canine optic nerve and retina treated by organophosphate pesticide. *Investigations in Ophthalmology* 16:877-881.
- UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME) 1987. Chemicals. In *UNEP Profile* p. 18-19.
- VAN ALEBEEK, F.A.N. 1989. Integrated pest management: A catalogue of training and extension materials for projects in tropical and subtropical regions. Wageningen, The Netherlands, Department of Entomology, Agricultural University, Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation. 305 p.
- VON OBERWALDER, CH.; GIESSL, H.; IRION, L.; KIRCHHOFF, J.; HURLE, K. 1991. Pflanzenschutzmittel im Niederschlagswasser. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 43(9):185-191.
- WESSELING, C.; DE LA CRUZ, E.; HIDALGO, C. 1988. Estudio epidemiológico de intoxicaciones con plaguicidas en Costa Rica. Heredia, C.R., Universidad Nacional, Programa de Plaguicidas, Escuela de Ciencias Ambientales/Proyecto OPS/UNA. Departamento de Publicaciones. p. 162.
- WILKENING, A.; NOLTING, H.G.; SIEBERS, J.; GOTTSCHILD, D. 1992. Bewertung der in Luft und Niederschlägen auftretenden Pflanzenschutzmittelwirkstoffe hinsichtlich ihrer möglichen W., Laux (Hrsg.). Auswirkungen in verschiedenen Umweltkompartimenten. In *Deutsche Pflanzenschutz-Tagung*, (48., 1992, Göttingen) Berlin-Dahlem. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) Heft 283:125.