

**Plaguicidas en los agroecosistemas tropicales:
evaluación del conocimiento actual del problema**

por

Alejandro Romero García *

Abstract: Man is an integral part of the ecosystem and any action of his against the environment has an effect against man himself.

An Agro-ecosystem is a unit composed of the total complex of organisms in an area under cultivation, plus the totality of the physical environmental conditions and the modifications introduced by man, who manages the agro-ecosystem for his own benefit.

The use of pesticides has been necessary for the agricultural development of some tropical areas. Unfortunately, the inadequate use of this input has caused many problems for man himself. These include destruction of natural resources; intoxications; pesticide residues in water and foods; secondary pest outbreaks; increase in illnesses transmitted by certain arthropods; loss of foreign exchange; unemployment; malnutrition; disability; high infant mortality and poverty.

A better use of agro-ecosystem management techniques can lead to a rational sustained utilization of land resources. Chemical pesticides can be considered as one of the factors in pest management, and not necessarily the only one available.

EL ECOSISTEMA

Como todos los organismos, el hombre, desde que vive sobre la tierra, ha interactuado con su ambiente, y continuará interactuando. En un sentido ecológico la vida puede ser definida de la misma manera para el hombre que para las otras criaturas. La vida no es solamente el proceso de ciertas reacciones físico-químicas en la materia viviente, sino que es también la constante interacción entre los organismos vivientes, que tienen sus leyes internas (fisiología, psicología, etc.) y el ambiente, que también tiene sus leyes internas de acuerdo con su estructura y operación.

Entre estos dos sistemas (organismo y ambiente) hay un campo de acción que tiene que ser vencido, activa o pasivamente, por el organismo para continuar su

* Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), Apartado Postal 1552, Avenida La Reforma 4-47, Zona 10, Guatemala.

vida. Ese campo de tensión es la etapa en que el juego de la vida es conducido por socios con derechos iguales, llamados organismo y ambiente, cuya influencia altera y conforma el uno al otro. Las retroalimentaciones son la regla, así que cualquier alteración producida en un socio reacciona contra el otro. El resultado de ese intercambio es una unidad funcional sobre la tierra, para la cual usamos la palabra "ecosistema" (Sioli, 13).

El Agro-ecosistema: El término agro-ecosistema se deriva del término ecológico ecosistema y pone énfasis sobre las características especiales de los ecosistemas agrícolas. Estos agro-ecosistemas son una parte de lo que Bates (2) llamó "el paisaje alterado por el hombre". El agro-ecosistema es una unidad compuesta por el complejo total de organismos en una área bajo cultivo, junto con la totalidad de las condiciones ambientales, además de las modificaciones hechas por las actividades agrícolas, industriales, recreacionales y sociales del hombre. En todo caso, el agro-ecosistema puede ser considerado más como un sistema manipulado que uno natural (Doutt, 3).

Componentes del agro-ecosistema: A pesar de su simplicidad superficial, el agro-ecosistema es un sistema biológico muy complejo, dominado por algo uniforme: una densa población de plantas con linaje altamente seleccionado. Los mayores componentes de un agro-ecosistema incluyen la población de la especie bajo cultivo, el suelo y su biota esencial, el ambiente físico y químico que lo rodea, un insumo de energía del sol, y la variedad de insumos adicionados por el hombre. En algunas situaciones o en épocas particulares, algunos elementos adicionales, como malezas, patógenos de plantas o artrópodos fitófagos, pueden llegar a ser componentes críticos o dominantes del sistema. Los límites físicos de un agro-ecosistema son raramente precisos y muy pocos son bien delimitados. Para el propósito práctico de control de plagas se determinan algunos límites arbitrarios. Sin embargo, el área incluida puede ser lo suficientemente grande para que las poblaciones de mayor significación puedan completar la mayor parte de sus actividades biológicas dentro de sus límites. Así bastante delimitado, el agro-ecosistema incluirá un grupo de campos agrícolas, junto con sus áreas marginales y a menudo otras áreas entremezcladas como bosques, ríos, y áreas con hierbas o no cultivadas. Como la agricultura crea una gran perturbación, hay típicamente mucho movimiento de especies dentro, hacia y fuera del sistema (Smith y Reynolds, 14). Los valles peruanos donde se cultiva algodón son uno de los pocos ejemplos de agro-ecosistemas relativamente cerrados.

Fases en la explotación de los agro-ecosistemas: Tomando como base lo propuesto por Falcon y Smith (6) para las etapas en la producción aldonera, donde revelan a lo largo del tiempo un modelo recurrente, podría decirse que los agro-ecosistemas tropicales siguen el mismo patrón, pasando generalmente de una fase a otra en forma consecutiva, pero puede detenerse totalmente, si la explotación cesa. A continuación se describen las seis fases:

Fase de subsistencia: El agro-ecosistema es explotado en una forma muy primitiva, con ausencia de riego, maquinaria, agroquímicos, etc., bajo lo que podríamos llamar una agricultura de subsistencia. Las cosechas son escasas, no existe ningún programa organizado para el control de plagas. La protección de los cultivos resulta del control natural; la resistencia inherente de las plantas bajo cultivo; recolección manual de insectos y algunas prácticas culturales. En algunos

casos la fase de subsistencia puede existir al lado de fases posteriores, como ocurre en muchas zonas en Centroamérica, sobre todo en la producción de granos básicos.

Fase de explotación: En muchos países en donde se inician programas de producción agrícola como base para el desarrollo, se dedican áreas extensas a cultivos, y dentro de la política de los mismos se hace necesario incluir planes de protección a las variedades que dan mayor rendimiento, pero que son más exigentes y menos resistentes que las variedades “criollas”. Esto obliga al uso muy grande de agroquímicos, y los planes de protección dependen únicamente de plaguicidas químicos. Se emplea gran cantidad de ellos y frecuentemente con arreglo a calendarios fijos de aplicación. Al principio, estos planes dan buenos resultados y se obtienen rendimientos elevados por unidad de superficie. Un ejemplo de esto es lo ocurrido en la producción de algodón en Nicaragua entre 1955 y 1958, donde el número de aplicaciones de insecticida por unidad de superficie varió entre 10 y 20, siguiendo el sistema de calendario, pero obteniendo cosechas muy rentables.

Fase de crisis: Después de transcurrido un número variable de años en la fase de explotación y después de haber empleado grandes cantidades de plaguicidas empiezan a observarse cambios apreciables en la secuencia de los fenómenos. Se necesitan aplicaciones más frecuentes de plaguicidas para conseguir un control efectivo. Los tratamientos empiezan más pronto en la temporada de crecimiento de la plantación y se extienden hasta el período de recolección de la cosecha. Se observa que ahora las poblaciones de plagas aumentan rápidamente hasta alcanzar nuevos y más altos niveles después del tratamiento. Las poblaciones de plagas se van haciendo gradualmente tan tolerantes que el plaguicida resulta inútil. Se pone un plaguicida nuevo, y las poblaciones de plagas también desarrollan una tolerancia a éste, lo que sucede con más rapidez que con las formulaciones anteriores. Al mismo tiempo, algunas plagas que antes no causaban daños en el área, o eran sólo ocasionales, se convierten en destructores graves y periódicos de los cultivos. Esta combinación de resistencia a los plaguicidas, resurgimientos de la plaga y brotes de plagas secundarias, originan un aumento muy considerable en los costos de producción.

Fase de desastre: Al aumentar el empleo de plaguicidas, aumentan los costos de producción hasta tal punto que los cultivos dejan de ser rentables. En un principio se retiran de la producción terrenos marginales y agricultores también marginales. Al final, deja de ser económica la producción del cultivo en esta zona.

En algunas situaciones, como sucedió en el cultivo de algodón en Nicaragua, las fases de crisis y de desastre se pueden presentar juntas. En la década de 1960 el uso de insecticidas aumentó considerablemente, lo mismo que el número de especies de insectos perjudiciales asociados al cultivo (Cuadro 1), el área bajo cultivo decayó en la última mitad de esa década, lo mismo que los rendimientos (Fig. 1). A la par de los problemas creados directamente en las áreas de uso intenso de plaguicidas existe una serie muy grande de efectos indeseables. Algunos de los más importantes son: (a) intoxicaciones humanas con plaguicidas químicos que anualmente producen muerte, enfermedad e incapacidad de miles de trabajadores agrícolas (Adam, 1); (b) la contaminación de la leche materna, como lo muestran los datos recopilados en las áreas algodoneras de Guatemala, donde los lactantes están consumiendo de 6 a 207 veces el consumo máximo aceptable de DDT (Olszyna-Marzys *et al.*, 10); (c) contaminación de carne de bovinos para consumo humano (Peterson *et al.* 11); (ch) altos niveles de plaguicidas en los estuarios y en

CUADRO 1

Evolución en importancia de los insectos que atacan el algodón en Nicaragua

Especies	Posición (a)		
	1956 (b)	1965 (e)	1970 (d)
<i>Alabama argillacea</i>	2	5	4
<i>Anthonomus grandis</i>	1	3	1
<i>Aphis gossypii</i>	4	M	M
<i>Bemisia tabaci</i>	0	4	3
<i>Creontiades femoralis</i>	0	M	6
<i>Heliothis</i> spp.	3	1	2
<i>Prodemia</i> spp.	0	2	5
<i>Saccades pyralis</i>	5	0	0
<i>Spodoptera</i> spp.	0	7	8
<i>Trichoplusia ni</i>	0	6	7

- (a) Número 1 significa de mayor importancia; 0 significa de ninguna importancia y M significa de menor importancia.
- (b) Elaborado de "Lista de Enfermedades de los Cultivos Principales Existentes en el Area de OIRSA 1956".
- (c) Elaborado en reporte de FAO presentado por Smith y Reynolds (14).
- (d) Compilado a base de observaciones de Falcon (4) hechas en la época algodонера 1970-71.

FUENTE: Falcon (4).

peces e invertebrados marinos, como lo demostró un estudio realizado en los estuarios de las regiones algodoneras de Guatemala (Zeissig, 18); (d) agravación de problemas de plagas en otros cultivos como legumbres (Peterson *et al.*, 11) y aparición de enfermedades transmitidas por vectores en otros cultivos como maíz (Tapia, 16) y mayores cantidades de plagas en maíz (Farvar *et al.*, 7); altos niveles de resistencia a los plaguicidas químicos exhibidos por el *Heliothis zea* en algodón (Wolfenbarger *et al.*, 17) y por insectos a los cuales no va dirigido el ataque en la vecindad de las áreas de alto uso de plaguicidas, como el transmisor de la malaria *Anopheles albimanus* (Georghiou, 8). Además de la malaria, la mayoría de los habitantes de las áreas intensamente tratadas con plaguicidas agrícolas, están expuestos a otras enfermedades transmitidas por artrópodos como la gastroenteritis (*Shigella* tipo A), enfermedad de Chagas, dengue y encefalitis equina. Es más, los habitantes de estas áreas sufren de desnutrición. Un factor que contribuye al problema de desnutrición es que los pequeños agricultores no pueden producir suficiente frijoles, maíz y otros cultivos a nivel de subsistencia porque sus cultivos sufren grandes infestaciones de artrópodos inducidas por el uso de insecticidas en las áreas de explotación intensiva. Como fue discutido por Scrimshaw *et al.* (12) el sinergismo entre la desnutrición y la infección es responsable de la excesiva mortalidad entre la población infantil y pre-escolar en muchas áreas subdesarrolladas del mundo. Esta condición, que ha sido denominada como "Kwashiorkor", constituyó un serio problema en Guatemala bajo condiciones similares a las existentes en algunas áreas algodoneras de Nicaragua.

Así como el uso de plaguicidas ha sido principalmente el responsable del desarrollo de algunas áreas de los trópicos, también ha contribuido significativamente a la miseria y mortalidad humana, fallas en los cultivos, altas tasas de desempleo, inestabilidad económica y destrucción seria del ambiente (Fig. 2).

Fase de control integrado: En la fase de control integrado, se estructura un sistema de protección de cultivos empleando diversos procedimientos de control, en vez de confiar únicamente en plaguicidas químicos. También se hacen intentos de modificar los factores ambientales, permitiendo que las poblaciones alcancen el nivel de plaga, y se aprovecha totalmente la mortalidad natural y el control biológico.

Fase de deterioro: A intervalos variados después de la recuperación indicada en la fase anterior, una nueva generación de agricultores deja de considerar (o bien olvida) que es necesario utilizar controles culturales estrictos y una cuidadosa estimación de los enemigos naturales de las plagas. Como consecuencia, el programa de control integrado se deteriora.

RESUMEN

El hombre es parte integrante del ecosistema y toda acción en contra del ambiente repercute contra él.

El agro-ecosistema es una unidad compuesta por el complejo total de organismos en un área bajo cultivo, junto con la totalidad de las condiciones ambientales, además de las modificaciones hechas por el hombre que lo maneja y lo usufructa.

El uso de plaguicidas ha sido necesario para el desarrollo de algunas áreas del trópico. Desgraciadamente, el mal uso de este factor de producción ha traído una serie muy grande de problemas para el hombre mismo, como, destrucción de recursos naturales; intoxicaciones; residuos de plaguicidas en el agua y los alimentos; liberación de plagas secundarias; resistencia de las plagas a los plaguicidas; incremento de enfermedades transmitidas por artrópodos; fuga de divisas; desempleo; desnutrición; incapacidad; alta mortalidad infantil y miseria.

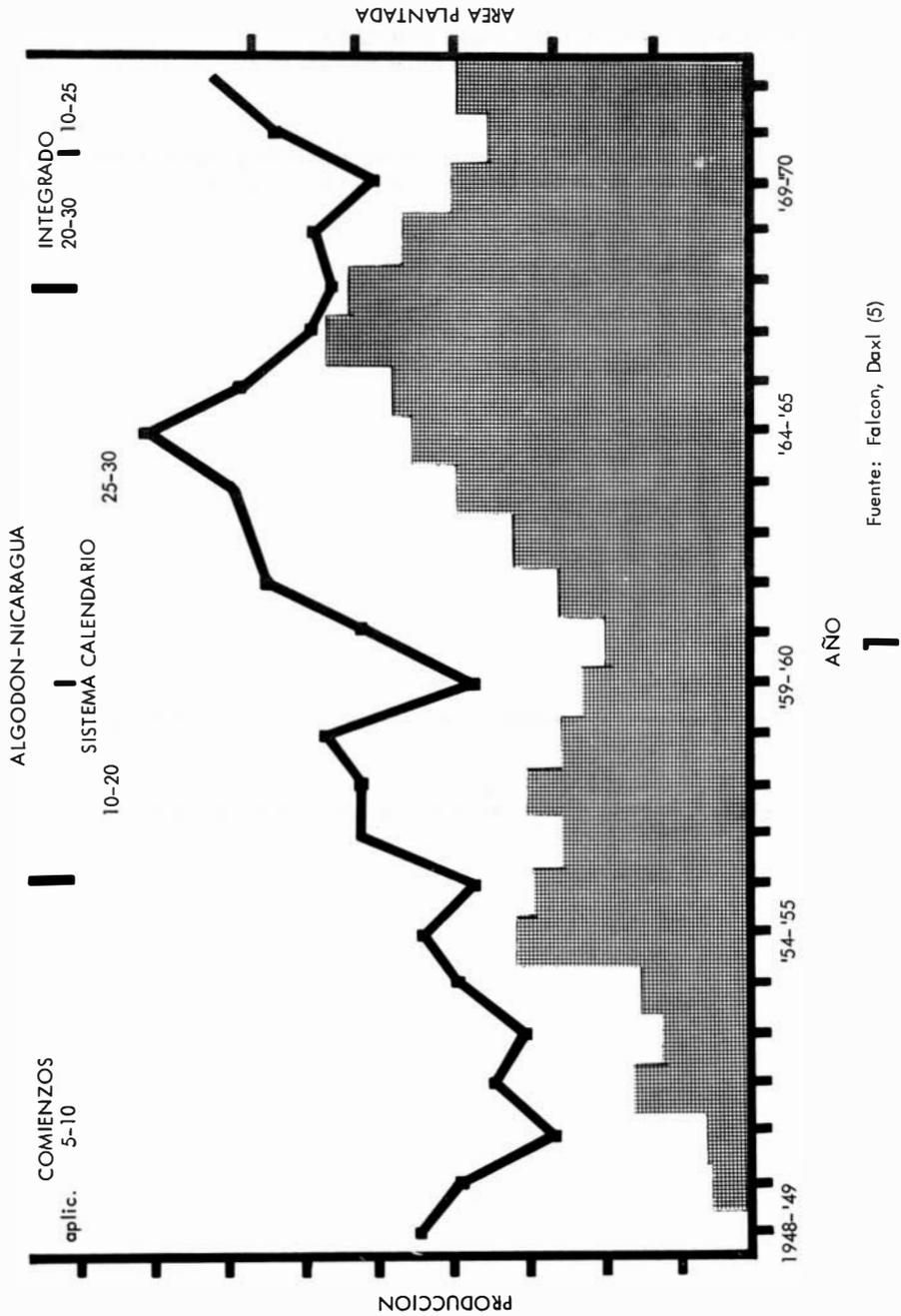
Un mejor aprovechamiento de las técnicas del manejo puede llevarnos a una explotación racional y prolongada del agro-ecosistema, ubicando a los plaguicidas químicos en su posición de factores complementarios dentro de un sistema de control de plagas y no como la única alternativa.

REFERENCIAS

1. Adam, A. V.
1972. *Summary of Joint FAO/Industry seminar on the safe effective and efficient utilization of pesticides in agriculture and public health in Central America and the Caribbean.* (TF: LAY/16) Food and Agriculture Organization of the United Nations. AGPP: MISC/6. Roma. 25 pp.
2. Bates, M.
1972. *The Human environment.* The Horace M. Albright Conservation Lectureship. II. Berkeley, University of California, School of Forestry. 22 pp.

3. **Doutt, R. L.**
1964. Ecological considerations in chemical control. Implications to non-target invertebrates. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, 10: 67-88.
4. **Falcon, L. A.**
1971. Progreso del control integrado en el algodón en Nicaragua. *Rev. Peruana Entomol.* 14: 376-378.
5. **Falcon, L. A., & R. Daxl**
1973. *Report to the Government of Nicaragua on the integrated control of cotton pests.* Nic./70/002 AGP, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. 58 pp.
6. **Falcon, L. A., & R. F. Smith**
1974. *Manual de control integrado de plagas del algodonoero.* Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación. Roma. 87 pp.
7. **Farvar, M. Taghi, G. D. Propp, & J. de J. Castro**
1971. *Implicaciones ecológicas del control de insectos del algodón en Guatemala, temporada 1970-1971.* Consejo Nacional del Algodón. Guatemala. 46 pp.
8. **Georghiou, G. P.**
1972. The evolution of resistance to pesticides. *Ann. Rev. Ecol. System.*, 3: 133-168.
9. **Georghiou, G. P.**
1972. Studies on resistance to carbamate and organophosphorus insecticides in *Anopheles albimanus*. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.*, 21: 797-806.
10. **Olszyna-Marzys, A. E., M. de Campos, M. Taghi Farvar, & M. Thomas**
1973. Residuos de plaguicidas clorados en leche humana en Guatemala. *Bol. Ofic. Sanit. Panamer.*, 74: 93-107.
11. **Peterson, G. D., J. Sequeira Fernández, & F. Estrada Rizo**
1969. *Principios y problemas del control integrado de plagas del algodón en Nicaragua.* Ministerio de Agricultura y Ganadería. Nicaragua. 183 pp.
12. **Scrimshaw, N. S., C. E. Taylor, & J. E. Gordon**
1968. *Interactions of nutrition and infection.* World Health Organization. Monograph Series No. 57. 329 pp.
13. **Sioli, H.**
1973. *Recent human activities in the Brazilian Amazon region and their ecological effects. The careless technology.* Doubleday. New York. p. 321-334.
14. **Smith, R. F., & H. T. Reynolds**
1966. *Principles, definitions and scope of integrated pest control.* Proceedings of the FAO Symposium of Integrated Pest Control. Vol. 1, Roma. FAO 11-17.
15. **Smith, R. F. & H. T. Reynolds**
1973. *Effects of manipulation of cotton agro-ecosystems on insect pest populations. The Careless technology.* Doubleday. New York.

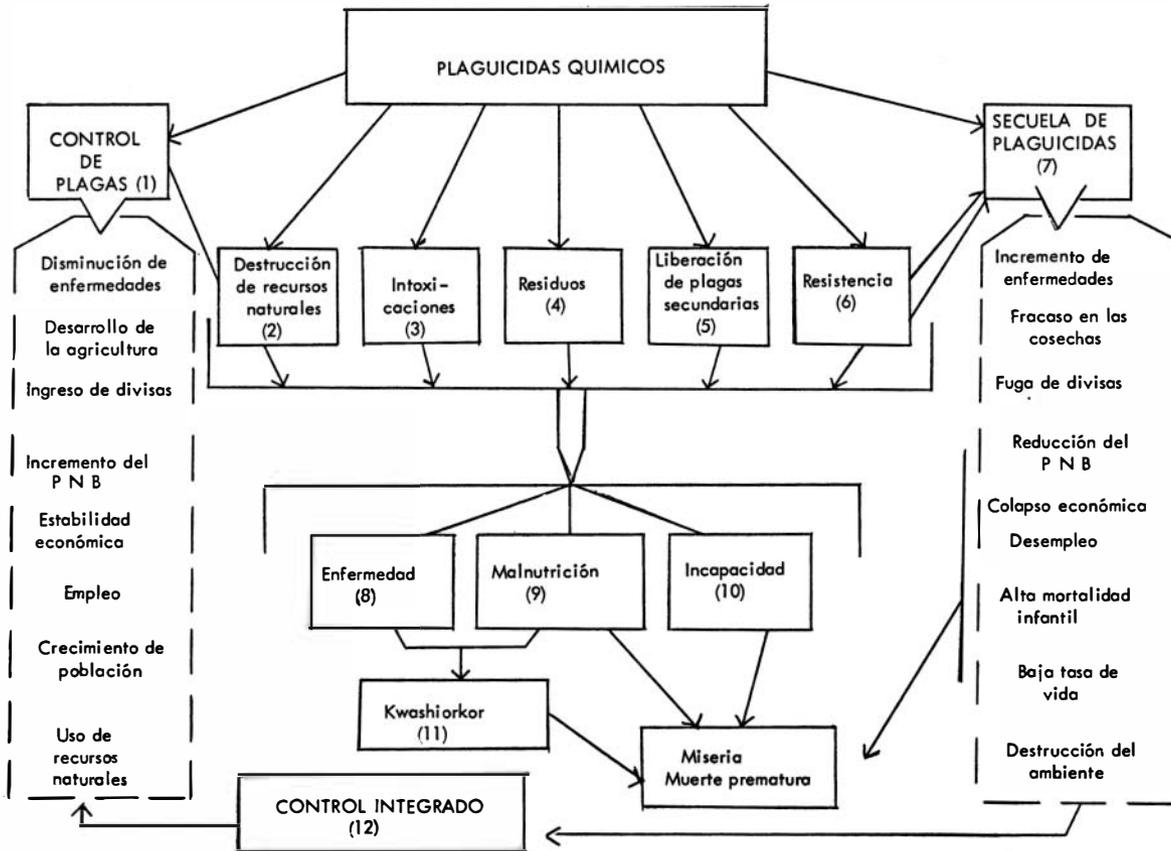
Fig. 1. Efecto del uso de plaguicidas en algodón en Nicaragua y rendimiento de las cosechas - década de 1960.



Fuente: Falcon, Daxl (5)

16. **Tapia, B. H.**
1972. *16 años de labor experimental del programa de mejoramiento de maíz en Nicaragua.* Centro Experimental Agropecuario "La Calera". Ministerio de Agricultura y Ganadería. Nicaragua. Boletín Técnico No. 1. 103 pp.
17. **Wolfenbarger, D. A., M. J. Lukefohr & H. M. Graham**
1971. A field population of bollworms resistant to Methyl parathion. *J. Econ. Entomol.* 64: 755-756.
18. **Zeissig, J. A. de**
1973. *Investigación de insecticidas residuales en la fauna marina de los esteros de la costa sur de Guatemala.* Universidad de San Carlos de Guatemala. 71 pp.

Fig. 2. Impacto del uso de plaguicidas agrícolas sobre la salud pública.



2

Fuente: Falcon, Daxl (5)