Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.
Julio-Diciembre, 1980. Vol 1(1): 81-88.
DOI: http://dx.doi.org/10.15359/rca.1-1.7
URL: www.revistas.una.ac.cr/ambientales
EMAIL: revista.ambientales@una.cr
Estado de la Nación 1979

Revista de
CIENCIAS AMBIENTALES
Tropical Journal of Environmental Sciences
Desde Since 1980

Resistencia a los plaguicidas

Pesticide Resistance

Estado de la Nación 1979

RESISTENCIA A LOS PLAGUICIDAS*

La lucha contra las plagas vegetales y los vectores de las enfermedades y zoonosis se ha basado, en el último cuarto de siglo, en el uso masivo de los plaguicidas químicos. Los promedios anuales de producción y consumo mundiales de plaguicidas en general varían de un año a otro, pero el orden de magnitud del total gastado en el mundo por concepto de plaguicidas asciende a varios millones de dólares por año: en 1975 se estimaba en cinco mil millones (1).

* Tomado de: Informe 1979. El Estado del Medio Ambiente - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi—. Kenya.

El uso extensivo de los productos químicos para el control de plagas y vectores ha reducido, dramáticamente, la morbilidad y mortalidad por enfermedades transmitidas por vectores y ha sido un factor principal en la elevación de la productividad agrícola en muchas partes del mundo. Ello ha permitido que la producción mundial de alimentos y fibras no quedara muy rezagada con respecto al crecimiento demográfico.

Efectos en el ambiente

Sin embargo, los plaguicidas también han causado daño al ambiente. Cuando se

aplican descuidadamente, los plaguicidas químicos pueden provocar efectos secundarios agudos y, a largo plazo, entre ellos, enfermedad y muerte de seres humanos, ganado, peces y aves, así como destrucción de cultivos. Aun cuando se usen debidamente, tienen efectos secundarios inevitables. Su persistencia y ubicuidad, junto a la tendencia que presentan algunos compuestos a concentrarse en los organismos, a medida que ascienden en la cadena alimentaria, puede potenciar su toxicidad para los peces, aves y otras formas de vida, incluso el hombre, y causar otros efectos nocivos sobre la salud y el bienestar del hombre.

Las aplicaciones repetidas de plaguicidas pueden resultar en la selección de individuos que pueden tolerar dosis mayores que las requeridas para matar a la mayoría. Los individuos de cepas resistentes pueden procrear y así producir poblaciones resistentes. Aunque estas cepas puedan eliminarse aumentando la dosis del plaguicida, la intensidad de la resistencia puede variar entre límites muy amplios, de manera que mientras algunas cepas resistentes pueden eliminarse con un pequeño aumento en la dosis, otras subsistirían casi sin sentirlo. Aunque se conocía el fenómeno de la resistencia a los plaguicidas desde el año 1911, se ha acelerado desde 1947 con la introducción y aplicación en gran escala de los plaguicidas sintéticos (2). Se ha informado sobre la resistencia a los plaguicidas de grupos tan diversos como son los insectos, los acáridos, las garrapatas, los hongos, y los roedores. El peligro de la situación es que hay razón para suponer que todas las plagas probablemente desarrollarán resistencia a todos los tipos de plaguicidas químicos con el tiempo, siempre que haya una presión apropiada para la selección. Esto podría afectar grave y adversamente la eficiencia y economía de las operaciones de control de plagas en una escala mundial, con los correspondientes efectos sobre la salud y la producción alimentarias en el mundo.

La aparición de capas resistentes de una plaga se debe a la supervivencia selectiva, después de un período de aplicación de plaguicidas, de ciertos individuos que poseen genes que les confieren resistencia a ese plaguicida en particular. Se conoce ahora la base de este proceso y se han descubierto varios de los mecanismos en la plaga que le dan esta resistencia. Entre ellos figuran el desarrollo de enzimas que destoxifican el plaguicida o alteran su lugar de acción o alguna propiedad de la plaga que hace más lenta la penetración del plaguicida al sitio de acción crítica del organismo. En algunos casos se han encontrado cepas resistentes al doble, triple y cuádruple y en que el organismo desarrolla resistencia contra una gran variedad de compuestos. La existencia de esta resistencia múltiple potencia la velocidad del desarrollo y la gravedad del fenómeno de la resistencia.

El ejemplo más notable en el orden mundial es el efecto del empleo en gran escala de los plaguicidas agrícolas de amplio espectro sobre la lucha antivectorial. Aunque estos compuestos estaban destinados a plagas de los cultivos, los vectores de la enfermedad que compartían el mismo ecosistema sufrieron también las presiones de selección. En algunos casos en que un insecticida se empleó tanto contra las plagas de los cultivos como los vectores, las presiones selectivas de los dos se sumaron. Estos problemas se complican por los procesos de resistencia cruzada por los cuales el uso continuo de plaguicidas en la agricultura o en la lucha antivectorial puede llevar al desarrollo de resistencia a otro plaguicida que se emplee en cualesquiera de estos dos campos.

Factores que influyen en la resistencia fisiológica

Diversos factores influyen en el desarro-

llo de resistencia fisiológica en la población siendo los principales: la presencia y frecuencia de genes resistentes en la población original, la presión de selección, lo que supone la proporción de una población que está expuesta a la selección y la proporción que se elimina; los números de generaciones por año de la plaga en cuestión; el aislamiento de la población afectada. De éstos, el segundo es el más importante y ello se demuestra por el hecho de que la resistencia ha aparecido principalmente en relación con plagas de gran importancia económica, que han sido sometidas a la aplicación de plaguicidas durante largos períodos y en zonas extensas. Por lo tanto, es de esperar que una campaña masiva pueda provocar el desarrollo de la resistencia; un buen ejemplo, lo ofrece la correlación entre el aumento registrado en la resistencia al dieldrín en el período 1955-1960 que coincidió con el programa mundial de la OMS de erradicación del paludismo (3).

Políticas de control

El grupo de expertos de la FAO sobre resistencia a los plaguicidas ha llevado a cabo una serie de estudios mundiales sobre las plagas de artrópodos (insectos y acáridos): el primer estudio (4) en 1975 registró 182 cepas resistentes: el segundo (5) en 1968, 228 y el último en 1977, 365 (6). En lo que toca a los insectos, el último estudio demuestra que en el período 1965–1975 (7) hubo un gran aumento en especies resistentes entre las plagas del algodón y el arroz, de cultivos que reciben aplicaciones repetidas de plaguicidas. El estudio muestra también que se ha intensificado el problema de la resistencia, tanto en términos geográficos como en el número de plaguicidas hacia los cuales se ha registrado una resistencia. Las plagas de artrópodos de la agricultura son el grupo más grande que ha desarrollado resistencia a los plaguicidas. Muchas son las plagas importantes de cultivos principales como el gusano, el gorgojo y la polilla (*Alabama argillacea*) que afectan el algodón; la polilla que ataca al tallo (*Chilo plejadellus*) y el saltamontes del arroz; el escarabajo de la patata (*Leginotarsa decesalineata*): los acáridos de la fruta y los cultivos de invernadero; y los gusanos cortadores y gorgojos de los cereales.

En 1976 (8) la OMS informó de un aumento en la resistencia de las plagas de artrópodos hacia los plaguicidas, habiéndose registrado 121 especies resistentes frente a las 102 de 1968. En los mosquitos anofelinos, los vectores del paludismo, también hubo un aumento de las especies resistentes. Hacia 1969, 15 especies de mosquitos habían desarrollado resistencia al DDT. La resistencia hacia el dieldrín se desarrolló con mayor celeridad aún: 37 especies en el mismo año. En 1976 ya llegaban a 43. Otras 24 especies eran también resistentes al DDT, cinco a los organofosforados y dos a los carbamatos. En los mosquitos del género Culex, que incluyen los vectores de fiebre amarilla, la filariosis y el dengue, la resistencia había aumentado de 19 especies en 1968 a 41 en 1975, nuevamente registrándose varios casos de resistencia múltiple. Además de estos vectores principales, había 38 especies, incluso vectores generales de enfermedades importantes como la mosca común, la mosca negra y la pulga, que aparentemente habían desarrollado resistencia. La mosca común parece ser el insecto con mayor habilidad para desarrollar resistencia a los insecticidas, en la zona geográfica más amplia. En 1975 se registraron 121 cepas resistentes.

De todos los plaguicidas que se aplican el 50% corresponde ahora a los herbicidas, aumento que ha ocurrido en época relativamente reciente. Pero aunque la aplicación anual o más frecuente del mismo tipo de herbicida puede alterar rápidamente la composición de las malezas en una localidad determinada, no se ha comprobado hasta ahora que se

desarrolle una resistencia genética en los biotipos susceptibles parecida a la que ocurre entre los insectos (9). Por otro lado, para las malezas perennes de más larga vida y las que se reproducen vegetativamente como el Cynodon daetylon parece ser bajo el potencial de desarrollar una resistencia genética, si se toma en cuenta que según la experiencia con los insectos y otras clases, deben pasar muchas generaciones antes que tal resistencia llegue a niveles notables.

Los antecedentes relativos a la aparición de fitopatógenos resistentes a los nuevos fungicidas ilustran otro aspecto del problema de la resistencia. Hasta 1965–1970, según la FAO se habían registrado muy pocos casos de fitopatógenos resistentes; después de esas fechas, sin embargo, y junto con la introducción de nuevos fungicidas sistemáticos, se agudizó el problema y ya se han registrado más de 35.

En el último decenio, los roedores se han convertido en una importante plaga mundial tanto para la agricultura como para la salud pública. Diversas especies causan graves perjuicios a los cultivos: Rattus-argentiventar y Bandicota bengalensis son las principales plagas del arroz en el Asia sudoriental, mientras que en Africa dañan los cereales y el algodón, el Mastomys natalensis y Arvicanthus niloticus. Los roedores atacan los alimentos almacenados y también son reservarios y vectores de varias enfermedades como la peste, el tifus murino, y la leptospirosis. Las cifras más recientes (10) indican que siete especies de roedores, incluso dos tan importantes y difundidas como el Rattus rattus y el Rattus norvegicus se han vuelto resistentes a los rodenticidas.

Los plaguicidas con formas novedosas o no convencionales de acción, como los esterilizantes químicos, las hormonas, y los inhibidores del desarrollo, fueron acogidos como importante descubrimiento porque se creyó que las plagas tendrían menos probabilidad de crear una resistencia hacia ellos. Particular interés suscitaron los plaguicidas hormonales, pero ha aparecido ya la resistencia correspondiente; los esterilizantes son tan tóxicos que no pueden emplearse salvo en laboratorios; pero aun contra ellos se ha desarrollado la resistencia en ensayos de selección artificial. Los nuevos compuestos como los inhibidores del desarrollo y los plaguicidas microbianos no han estado en uso durante un tiempo suficiente ni en una escala tan amplia como para que se aprecie una resistencia perceptible, pero en este caso como en el de los esterilizantes ha sido posible desarrollarla mediante la selección artificial en el laboratorio. Además, lo más preocupante es el hecho de que ciertos insectos como el escarabajo de la harina (Tribolium) que ha desarrollado una resistencia múltiple a los plaguicidas convencionales, ha adquirido ya una significativa resistencia al metropreno, inhibidor del desarrollo. En lo que toca a los plaguicidas microbianos, se ha visto ya que la mosca común puede llegar a volverse resistente tanto a las esporas del Bacillus thuringiensis como a su toxina. En general, por lo tanto, se estima actualmente que la mayoría de los plaguicidas probablemente ejercerán una presión de selección sobre las poblaciones de plagas que las llevará a desarrollar resistencia fisiológica.

La situación exige otras estrategias y por fortuna se dispone de varios elementos para conformarlas. La solución clásica es cambiar el plaguicida (11). A corto plazo y en el caso de programas de lucha contra las plagas, que están ya en marcha, quizá sea la salida más práctica. Con todo, se complica la situación por efecto de la resistencia múltiple, que limita a menudo el número de otros plaguicidas que puedan emplearse; en algunos casos se ha observado resistencia incluso ante compuestos que nunca antes se habían empleado en gran escala contra esa plaga en particular. Otro factor limitante es el precio; el empleo de un compuesto satisfactorio, desde el punto de vista de la resistencia puede resultar poco

Este campesino de Nueva Guinea utiliza un producto químico que le han recomendado para proteger sus cultivos de las plagas. Pero entre las plantas puede hallarse al acecho una nueva cepa de insecto resistente al plaguicida usado.

práctico por el mayor costo que implica. La sustitución también puede verse limitada por consideraciones ambientales: compuestos que son aceptables por su resistencia y conveniencia financiera pueden tener efectos ambientales inaceptables.

Nuevas técnicas

A largo plazo la mejor solución sería alguna que prescinda de los plaguicidas o reduzca su uso. Hay otros cinco métodos, fuera del control químico para combatir las plagas: i) el control ambiental; ii) las técnicas genéticas y de macho estéril; iii) el control biológico; iv) el control conductual; y v) la formación de resistencias.

Las medidas de control ambiental comprenden todas las alteraciones artificiales del micro o el macroambiente en lo que toca al contacto entre la plaga y el huésped. Las técnicas pueden variar de simples prácticas culturales como desenterrar los nidos o plantar cultivos atrapadores, hasta la provisión de servicios como agua potable por cañería y alcantarillas para la eliminación de excretas, incluso modificaciones importantes del ambiente como la alteración de los niveles de ríos o lagos. Todos estos métodos son muy prometedores para el futuro, pero deben desarrollarse en relación con el ecosistema en particular al cual se van a aplicar y pueden dar lugar a problemas ambientales secundarios. De ahí que sus costos y beneficios deban evaluarse con todo cuidado.

La experiencia práctica con las técnicas genéticas y de machos estériles sugiere que los problemas son muy grandes. Aquí nuevamente se aprecia que las plagas pueden desarrollar estrategias biológicas que anulen del todo o en parte los efectos del control.

El control biológico es una técnica importante que puede utilizarse con gran beneficio, pero también debe desarrollarse en función del ecosistema plaga-huésped, lo que es un proceso demorado. Es preciso, asimismo, velar por no producir efectos ambientales imprevistos al introducir predatores o parásitos esotéricos, existiendo siempre la posibilidad de que las plagas desarrollen a la larga estrategias de conducta que limiten la eficacia del control biológico.

El control de las plagas por modificación de su conducta, empleando los feromones sexuales y compuestos relacionados, así como productos químicos atrayentes y repelentes está en sus primeras etapas. Aunque se han visto coronados por el éxito, algunos ensayos prácticos, subsisten muchos problemas de aplicación y necesitan conocerse bien las economías del costo y del costo-beneficio. Como sucede con el control biológico, no hay ninguna razón inherente, dada una presión suficiente de selección, por la cual las plagas no vayan a desarrollar mecanismos que actúan sobre su conducta.

La creación de resistencias, es decir, el desarrollo de variedades de plantas y animales que tienen características genéticas inherentes que les dan resistencia en el genotipo a una plaga o complejo de plagas en particular, es un método muy elegante de control de plagas. En la reproducción de los cultivos, ha sido una técnica que se ha practicado por siglos con gran éxito: se ha desarrollado menos en lo que respecta a la ganadería. Sin embargo, ya se sabe que las plagas pueden desarrollar cepas que venzan la resistencia de la planta; ello se debe a que la relación entre la plaga y su huésped es de coevolución biológica. Siendo así, cualquier cambio en el huésped con el tiempo provocará un cambio en la plaga de haber suficiente presión de selección.

Frente a estas dificultades, despierta cada vez mayor interés el concepto de lucha integral contra las plagas, en el cual se aborda el problema integrando todas las técnicas de control ambientales, biológicas, conductuales, y químicas que afectan el complejo plaga-huésped en consideración. Aunque el sistema

se ha desarrollado considerablemente en lo que toca al control de las plagas agrícolas, tanto en la teoría como en la práctica, su aplicación en la lucha antivectorial presenta dificultades que sobre todo para los vectores que más afectan la salud pública, como los mosquitos del paludismo y la mosca tse-tsé, sólo podrán resolverse mediante extensos programas de investigación.

Así, en lo que toca a la lucha contra las plagas de la agricultura, lo que importa es invertir recursos en el desarrollo y puesta en práctica del método de lucha integral contra las plagas. Esa es ya política consagrada para la FAO, y el grupo de expertos FAO/PNUMA sobre lucha integral contra las plagas ha desarrollado en los últimos años un programa mundial de control de las plagas, que afecta a diversos cultivos importantes como el algodón, el arroz, el sorgo, el maíz, el mijo, las raíces y tubérculos y las leguminosas, e intenta extenderlo a las hortalizas (12).

En lo que toca a las campañas de salud pública, el 22º Informe del Comité de Expertos en Insecticidas de la OMS (13), que se ocupó exclusivamente del problema de la resistencia y sus efectos sobre la campaña antivectorial, expresó su alarma sobre los problemas que había provocado la resistencia para las principales campañas; las últimas cifras de la OMS sobre el paludismo apoyan esta preocupación, al indicar una rápida reaparición de la enfermedad. El Comité también reconoció los problemas a que hacen frente los grandes programas antivectoriales sobre todo contra la oncocercosis en Africa Occidental, que al presente depende casi exclusivamente de un larvicida para controlar al vector, la mosca negra Simulium damnosum. Si esta especie desarrollara resistencia, se agudizarían los problemas de encontrar otro insecticida por las severas exigencias que imponen las técnicas del control, que se basan en la aplicación directa del insecticida a los principales sitemas fluviales de la zona.

Aunque varias soluciones ecológicamente aceptables ofrecen gran potencial para las estrategias futuras de lucha contra las plagas, no hay método alguno que baste por sí solo para el control total de ellas. Los plaguicidas deben emplearse siempre en combinación con otros métodos adecuados de control (14).

La vivienda adecuada, los sistemas de alcantarillas, y el mejoramiento del desagüe y la evacuación de desechos podrían en gran parte hacer desaparecer de las habitaciones humanas algunos de los insectos vectores de enfermedades. El control puede complementarse con el uso de drogas profilácticas o vacunas. Hay varias prácticas agrícolas, como la rotación de los cultivos o el cambio de las épocas de siembra, cosecha o riego, así como el uso de variedades inmunes, que pueden emplearse contra las plagas que afectan los cultivos y los animales domésticos. Son también necesarios un mejor control y supervisión de la distribución y aplicación de los plaguicidas cuando no pueda evitarse su uso; no hay una solución única para el problema de la resistencia; cada caso debe estudiarse desde muchos ángulos. Un requisito importante para el éxito de la lucha contra las plagas es la difusión de informaciones adecuadas, la creación de una conciencia pública al respecto, y la capacitación de personas no profesionales.

CITAS BIBLIOGRAFICAS

1. *Watson, D.L. y Brown A.W.* **Pesticide Management and Insisticide Resistance.** *(Londres, Academic Press, 1977)*

2. **The development and application of integrated pest control.** *FAO/ UNEP meeting report AGP: 1974/M/8, FAO, Roma, (1975).*

3. *Busvine, J. "Pest resistance to pesticides",* **Pesticides and Human Welfare,** *Do Gunn y J. Stevens, Eds. (Oxford, Oxford University Press, 1976)*

4. **Report of first session of FAO Working Party of Experts on Resistance of Pests to Pesticides,** *FAO Meeting Rep. PL/1965/18 (1967)*

5. **Report of third session of FAO Working Party of Experts on Resistance of Pests to Pesticides,** *FAO Meeting Rep. PL. 1967/M/8 (1968).*

6. **Report of the first session of the FAO Panel of Experts on Pest Resistance to Pesticides and Crop Loss Assessment,** *FAO Plant Production and Protection Papers Nº 6 (1977)*

7. **Report of the first session of the FAO Panel of Experts on Pest Resistance to Pesticides and Crop Loss Assessment.** *FAO Plant Production and Protection Papers Nº 6 (1977)*

8. **Resistance of Vectors and Reservoirs of Disease to Pesticides.** *WHO Technical Report Series No. 585. OMS, Ginebra (1976)*

9. *FAO Global* **Survey of pesticide Resistance.** *(FAO Report AGP:1976/ 17/10, 1977)*

10. **Report of the first session of the FAO Panel of Experts on Pest Resistance to Pesticides and Crop Loss Assessment.** *FAO Plant Production and Protection Papers Nº 6 (1977)*

11. *Mulla, M.S.* **"Resistance in Culcine Mosquitoes in California -Counter-measures"** *Pesticide Management and Insecticide Resistance, D.L. Watson y A.W.A. Brown, Eds. (New York, Academic Press, 1977)*

12. **The development and application of integrated pest control.** *(FAO/ UNEP meeting-report AGP: 1974/M/8, FAO, Roma 1975)*

13. **Resistance of Vectors and Reservoirs of Disease to Pesticides.** *WHO Technical Report Series Nº 585 (OMS, Ginebra, 1976)*

14. *Gunn, D.J. Stevens J.G.R.* **Pesticides and Human Welfare.** *(Oxford, Oxford University Press, 1976)*