
*J. V. Lovett **

*Alternativas a los productos
agro-químicos en la
agricultura del futuro ***

INTRODUCCION

Actualmente disminuye la disponibilidad o capacidad de empleo de muchos recursos agrícolas, y las posibles restricciones de los derivados del petróleo dan lugar a la máxima inquietud. Aunque de impacto menos llamativo, la degradación de ese recurso que es la tierra, tiene implicaciones más graves en cuanto a que la agricultura pueda o no seguir practicándose en el futuro. Mc. Garity (1980) cita al respecto una velocidad de formación de la tierra del orden de 0,01 a 0,20 mm. de grosor por año, mientras estima que la pérdida anual de la tierra de cultivo puede ser de 1 mm. o más.

Un recurso sigue relativamente infinito: el genético. Aunque se explota hasta cierto grado, aún puede satisfacer muchas de las demandas de la agricultura presente. En todo el mundo se están explotando las posibilidades de emplear

* Departamento de Agronomía y Edafología, Universidad de New England, Armidale, N. S. W. 2351, Australia.

** Este texto fue publicado en la revista trimestral *Biological Agriculture and Horticulture*, 1981, vol. 1, págs. 15 a 27; de A. B., Academic Publishers, P. O. Box 97, Berkhamsted, Herts HP4 2PX, Inglaterra. Traducido por Alvaro Altés.

los vegetales como fuente de combustible líquido (Hall, 1980), pero sigue potencial la capacidad de emplear las plantas para conservar otros recursos y crear sistemas agrícolas más duraderos. Por ejemplo, mucha selección varietal se centra ya en la mejora de la resistencia a las plagas y a las enfermedades, estimulando las defensas naturales (Russell, 1978; Dalmacio, 1979). Estas defensas son de muchos tipos; con frecuencia ha habido interés por investigar las sustancias químicas derivadas de los vegetales, que actúan como repelentes de insectos, nemátodos, bacterias, hongos e incluso otras plantas (Levin, 1976). Parece haber un futuro real en el control de tales defensas naturales vegetales con objeto de reducir la dependencia en los productos fitosanitarios sintéticos.

PROGRESOS RECIENTES EN LOS CULTIVOS

Con el número de comunicaciones publicadas a lo largo del tiempo hemos medido el interés de los investigadores sobre distintos campos, en relación con los principales tipos de cultivo (tabla 1).

De esta tabla se desprende que durante el período revisado han cambiado de forma encubierta los temas por los que se interesan los investigadores. Sin embargo, surge claramente la concentración en ciertos campos, como el predominio de la agronomía de los cultivos (adaptación y fisiología). A continuación viene el empleo de los recursos genéticos. Los apartados de plagas, enfermedades y plaguicidas, juntos suman el 11,7 por 100 del total de investigación. La investigación sobre malas hierbas ha sido mucho menor, y hay tres veces más comunicaciones sobre el efecto de los herbicidas que sobre otros aspectos de las malas hierbas y su control. Las rotaciones de cultivos y la lucha biológica —campos a los que los agrónomos se vuelven hoy buscando una mayor estabilidad para los sistemas agrícolas— han recibido poca o ninguna atención en cuanto a los grandes grupos de cultivos durante los últimos cincuenta años.

En la tabla 2 están los datos sobre superficie y producción de algunos de los cultivos principales, de 1929 a 1979.

Tabla 1

Número de publicaciones recogidas a intervalos de cinco años y sumadas. Fuentes: Biological Abstracts 1929-1944, Field Crop Abstracts 1949-1979. Abscisas: principales grupos de cultivos. Ordenadas: clases de investigación

	Cereales	Legumi- nosas	Oleícolas	Fibras	Raíz	Caña de azúcar	Tabaco	Total	% del total
Agronomía, adaptación y fisiología del cultivo.	6,247	2,406	649	1,044	1,744	313	439	12,842	59,1
Genética	1,465	299	108	204	341	119	96	2,632	12,1
Plagas y enfermedades	531	171	20	140	297	247	151	1,557	7,2
Calidad	564	102	74	92	154	12	54	1,052	4,8
Plagas, enfermedades y plaguicidas	348	115	17	182	236	19	67	984	4,5
Reguladores del crecimiento	461	95	32	126	134	7	29	884	4,1
Tecnología	301	62	10	68	153	75	42	711	3,3
Malas hierbas y herbicidas	250	78	18	53	90	21	24	534	2,5
Rotaciones de cultivos	92	130	2	18	23	7	2	274	1,3
Malas hierbas	113	20	8	15	16	11	1	184	0,8
Lucha biológica	16	6	0	13	6	17	5	63	0,3
Total	10,388	3,484	938	1,955	3,194	848	910	21,717	100,0
Porcentaje del total	47,8	16,0	4,3	9,0	14,7	3,9	4,2		

Tabla 2

De arriba abajo en cada grupo de tres cifras: Superficie (en miles de ha.), producción (en miles de Tm.) y rendimiento (en Tm/ha.) de algunos de los principales cultivos mundiales. Fuente principal: Anuario de producción de la F. A. O. (Primera, segunda y tercera cifra, respectivamente, para cada cultivo.) (*): Excepto U. R. S. S. y China. (+): Excepto U. R. S. S.

	1929/30	1949	1974	1979
CEREALES				
Trigo	99.919 *	134.600	224.712	237.185
	95.202	141.500	360.231	415.810
	0,95	1,05	1,60	1,75
Cebada	30.756	37.800	88.909	98.818
	39.622	42.300	170.858	176.031
	1,29	1,12	1,92	1,78
Maíz	74.180 +	84.200	116.709	120.052
	110.192	138.600	292.990	384.744
	1,49	1,65	2,51	3,21
Arroz	53.400 *	91.400	136.791	145.959
	57.607	150.100	323.201	377.769
	1,08	1,64	2,36	2,59
Sorgo	—	28.300	42.524	51.980
	—	20.800	46.908	67.816
	—	0,73	1,10	1,31
LEGUMINOSA				
Soja	—	12.300 *	44.478	56.816
	—	13.800	56.083	94.288
	—	1,12	1,26	1,66
OLEAGINOSAS				
Girasol	—	3.100 *	8.963	12.027
	—	1.850	11.138	15.068
	—	0,60	1,24	1,25
Colza	—	8.810	9.303	12.655
	—	4.930	7.227	10.824
	—	0,56	0,78	0,86
FIBRA				
Algodón	33.144	26.500	33.754	—
	5.918	6.170	13.693	14.050
	0,18	0,23	0,41	—
RAIZ				
Patata	13.517	12.800	21.931	18.350
	136.522	143.900	293.724	284.471
	10,1	11,2	13,4	15,5

Puesto que los efectos estacionales están promediados, estos datos pueden tomarse como índice del éxito en las investigaciones y en su aplicación a la producción de las especies respectivas.

Las producciones de la tabla 2 son medias mundiales y son mucho menores que las de los mejores países productores, a su vez menores que las obtenidas en condiciones experimentales. Sin embargo, parece que todos los cultivos principales citados han visto aumentar significativamente su media de producción durante el pasado medio siglo. Estos aumentos pueden atribuirse a la mejora varietal y de las prácticas de cultivo, al mayor empleo de fertilizantes y a la evolución de los fitosanitarios.

En algunos cultivos —como en el trigo— la demanda ha sido tan grande que la superficie dedicada a ellos ha aumentado enormemente, forzando su extensión a ambientes menos hospitalarios, lo cual reduce mucho los aumentos en la producción que se habrían puesto de manifiesto de cultivarse sólo en aquellas zonas en las que están mejor adaptados. Así, mientras el aumento medio del rendimiento del trigo ha sido de 0,65 Tm/ha., el aumento del arroz ha sido de 1,28 Tm/ha. En unos pocos casos —por ejemplo, en el algodón— los aumentos fueron tan grandes que permitieron satisfacer la demanda sin un aumento significativo de la superficie destinada a su cultivo.

Los aumentos principales de la superficie, y con frecuencia de la producción anual, tuvieron lugar después de la Segunda Guerra Mundial. Entonces también surgió el interés por la investigación; por ejemplo, sólo el 10 por 100 aparecieron antes de 1945. Sin embargo, la falta de volumen investigador no mengua los avances significativos de antes de la guerra; por ejemplo, ya en 1927, se consideró la necesidad de la selección varietal de los cultivos extensivos en cuanto a la resistencia a las enfermedades (Leighty, 1927). Antes de la guerra se insistió mucho en las interacciones de las plagas con el clima, la tierra, las variedades y las rotaciones de cultivos, y se trabajó mucho en desarrollar la tecnología de los fertilizantes, a la vez que en el intercalamiento de leguminosas entre el maíz y otros cultivos. Es decir, que

hace cincuenta años había interés por aquellas prácticas agrícolas bien asentadas, sostén de grandes aumentos de población como el que hubo durante la Revolución Industrial, que eran relativamente estables y no dependían para su mantenimiento de aportes fuertes de productos químicos sintéticos. Durante los años treinta, y a lo largo de la Segunda Guerra Mundial, aumentaron las investigaciones sobre plaguicidas (Green *et. al.*, 1977; Ivens, 1980). En algunos casos estos plaguicidas reemplazaron sustancias naturales como las piretrinas, que ya habían establecido su valor como insecticidas (Morton, 1979), pero que durante algún tiempo no se suministraban.

Hacia 1949, tras la guerra, la irrupción en la agricultura y la disponibilidad de un amplio espectro de nuevos productos químicos para la agricultura, alzaron la industria agroquímica.

Brader (1979) indica que a comienzos de los años cincuenta, en zonas como Norteamérica, Europa y Australia, se es consciente de que enfocar de forma unilateral el problema de las plagas, no lo resuelve, y dice que algo de preocupación se manifiesta en cuanto a que los principios ecológicos básicos no siempre se tienen presentes al emplear los productos químicos. Esto retardó poco el desarrollo de la industria, y se mantuvo el interés por el progreso de los productos químicos, como lo demuestran las publicaciones a lo largo de los años cincuenta.

Durante los sesenta comenzó a manifestarse la preocupación por el impacto de los productos químicos en las especies que no se pretendía combatir. Se introdujeron entonces métodos de evaluación más estrictos para estos productos (Green *et. al.*, 1977; Ivens, 1980) y comenzó a disminuir el interés por investigar otros nuevos, aunque debe señalarse (fig. 1) que en 1979 casi el 20 por 100 de las publicaciones científicas sobre los cultivos de fibra, se dedicaban aún a esto. Aunque ahora es patente una mayor vigilancia en la explotación de los productos químicos, sólo su formulación y aplicación domina aún grandes sectores de las publicaciones científicas; por ejemplo, en las revistas *Weed Science* y *Weed Research* de 1978, el 69 por 100 y el 73 por

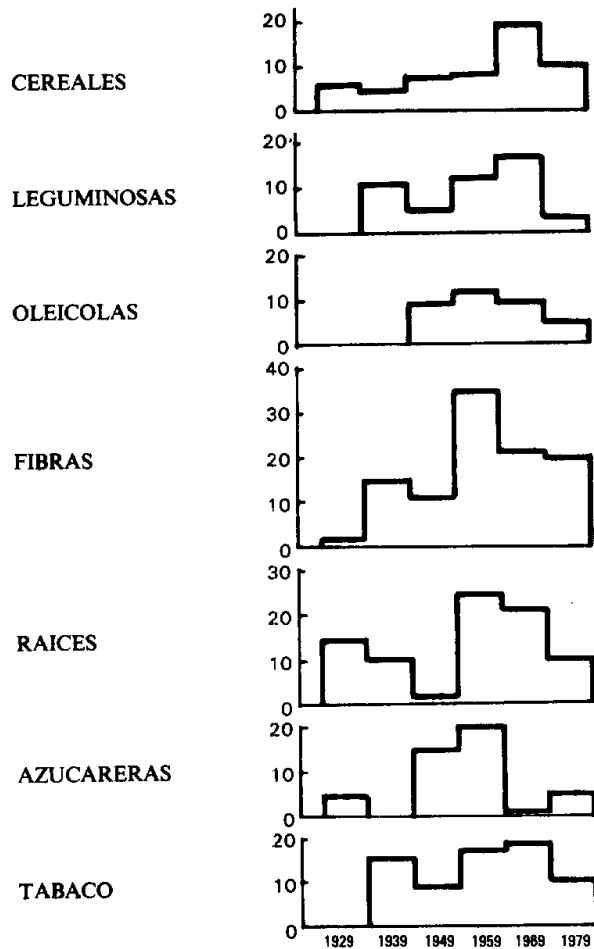


Fig. 1.: Porcentaje de publicaciones sobre productos químicos agrícolas sobre el total de publicaciones revisadas. Fuentes: Biological Abstracts 1929, 1939; Field Crop Abstracts 1949-1979.

100, respectivamente, tenían que ver con herbicidas. En estas circunstancias se comprende que Levins y Wilson (1980) declarasen que «la práctica del control de plagas contemporáneo tiene todavía una base muy pequeña» y que «se dedica poca investigación fundamental a la ecología de poblaciones o de comunidades de los sistemas agrícolas».

Los agricultores de los países desarrollados invierten en

los productos químicos porque tal gasto les compensa económicamente. Green *et. al.* (1977) indican que por cada dólar gastado en los EE. UU. en plaguicidas, resultan en promedio alrededor de cuatro más de ingresos para el agricultor. En Gran Bretaña, el cálculo da una y cinco libras, respectivamente. Sin embargo, tales cifras no tienen en cuenta los costes inadvertidos en cuanto al daño producido por el empleo de los plaguicidas. Este daño ya ha hecho que se retirasen algunos plaguicidas del mercado, por las razones que Bartell (1980) enumera:

I) Impacto destructivo sobre los parásitos naturales y los predadores de la especie combatida.

II) Impacto destructivo sobre un amplio espectro de especies no combatidas, que son controladores naturales. Esto puede crear nuevas plagas como resultado del aumento de la población de especies no perjudiciales en principio.

III) Degradación ambiental como resultado de los efectos sobre organismos no combatidos.

IV) Costes en aumento.

V) Problemas de salud humana.

VI) Aparición de la resistencia en las plagas.

El punto último es de particular importancia por sus implicaciones a largo plazo; por ejemplo, Georghiou y Taylor (1977) declaran que más de 360 especies de artrópodos han desarrollado resistencia a los insecticidas desde la Segunda Guerra Mundial.

La aparición de la resistencia ilumina uno de los principales fracasos del empleo de los productos químicos hasta la fecha, porque estas sustancias se han aplicado generalmente sobre la base de que es deseable la muerte total. La muerte total no se puede conseguir en la práctica común, y los ejemplares supervivientes al tratamiento serán el núcleo del que más tarde se desarrollarán generaciones resistentes. La *Heliotis armigera* y la *H. punctigera* son plagas importantes en muchos lugares del mundo. Aunque a veces van asociadas a cultivos particulares, poseen un amplio espectro de es-

pecies huéspedes. Así, en Queensland, Broadley (1977) informa de que atacan el tabaco, maíz, sorgo, algodón, alfalfa, cártamo, girasol, lino, cacahuete, tomate, judía verde, calabazas, pomos y otras especies. Wilson (1974) consideró la resistencia de ambas especies a los insecticidas en la antigua zona irrigada del noroeste de Australia. Entonces *H. armigera* mostraba resistencia al D. D. T., al toxafeno y a mezclas de ambos, y una débil resistencia al metilparatión y al endosulfán. Metcalf (1980) refiere que *Heliothis spp.* se está volviendo ahora resistente a los piretroides sintéticos, productos químicos nuevos —en comparación— para controlar las plagas.

Se conocen menos los efectos a largo plazo de los herbicidas que de los insecticidas (Ivens, 1980), pero Alí y Souza Machado (1981) informaron de 13 especies de malas hierbas que presentaban resistencia a los herbicidas a base de triazina en más de 25 puntos de Norteamérica. Otros resultados del empleo continuado de herbicidas suscitan preocupación. Así, Holm *et al.* (1977) comentan que «la comunidad mundial tiene que gastar muchos millones de dólares en la biología y el control de unas pocas especies de malas hierbas, que son sólo de importancia secundaria para la producción alimenticia mundial, mientras varias de las malas hierbas más destructivas del mundo aún no pueden controlarse en muchos de los cultivos donde se encuentran». Muchas hierbas anuales dicotiledóneas, que han sido controladas con sustancias como el 2,4-D, pueden caer dentro de esta categoría «de importancia secundaria», y como consecuencia de su limitación ha habido un aumento de otras poblaciones de malas hierbas, principalmente gramíneas, que son más difíciles de controlar.

Los ejemplos demuestran por qué las pérdidas de cerca del 50 por 100 del potencial productivo anual de los cultivos, debidas a diversos predadores (Russell, 1978), continúan ocurriendo a pesar del desarrollo de la química agrícola.

Green *et al.* (1977) citan el coste de preparación de cada nuevo plaguicida, en 1972, en 10 millones de dólares; quizá ahora sea el doble (Metcalf, 1980). Una gran parte de estos

costes es atribuible a los estrictos requisitos que ahora deben satisfacer los productos químicos en cuanto a las consecuencias ecológicas de su empleo. La mayor concienciación de sus posibles efectos indeseables hace que ahora la investigación tenga en cuenta su capacidad para afectar a otros seres vivos una vez han alcanzado las plagas, para ser biodegradados y su impacto general sobre el ambiente. En este sentido se avanza a medida que los agrónomos se dan cuenta de que los productos químicos no pueden eliminar los problemas, y de que sería más racional emplearlos como una parte más en el control integrado de las plagas.

ESTRATEGIAS FUTURAS EN LA PRODUCCION AGRICOLA

Los problemas del costo, el aumento de la resistencia y los efectos colaterales obligarán a abandonar el empleo indiscriminado de plaguicidas en la agricultura del futuro. Su empleo estratégico continuará, pero con permutaciones de sustancias para retardar la aparición de resistencias, e incorporados en estrategias de conjunto. Tales estrategias no supondrán una dependencia exclusiva en un componente (Levins y Wilson, 1980). Entre las funciones más adecuadas para las sustancias existentes está su empleo en el «cultivo mínimo», según Elias (1969) y Young (1973) para los países en desarrollo y desarrollados, respectivamente. Habiendo «abatido» la vegetación existente, ya se puede cultivar e implantar el cultivo a un coste menor que el convencional.

Green *et al.* (1977) han dado cifras sobre el ahorro de energía posible, practicando el cultivo mínimo (tabla 3) obtenidas de pruebas efectuadas en el National Institute of Agricultural Engineering británico con un gran tractor y trabajando una tierra franca. Puede ahorrarse una energía total de alrededor de 1,0 GJ/ha. empleando las técnicas del cultivo mínimo.

El incluir productos químicos en las estrategias alternativas también exige volver a asesorar sobre prácticas como la rotación de cultivos, cuya importancia ha disminuido du-

rante este siglo. Hurd y Spratt (1975) dan cifras que muestran cómo las rotaciones de cultivos afectan las propiedades bióticas, químicas y físicas de la tierra, beneficiando el rendimiento potencial del cultivo. Además, el control de malas hierbas y plagas se basa en el hecho de que rotando los cultivos también «rotan» las malas hierbas y otras plagas asociadas con ellos (Harper, 1977).

Tabla 3

Energía empleada en el cultivo convencional y en la siembra directa (direct drilling o cultivo sin arar) según Green, Hartley y West, 1977

<i>Labor</i>	<i>Arado y cultivado Combustible (litros/ha.)</i>	<i>Energía (GJ/ha.)</i>
Arada	22,5	0,75
Pasada de cultivador pesado (1 x 2)	22,5	0,75
Gradeo ligero	5,6	0,19
Siembra	11,2	0,38
Gradeo ligero	5,6	0,19
Total		2,26

<i>Labor</i>	<i>Siembra directa Combustible (litros/ha.)</i>	<i>Energía (GJ/ha.)</i>
Fumigación	1,7	0,06
Siembra	11,2	0,38
Gradeo	5,6	0,19
Paraquat (0,84 kg/ha.)		0,39
Total		1,02

Burnside (1978), al comentar la relativamente simple rotación de sorgo y soja, insiste en los beneficios de combinar cultivos de dicotiledóneas. Pueden emplearse técnicas mecánicas, de cultivo y químicas para obtener un control de amplio espectro sobre las malas hierbas. Tal control lo facilita una fase de pasto en rotación. La ventaja principal de estos sistemas es que se evita que las plagas y las hierbas proliferen hasta las proporciones epidémicas que propicia el ambiente del monocultivo.

Un factor que puede ayudar a disminuir la dependencia en los productos químicos es una mejor adaptación de los

cultivos al ambiente, puesto que las tensiones ambientales forman parte del conjunto de tensiones a que se ve sometida la planta. Por ejemplo adaptar, ajustar mejor el crecimiento del cultivo a la temperatura, la humedad de la tierra y la longitud del día (Anderson *et al.* 1977) puede reducir la tensión a que está la planta, volviéndola capaz de resistir mejor otras tensiones. De igual forma, si el cultivo puede volverse más resistente a las tensiones impuestas por otros organismos, entonces aumentará su capacidad para soportar las ambientales.

La estimulación de las defensas propias de las plantas suscita de nuevo el importante papel de la selección varietal para ayudar a racionalizar el empleo de estos productos. Ya se ha citado la base bioquímica de las defensas vegetales. Todas las plantas poseen diversos compuestos bioquímicos secundarios (Levin, 1976), muchos de los cuales actúan como biocidas contra los organismos predadores o competidores. Las investigaciones sobre algunas asociaciones de hierbas y cultivos (Lovett y Levitt, 1981) han indicado que en cada caso la hierba puede aumentar su acción competitiva liberando al ambiente sustancias adversas al crecimiento del cultivo. Muchas hierbas y cultivos pertenecen a familias de plantas en las que es común la presencia de sustancias parecidas (ver por ejemplo, Feeny, 1977), pero están en menor cantidad en los cultivos que en las hierbas debido a la selección varietal (Waller y Nowacki, 1978). La presencia de tales sustancias se puede seleccionar para conferir resistencia ante los insectos (Maxwell *et al.*, 1972) y parece que también puede aumentarse la cantidad de sustancias antagonistas de otras plantas, así como de hongos y bacterias (Anderson *et al.*, 1979). La diversidad natural bioquímica en un ecosistema agrícola puede tener una influencia estabilizante, en contraste con la influencia desestabilizadora de los productos químicos empleados en un intento de eliminar un componente de tal sistema, pero que alcanzan a otras especies no combatidas.

Al igual que la rotación de cultivos, del control biológico cabe esperar el empleo de la diversidad para promover la estabilidad. Por ejemplo, Piggin (1980) habla de sistemas

de control para el *Echium plantagineum* que integran técnicas de recolección, pastoreo, herbicidas y un espectro de agentes de control biológico que abarca minadores de las hojas, taladros de la raíz, tallos y flores, y un escarabajo que hace abortar las semillas. Los *Heliothis spp.*, que se alimentan de un amplio espectro de cultivos, están sujetos a diversos controles biológicos como dos hongos, dos virus y un protozoo (Teakle, 1977). Recientemente se han probado los agentes más pequeños de control biológico jamás empleados: los baculovirus (Tinsley, 1977). Los virus pueden fumigarse sobre los lugares donde se alimentan los *Heliothis* o pueden emplearse en cebos, alternativa que presenta menos peligro ecológico. También en este organismo se realiza mejor el control biológico, integrando el cultivo de plantas trampa y el empleo estratégico de plaguicidas.

Beirne (1980) comenta que «el control biológico es una inversión a largo plazo». Ciertamente, hay muestras de éxitos espectaculares en el control de una plaga, empleando uno o varios agentes. El control del cactus (*Opuntia spp.*) por larvas de la mariposa *Cactoblastis cactorum*, en Australia, es un ejemplo de esto, pero, como se ha dicho antes, los programas recientes tienden a hacer participar algunos organismos y a basarse en la combinación de tensiones que debiliten y, por último, permitan controlar el organismo problemático.

Los beneficios económicos provenientes de los programas de control biológico salen favorecidos al compararse con los productos químicos. Así, Beirne (1980) da cifras demostrativas de que cada dólar invertido en el Departamento de Control Biológico de la Universidad de California, entre 1923 y 1959, ha proporcionado un ahorro de 30 dólares.

CONCLUSION

Los beneficios a corto plazo de la investigación sobre los productos químicos y su empleo han sido compensados por la aparición de problemas a largo plazo, algunos de los cuales aparecen más difíciles de tratar que aquellos que han resuelto. Como señala Metcalf (1980), en la «era de los pla-

guicidas» posterior a la Segunda Guerra Mundial, la agricultura ha pasado por una época de optimismo hacia 1962, una época de duda hacia 1976, y después de preocupación con el «control integrado de las plagas». Aun así siguen siendo altas las pérdidas en el rendimiento potencial de los cultivos, aparentemente como consecuencia de seguir objetivos demasiado estrechos de miras, en detrimento de los sistemas agrícolas a largo plazo.

Brader (1979) dice que el valor de la actitud integradora en el control de plagas y malas hierbas se ha reconocido en el mundo desarrollado desde hace unos treinta años, donde paradójicamente se ha venido aplicando desde hace tiempo por necesidad. Brader (1979) insiste en tres factores:

I) Aceptar perjuicios económicamente soportables, y estar bien enterado de la situación de la plaga, en algunos casos con capacidad para preverla;

II) empleo máximo del control, mediante las técnicas de cultivo;

III) empleo óptimo de las plagas y predadores naturales, apoyado por la cría masiva y suelta de tales organismos. Los plaguicidas selectivos también pueden jugar un papel.

El valor de estos factores ya se reconoce en algunos lugares del mundo. Así, la previsión y predicción de las plagas de langosta en Australia ayuda de forma importante a controlarlas (Begg *et al.*, 1980), y tales técnicas podrían ampliarse si se conociera mejor la ecología de muchas plagas. También ha de promoverse el control mediante las técnicas de cultivo, con objeto de reducir al mínimo la persistencia de las plagas: la rotación de cultivos, el adecuado tratamiento de los residuos vegetales, la reducción del período de crecimiento, colocación de plantas concurrentes que ocupen la mayor superficie posible, y la siembra de plantas-trampa (Brader, 1979). Tales técnicas se aceptan como partes completas de los sistemas agrícolas del mundo desarrollado, muchas de las cuales son antiguos sistemas que han sobrevivido numerosos siglos y han mantenido poblaciones humanas muy grandes. Una característica significativa de estos sistemas es que los rendimientos rara vez se aproximan al máxi-

mo potencial para los cultivos en cuestión, pero en comparación son constantes y se consiguen a un coste bajo. Esta característica puede explicar por qué, a pesar del reciente interés por el control integrado de las plagas, en los llamados países desarrollados, según Metcalf (1980), no se ha logrado reducir las pérdidas del rendimiento potencial dentro de límites aceptables. Parece que la agricultura de los países desarrollados pudiera beneficiarse de una revalorización de las estrategias presentes en la selección varietal y la producción, que a menudo parecen tener como fin la maximización del rendimiento sin contar con el coste. Un sistema de cultivo que abarque estos razonables enfoques sobre el control de las plagas y las malas hierbas, es capaz de reducir las pérdidas de los cultivos; el agricultor puede tener varios cultivos con un potencial productivo menor, que necesiten menos recursos pero den cosechas e ingresos parecidos a los alcanzables actualmente a un coste mucho más elevado. Las cifras de Lockeretz *et al.* (1980) justifican estas ideas. Las recogieron en el Cinturón de Maíz de los EE. UU., y demostraban que las producciones del maíz de las granjas que empleaban una tecnología sin herbicidas, insecticidas y fertilizantes comerciales, eran iguales o mejores que las producciones logradas en las granjas «convencionales», excepto cuando la temporada era buena, en que éstas superaban a las primeras.

El reto inmediato es impulsar una actitud más razonada hacia los problemas agrícolas, y resistir la tendencia imperante de buscar soluciones simplistas. Siguiendo esta actitud, los productos químicos podrán emplearse más racionalmente en los sistemas cuyo principal objetivo sea la estabilidad y la conservación de todos los recursos agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- ALI, A., y SOUZA MACHADO, V. (1981): «Rapid detection of "triazine resistant" weeds using chlorophyll fluorescence», *Weed Research*, 21, 191-197.
- ANDERSON, W. K.; SMITH, R. C. G., y McWILLIAM, J. R. (1978): «A systems approach to the adaptation of sunflower to new envi-
-

- ronments. I. Phenology and development», *Field Crops Research*, 1, 141-152.
- ANDERSSON, B. A.; LUNDGREN, L.; NORELIUS, G., y STENHAGEN, G. (1979): «Production of allelochemicals in different plants as a criterion for selection in the search for genes of resistance against other insects and pests», *Entomologisk Tidskrift*, 100 (3/4), 130-134.
- BARTELL, R. J. (1980): «Alternatives to pesticides». En *Pesticides in Perspective*, págs. 18-24, Australian Institute of Agricultural Science; Sydney.
- BEGG, C.; MCHUGH, T., y BLACK, C. (1980): «Australian Plague Locust: Memoirs of a Campaign», *Agricultural Gazette of New South Wales*, 91, 22-28
- BEIRNE, B. P. (1980): «Biological control: benefits and opportunities». En *Perspectives in World Agriculture*, págs. 307-321. Commonwealth Agricultural Bureaux; Farnham Royal.
- BRADER, L. (1979): «Integrated pest control in the developing World», *Annual Review of Entomology*, 24, 225-254.
- BROADLEY, R. H. (1977): «*Heliothis*: serious agricultural pests in Queensland», *Queensland Agricultural Journal*, 103, 536-540.
- BURNSIDE, O. C. (1978): «Mechanical, cultural and chemical control of weeds in a sorghum soybean (*Sorghum bicolor-Glycine max*) rotation», *Weed Science*, 26, 362-369.
- DALMACIO, S. C. (1979): «Breeding for disease resistance. Food and Fertilizer Technology Centre», Taiwan, Extension Bulletin, número 129, 9 págs.
- DILLON, J. L., y SHARMA, S. (1980): «Economic aspects of energy use in agriculture». En *Soil Management, Energy Use and Crop Production* (J. V. Lovett and H. B. So, Eds.), págs. 209-228, University of New England Printing Unit; Armidale, New South Wales.
- ELIAS, R. S. (1969): «Rice production and minimal tillage». *Outlook on Agriculture*, 6, 67-71.
- FEENY, P. (1977): «Defensive ecology of the Cruciferae», *Annals of the Missouri Botanical Gardens*, 64, 221-234.
- GEORGHIOU, G. P., y TAYLOR, C. E. (1977): «Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon». En *Proceedings of the Fifteenth International Congress of Entomology*, págs. 759-785. Washington, D.C.
- GREEN, M. B.; HARTLEY, G. S., y WEST, T. F. (1977): *Chemicals for Crop Protection and Pest Control*. Pergamon, Oxford.
- HALL, R. O. (1980): «Renewable resources (hydrocarbons)», *Outlook on Agriculture*, 10, 246-254.
- HARPER, J. L. (1977): *Population Biology of Plants*, Academic Press, Londres.
- HOLM, LEROY G.; PLUCKNETT, D. L.; PANCHO, J. V., y HERBERGER, J. P. (1977): *The World's Worst Weeds*, East-West Centre, University Press of Hawaii; Honolulu.
- HURD, E. A., y SPRATT, E. D. (1975): «Root patterns in crops as related to water and nutrient uptake». En *Physiological Aspects of Dryland Farming* (U. S. Gupta, ed.), págs. 167-235, Oxford and IBH Publishing Co.; Nueva Delhi.

- IVENS, G. W. (1980): «Weed science and technology». En *Perspectives in World Agriculture*, págs. 181-206, Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal.
- LEIGHTY, C. E. (1927): «Breeding plants for disease resistance», *Journal of the American Society of Agronomy*, 19, 219-225.
- LEVIN, D. A. (1976): «The chemical defences of plants to pathogens and herbivores», *Annual Review of Ecology and Systematics*, 7, 121, 159.
- LEVINS, R., y WILSON, M. (1980): «Ecological theory and pest management», *Annual Review of Entomology*, 25, 287-308.
- LOCKERETZ, W.; SHEARER, G.; SWEENEY, S.; KLEPPER, G.; BANNER, D., y KOHL, D. H. (1980): «Maize yields and soil nutrient levels with and without pesticides and standard commercial fertilizers», *Agronomy Journal*, 72, 65-72.
- LOVETT, J. V., y LEVITT, J. (1981): «Allelochemicals in the future agriculture». En *Biological Husbandry. A scientific approach to organic farming*. (B. Stonehouse, ed.), págs. 169-180, Butterworths; Londres.
- MCGARITY, J. W. (1980): «Management influences on soil chemical and biological properties». En *Soil Management, Energy Use and Crop Production*. (J. V. Lovett and H. B. So, eds.), págs. 76-96, University of New England Printing Unit; Armidale, Nueva Gales del Sur.
- MAXWELL, F. G.; JENKINS, J. N., y PARROT, W. L. (1972): «Resistance of plants to insects», *Advances in Agronomy*, 24, 187-265.
- METCALF, R. L. (1980): «Changing role of insecticides in crop protection», *Annual Review of Entomology*, 25, 219-256.
- MORTON, N. (1979): «Synthetic pyrethroids on cotton: a spray application strategy», *Outlook on Agriculture*, 10, 71-77.
- PIGGIN, C. M. (1980): «Management of *Echium plantagineum* L. (Paterson's Curse, Salvation Jane) in Australia». En *Proceedings of the 50th Congress of the Australian and New Zealand Association for the Advancement of Science*, Section 13 (en prensa).
- RUSSELL, G. E. (1978): *Plant breeding for pest and disease resistance*. Butterworths, Londres.
- TEAKLE, R. E. (1977): Diseases of the *Heliothis* caterpillar. *Queensland Agricultural Journal*, 103, 389.
- TINSLEY, T. W. (1979): «The potential of insect pathogenic viruses as pesticidal agents», *Annual Review of Entomology*, 24, 63-87.
- WILSON, A. G. L. (1974): «Resistance of *Heliothis armigera* to insecticides in the Ord Irrigation Area, north-western Australia», *Journal of Economic Entomology*, 67, 256-258.
- WALTER, G. R., y NOWACKI, E. K. (1978): *Alkaloid Biology and Metabolism in Plants*, Plenum; Nueva York.
- YOUNG, H. M. (1973): «'No-tillage' farming in the United States; its profit and potencial», *Outlook on Agriculture*, 7, 143-148.

RÉSUMÉ

On examine l'emploi conventionnel de quelques ressources agricoles principales dans le cadre de la récente orientation de la recherche sur les cultures et l'exploitation de son potentiel productif. La conclusion c'est que dans le passé récent les pratiques agricoles ont été simplifiées en excès. A fin de maintenir les systèmes agricoles conventionnels on emploie des produits chimiques qui sont des grandes utilisateurs de ressources, malgré quoi les pertes dans le potentiel productif dues aux mauvaises herbes, fléaux et maladies continuent à être d'une manière peu acceptable très élevées. Aussi font son apparition des problèmes tels que la progression des organismes résistants aux substances chimiques.

La pratique des nouvelles techniques de culture, l'amélioration de l'adaptation des cultures à l'environnement, la révalorisation des rotations, l'emploi plus répandu du contrôle biologique et la stimulation des mécanismes d'auto-défense des cultures, sont considérés comme les composants des méthodes agricoles de l'avenir, productifs, perdurables et moins exploitatives.

SUMMARY

Conventional use of some major agricultural resources is discussed in the context of recent trends in cropping research and in the realization of crop yield potential. It is concluded that, in the recent past, agricultural practice has become over-simplified. Resource-expensive agricultural chemicals are extensively used to maintain conventional agricultural systems, yet losses of crop yield potential due to weeds, pests and diseases remain unacceptably high. Problems such as the development of organisms resistant to agricultural chemicals are also emerging.

Incorporating new techniques of cultivation and crop management; improving adaptation of crop plants to environment; re-appraising crop rotations; making wider use of biological control and enhancing self-defence mechanisms of crop plants are perceived as components of productive, durable and less exploitative agricultural systems for the future.

