

Aplicación de herbicidas en

Hay que seguir las recomendaciones que aparecen en el envase para

Para reducir los costes de explotación en el cultivo de la remolacha, mediante una tecnificación adecuada, se necesita prestar una particular atención a las operaciones de aplicación de fitosanitarios, y de una manera especial a los herbicidas.

● **PIERO VENTURI.** Dpto. de Ingeniería Rural. Universidad Politécnica de Madrid

Las operaciones culturales de aplicación de herbicidas, que durante mucho tiempo han sido realizadas de manera descuidada, representan un capítulo importante en los gastos del cultivo. Por ello mejorando la calidad de la aplicación se pueden reducir los gastos de producción.

Este ahorro sólo se puede lograr con la aportación del herbicida más idóneo, en la dosis adecuada, en el momento oportuno y con la regulación apropiada de la máquina con la que se realiza la aplicación.

Además de las ventajas económicas que inmediatamente alcanza el agricultor por la aplicación correcta del fitosanitario, hay otras ventajas para la comunidad, al reducirse el impacto ambiental producido por los fitosanitarios.

Para la consecución de estas metas, se necesita conocer, en profundidad, los principales factores que inciden en la calidad de la aplicación. Estos factores son: los herbicidas y los equipos de pulverización.

Forma de actuación de los herbicidas

Los herbicidas se clasifican según la forma en la que actúan como:

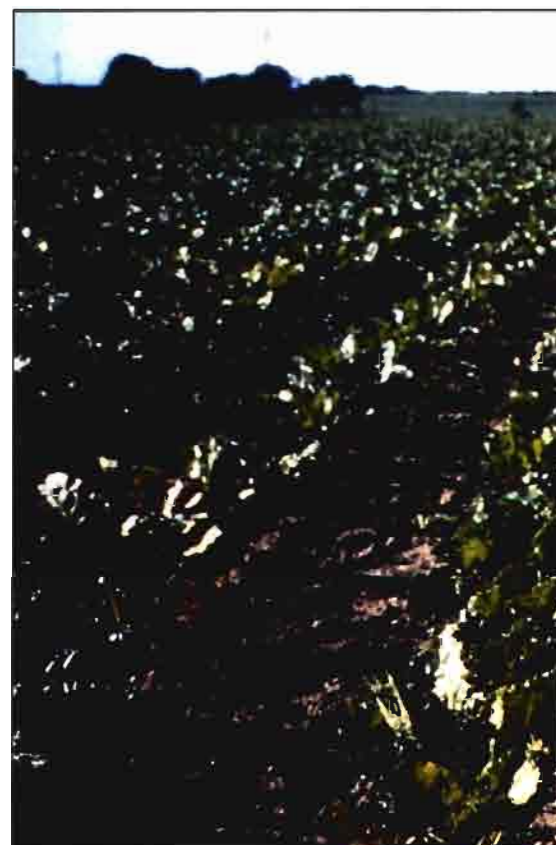
- De «posición», que se distribuyen formando una capa superficial y actúan como una «barrera» contra la germinación de las malas hierbas. La pulverización que puede obtener este efecto de cobertura total es la que proporciona gotas de tamaño comprendido entre 300 y 500 μm (100 μm = 0,1 mm).
- De «contacto», que queman la planta en el lugar donde se produce el contacto. Para un eficaz control de la infestación con estos productos la cobertura tiene que ser muy alta. Por tanto, para optimizar la relación entre la calidad de caldo y la cobertura obtenida se requiere una pulverización con un número elevado de gotas de pequeño diámetro (entre 200 y 300 μm).

- «Sistémicos», en los que con unas pocas gotas que toquen la planta ya resultan eficaces; su acción se propaga hasta la total destrucción de ésta. Se utilizan gotas de tamaño medio-alto para reducir el efecto deriva; en este caso lo más importante es que la concentración del caldo sea la adecuada.

El empleo de un herbicida concreto viene determinado por el sistema de lucha por el que se opte, en función del nivel de infestación producido. Si éste es bajo, puede resultar más económico una sencilla escarda manual.

El primer tratamiento que se efectúa normalmente es el de preemergencia, es decir antes de la siembra o de la nascencia de la remolacha. Antes de efectuarlo, hay que evaluar las características del suelo, ya que tiene que garantizar una larga persistencia del producto (por ejemplo un suelo arenoso favorece la lixiviación con la lluvia). Por otro lado tampoco se puede perder de vista la posible interacción con los residuos de otros herbicidas que reduciría la nascencia de la remolacha.

Las aplicaciones siguientes se realizan en función de la tipología de las malas hierbas presentes en el campo, se necesita conocimiento y experiencia a cerca del tipo de infestación, estadio en el que es más fácilmente controlable y principios activos más idóneos para ello. Generalmente se efectúan dos tratamientos de postemergencia en períodos de crecimiento diferentes de la remolacha, con productos adecuados, para un



Calibración de un pulverizador en un banco de recogida.

control general de las principales malas hierbas de este cultivo.

Posteriormente puede aparecer la necesidad de controlar una invasión específica, por ejemplo de avena loca, en el caso de gramíneas o de verónica, en el caso de dicotiledóneas. En este caso se requieren, lógicamente, tratamientos especiales directos contra el infestando.

el cultivo de la remolacha

conseguir un tratamiento correcto y eficaz



Daño producido por la deriva en la aplicación de un herbicida (HARDI).

Programación de las aplicaciones en la remolacha

En la Península Ibérica, el control de las malas hierbas en el cultivo de remolacha de siembra primaveral y otoñal debe hacerse de manera muy diferente. Esto es debido a que la remolacha entra en competencia con diferentes especies a lo largo de su período de crecimiento, según las distintas características de las áreas de cultivo. Se pone pues de manifiesto la necesidad de emplear para cada situación los herbicidas más idóneos.

Para la programación de un plan de lucha adecuado se dispone del asesoramiento de los productores de fitosanitarios y de los centros de investigación que difunden los distintos programas de control de malas hierbas y plagas. Lamentablemente hay que señalar que estos consejos no siempre se siguen por parte del que realiza el tratamiento, a costa, indudablemente, de pérdida económica y de eficacia en la aplicación.

En el asesoramiento del agricultor

remolachero en el control de las malas hierbas, hay que destacar la labor realizada por AIMCRA (Asociación de Investigación para la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera) que propone diferentes programas de aplicación tipo, a dosis moderada y reducida, en función de la zona de cultivo: siembra primaveral y siembra otoñal.

Siembra primaveral

En la remolacha de siembra primaveral (zonas Norte y Centro) se recomiendan dos programas básicos: uno utilizando dosis «moderadas» y otro sobre la base de dosis «reducidas» (ver **cuadro I**).

Utilizando dosis moderadas se recomienda: una primera aplicación en preemergencia, y otras dos en postemergencia (la primera, con las malas hierbas en estadio de cotiledones, la otra, 8 a 15 días después) mezclando un herbicida de contacto y otro residual.

Con dosis reducidas se aconseja realizar 4 tratamientos (que empiezan con las

malas hierbas en estadio de punto verde) con mezcla de distintos herbicidas a dosis muy bajas: uno en preemergencia y los otros tres en postemergencia. Este es el método más eficaz y económico para acabar con las malas hierbas, pero requiere un buen equipo de pulverización y mayor atención técnica por parte del agricultor.

Trabajando con dosis moderada en la Zona Centro, donde es frecuente el cultivo de remolacha sobre parcelas en las que repetidamente se había cultivado maíz, puede crearse un sinergismo dañino con la mezcla de los residuos de los herbicidas utilizados en maíz con los que se van a aplicar para la remolacha, por lo que es oportuno bajar las dosis.

Cuando se trabaja con dosis reducidas, como primera opción, en postemergencia se puede emplear una mezcla de Betanal, Tramat, Goltix y un aceite, obteniéndose buenos resultados. Otra opción es la de sustituir el Tramat y parte del Goltix por Lenacilo, consiguiéndose un ahorro importante sin perder eficacia, con un posible empleo en suelos arenosos y cascajos muy ligeros. Como la tercera opción se puede utilizar un herbicida solamente que resulta igualmente efectivo y muy simple en su manejo.

Si se presenta una contaminación muy notable de malas hierbas de hoja estrecha (avena loca, setaria, etc.) se propone un tratamiento especial que se aplicará con las gramíneas en estado de más de tres hojas. Contra un ataque de compuestas, se puede utilizar Lontrel Super (0,3 l/ha), con las malas hierbas entre 4 y 6 hojas. Para controlar salsola kali en cotiledones, se emplea en postemergencia, una mezcla entre Betanal (1 l/ha), Tramat (0,3 l/ha) y aceite (0,5 l/ha).

Siembra otoñal

El control, de malas hierbas en el cultivo de siembra otoñal se desarrolla a través de un tratamiento en preemergencia seguido de otros dos en postemergencia (ver **cuadro II**). Las dosis indicadas para el de preemergencia son las correspondientes a suelos de tipo medio, por lo que es aconsejable consultar a un especialista para ajustar de manera más precisa la dosis a cada tipo de finca.

Si sólo aparecieren compuestas se aplicará Lontrel Super como único herbicida, utili-

CUADRO I. RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DE LAS MALAS HIERBAS (siembra de primavera)

Opción: dosis moderadas		
ZONA NORTE		
Preemergencia: A elegir: • 3 Goltix • 4 Betoran (o Piracur) • 2 Goltix + 1 Tram. Postemergencia: • Tratamiento 1.º: 2 Betanal AM-11. • Tratamiento 2.º: 2 Betanal AM-11 + 2 GOLTIX.		
ZONA CENTRO		
Preemergencia: A elegir: • 2 Goltix • 3 Betoran (o Piracur) • 2 Goltix + 0,5 Tram. Postemergencia: • Tratamiento 1.º: 2 Betanal AM-11. • Tratamiento 2.º: 2 Betanal AM-11 + 0,5 TRAMAT.		
Opción: dosis reducidas		
Preemergencia: A elegir: • 2 Goltix • 3 Betoran (o Piracur) • 2 Goltix + 0,5 TRAMAT. Postemergencia: A elegir:		
Tratamiento 1.º	Tratamiento 2.º	Tratamiento 3.º
• 0,5 Betanal AM-11 • 0,2 Tram. • 0,5 Goltix • 0,5 Aceite	• 0,5 Betanal AM-11 • 0,2 Tram. • 0,5 Goltix • 0,5 Aceite	• 0,75 Betanal AM-11 • 0,3 Tram. • 0,7 Goltix • 0,5 Aceite
• 0,5 Betanal AM-11 • 0,2 Lenacilo • 0,3 Goltix • 0,5 Aceite	• 0,5 Betanal AM-11 • 0,2 Lenacilo • 0,3 Goltix • 0,5 Aceite	• 0,75 Betanal AM-11 • 0,3 Lenacilo • 0,3 Goltix • 0,5 Aceite
• 1,5 Bet Progress • 0,5 Aceite	• 1,5 Bet Progress • 0,5 Aceite	• 2 Bet Progress • 0,5 Aceite
Herbicidas antigramíneos		
Presiembra (incorporada): Avadex 4 l.		
Postemergencia: • Focus Ultra, 2 l. • Galant, 1 l. • Fusilade, 1,5 l. • Select 0,5 l + Aceite 3 l. • Master 1,5 l + Aceite 2 l.		

Fuente: AIMCRA modificado.

zando las dosis comerciales, que es la opción más económica con una buena eficacia.

En postemergencia, con fuertes infestaciones de gramíneas, se puede elegir entre Fusilade (Butil fluzifop), Focus (Cicloxi-dim), eficaz contra el Sorghum, Galant (Haloxifop o Etoxietil), que mejora la eficacia del Goltix contra las dicotiledóneas), Master (Quizalofop etil), utilizando todos en dosis de 0,5 l/ha. Específicamente, se emplearán Fervinal o Grasicidim si existe Lolium, y Select contra Poa annua.

Atención a las indicaciones del envase

Como se desprende con claridad del lenguaje habitual empleado por los agricultores, muchos de los cuales siguen hablando de «sulfatar» o de «tirar el herbicida», los tratamientos siempre han sido considerados como una práctica agrónó-

mica de escasa precisión. Así, el producto químico empleado no se elige en función de su eficacia para la situación particular de la parcela, sino más bien por el hecho de que es el producto ya se ha empleado el año anterior, o que lo utiliza el vecino con buenos resultados, o que es el que se encuentra disponible en el almacén.

Tampoco las advertencias de los fabricantes de los productos en cuanto a las dosis que se deben emplear, son seguidas con la debida atención. De este modo el operador prefiere poner una concentración mayor de caldo en la cuba para asegurarse de que el tratamiento va a ser eficaz, antes de correr el riesgo de tener que repetirlo.

Las indicaciones que podrían ser muy útiles para lograr una aplicación correcta no tienen aún mucho éxito. Si la aplicación no controla las malas hierbas el fallo se atribuye al producto empleado, y se rechaza como «malo», o se utiliza de nuevo con una dosis doble.

Combatir las malas hierbas en las rotaciones

Las rotaciones de los cultivos son un buen método de lucha contra las malas hierbas, no sólo porque produce variaciones de microclima que dificultan el desarrollo y la propagación de las plantas infestantes, asociadas al cultivo de la remolacha, sino porque además permite el empleo de productos fitosanitarios en unas condiciones en las que es posible aprovechar al máximo su potencial herbicida sin interferir con el cultivo.

Realizar un importante esfuerzo para el control de una determinada especie invasora, no tiene motivos exclusivamente agrónomos, sino más bien, de carácter marcadamente económico. Por tanto, no tiene sentido aplicar un herbicida caro contra una especie determinada sin tener en cuenta la posibilidad de realizar un tratamiento más efectivo y barato aprovechando las ventajas que ofrece la rotación.

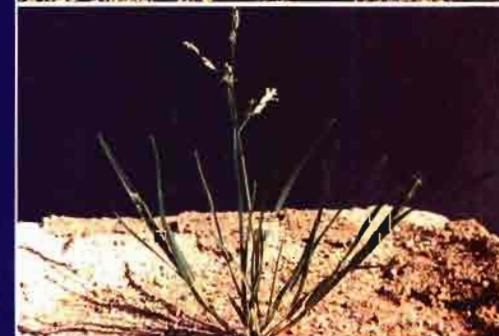
La remolacha, por ejemplo, sufre la presencia de ciertas malas hierbas habituales, a veces resistentes a los herbicidas selectivos (entre ellas el *Convolvulus arvensis*), que podrían ser controlada con sencillez en otros cultivos dentro de una rotación adecuada.

En este caso, los gastos correspondientes a los herbicidas aplicados fuera del cultivo de la remolacha, habrá que considerar que en cierto modo «pertenecen» a la remolacha, repartiendo su coste de manera proporcional entre los cultivos que componen la rotación. En su conjunto, esta opción será más ventajosa, tanto desde el

MALAS HIERBAS EN DIST



Polygonum aviculare (AIMCRA).



Poa annua (AIMCRA).

FASES DE DESARROLLO



Amaranthus retroflexus (AIMCRA).



Chenopodium album (AIMCRA).

punto de vista económico, como de la eficacia en el control de la vegetación adventicia.

La técnica de aplicación

Cuando en 1989 la industria azucarera pone en marcha una campaña para fomentar la calibración y la puesta a punto de los equipos que se utilizaban para aplicar herbicidas en el cultivo de la remolacha, se puso de manifiesto que, después de realizar el control de cerca de 1.000 equipos, menos del 10% se encontraban en condiciones para realizar una buena aplicación. El estado de las boquillas era la causa de una mala distribución transversal en el 88% de los equipos controlados; además en el 60% de los casos las boquillas empleadas eran inadecuadas para la aplicación que se pretendía efectuar con ellas.

Después del cambio de las boquillas defectuosas, el 90% de los equipos, los manómetros indicadores de la presión de pulverización eran testimoniales, ya que estaban inservibles; muchos reguladores no funcionaban; había un abundante número de equipos con bomba de engranajes, que no impulsaban suficiente caudal para alimentar a las boquillas; con las conducciones deterioradas y obstruidas, así como depósitos prácticamente con sistema de agitación, que mantuvieran el producto bien mezclado con el agua.

De este cuadro se desprende una clarísima conclusión: las características y el estado de las boquillas son la base fundamental de una buena aplicación, pero tampoco hay que descuidar los demás elementos que hacen posible que llegue a las boquillas el líquido a la presión adecuada para lograr una buena pulverización.

La calibración del pulverizador puede efectuarse en cualquier lugar en el que se disponga del equipo apropiado para la calibración, o bien directamente en la finca; en este último caso es preciso disponer de algunos elementos sencillos para la calibración del pulverizador hidráulico: varios recipientes para recoger el líquido pulverizado por las boquillas, un cronómetro y una cinta métrica. Con ellos se puede comprobar si el caudal que pulveriza cada una de las boquillas es el adecuado, si es similar en todas ellas y si la distribución completa se ajusta a las condiciones requeridas para la aplicación que se va a realizar.

Es decir, antes de comenzar con la calibración deben haberse fijado las condiciones de operación, en especial: el volumen de aplicación y tamaño medio de las gotas, con el objetivo de alcanzar la máxima eficiencia en el tratamiento.

También hay equipos de control espe-

CUADRO II. RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL DE LAS MALAS HIERBAS (siembra de otoño)

Preemergentes (1.º tratamiento)	
Especies en la parcela	Producto herbicida
FLORA BASE	
Hoja ancha: • <i>Laminum amplexicaule</i> • <i>Polygonum aviculare</i> • <i>Ridolfia segetum</i>	Pyrasur (3)
• <i>Poa annua</i>	Vanfix (2,5) (sólo en suelos fuertes)
Hoja ancha y estrecha: • <i>Phalaris</i> • <i>Urtica urens</i> • <i>Polygonum</i> • <i>Poa annua</i>	Tramat (2,5) + + Venzar (0,5)
Hoja ancha y estrecha • <i>Verónica</i> • <i>Laminum amplexicaule</i> • <i>Stellaria media</i>	Dual (0,8) + + Venzar (0,5)
• <i>Helianthus annuus</i>	Lontrel Super (0,3)
Postemergentes (2º y 3.º tratamiento)	
Especies en la parcela	Producto herbicida
FLORA BASE	
	Opción 1: Betanal Le (0,7) + + Tramet (0,7) + + Aceite (0,5).
	Opción 2: Betanal Tandem (1,25) + Aceite (0,5)
FLORA RESIDUAL	
• <i>Chenopodium</i> • <i>Galium</i> • <i>Laminum amplexicaule</i> • <i>Anagallis arvensis</i> • <i>Fumaria</i> • <i>Amarantus</i> • <i>Gramíneas</i>	Opción A) Goltix (0,7) o
• <i>Crucíferas</i> • <i>Fumaria</i> • <i>Verónica</i>	Pyramin DF (0,5)
• <i>Polygonum</i> • <i>Amaranthus</i> • <i>Urtica urens</i> • <i>Chenopodium</i> • <i>Ranunculus sardous</i> • <i>Crucíferas</i>	Opción B) Goltix (0,4) + Venzar (0,2) o
• <i>Chenopodium</i> • <i>Crucíferas</i>	Pyrasur (0,7)
• <i>Helianthus annuus</i> • <i>Compuestas</i> • <i>Umbellíferas</i> • <i>Rumex</i>	y/o Lontrel Super (0,1)

Fuente: AIMCRA modificado.

Nota. La opción B) se debe aplicar cuando la remolacha tiene dos hojas verdaderas. Cuando los tratamientos se realizan con las malas hierbas crecidas (2 a 4 hojas) las dosis deben incrementarse en un 30%.

cialmente diseñados por parte de los fabricantes de productos químicos como Caliset de Ciba, o los similares que proporcionan Teejet y Hardi, que facilitan, al que vaya a realizar el tratamiento, todos los instrumentos necesarios para efectuar la calibración, incluidas unas tablas de cálculo, de fácil empleo, con las fórmulas que

permiten, a partir de la velocidad de la máquina, determinar el caudal en boquilla necesario.

Tamaño de las boquillas y presión del trabajo

El tamaño de las boquillas se define por su caudal nominal, en l/min, que es el que pulveriza cuando trabaja a una presión de 3 bar. El aumento de la presión hace aumentar proporcionalmente el caudal pulverizado, reduciéndose el caudal cuando lo hace la presión. Por ello, el tamaño de la boquilla, para una determinada aplicación, deberá elegirse en función de la presión de trabajo a la que se vaya a realizar ésta.

Se recomienda el empleo de presiones de trabajo, para, de este modo, reducir el número de gotas sujetas a la deriva: la limitación de presión máxima, según diversos autores, es aquella que produce gotas con un diámetro inferior a 100 µm.

Las gotas que se emplean en aplicaciones preemergencia, o con herbicidas sistémicos (diámetros comprendidos entre 350-500 µm) se aplican utilizando boquillas de hendidura de 110° de ángulo de apertura para presiones entre 1,5 y 2,0 bar.

En postemergencia, se requieren gotas más finas con diámetro medio comprendido entre 200 y 300 µm. Se emplean boquillas de hendidura de 110°, trabajando a presiones comprendidas entre 2,35 y 3,0 bar.

La velocidad real de los trabajos se obtiene midiendo el tiempo empleado por la máquina en recorrer una distancia medida y aplicando la siguiente relación matemática que convierte m/s en km/h:

$$\text{vel (km/h)} = 3,6 \times \text{distancia recorrida (m)/tiempo empleado (s)}$$

Por ejemplo, para una distancia de 100 m y un tiempo de 50 s se obtiene una velocidad de 7,2 km/h.

$$\text{empleo de la calculadora: } 3,6 \times 100 = 50 =$$

Partiendo de la velocidad de trabajo y del volumen de aplicación se puede calcular el tamaño de la boquilla mediante el empleo de la fórmula:

$$\text{Caudal (l/min)} = \frac{\text{Volumen (l/ha)} \times \text{Velocidad (km/h)} \times \text{Distancia entre boquillas (m)}}{600}$$



Un equipo con las barras portaboquillas dobladas no asegura una distribución uniforme del herbicida.

Así, para aplicar 400 l/ha, trabajando a 6 km/h de velocidad real con una distancia entre boquillas de 0,5 m, se necesitaría un caudal para cada boquilla de:

$$\text{Caudal} = [400 \times 6 \times 0,5]/600 = 2$$

$$\text{empleo de la calculadora: } 400 \times 6 \times 0,5 = 600 =$$

Volumen de aplicación

En ningún caso se necesita aplicar más de 400 l/ha empleando barras tradicionales; con equipos con cortina de aire (neumáticos) se puede trabajar con 150 l/ha, mientras que con equipos especiales como las boquillas rotativas se puede alcanzar volúmenes ultra-bajos de 30-45 l/ha.

Hay que tener en cuenta que aumentando el volumen de aplicación (l/ha) se aumentan las pérdidas por escurrimiento de las gotas sobre la superficie de la hoja, reduciendo al mismo tiempo la concentración del principio activo en el caldo. En cambio, empleando volúmenes de caldo muy bajos se requieren gotas de tamaño pequeño, para obtener la cobertura homogénea deseada. Esto implica unas mayores pérdidas por deriva. Es decir, que el tratamiento óptimo tendría que efectuarse con el mínimo volumen, pero sin que las gotas lleguen a ser tan pequeñas que se produzca deriva.

▶ El tratamiento óptimo tendría que aplicarse con el mínimo volumen

Conclusiones

Indudablemente la interacción entre el producto químico, el tipo de tratamiento y la máquina con la que se aplica, juega un papel fundamental en la calidad de las distintas aplicaciones. La adecuación de la técnica utilizada a las características del producto que se emplea son objeto de investigación conjunta entre los fabricantes de fitosanitarios y los de

equipos de aplicación. Esta cooperación adquiere mayor relevancia, si cabe, con los programas PDR (producto a dosis reducida) y con las recién introducidas solfúneas que permiten el empleo de una cantidad mínima de principio activo por hectárea, pero al mismo tiempo solicitan una precisión extrema en la mezcla del caldo.

En este sentido es de máximo interés, para la economía del agricultor, seguir con atención las recomendaciones que aparecen en el envase del producto fitosanitario utilizado, como son: tipo de boquillas, presión de trabajo, diámetro de las gotas, así como determinar la velocidad de avance adecuada y el volumen más apropiado para obtener la máxima eficacia con el tratamiento en función de las características y el estado del equipo disponible.

A pesar de los avances que se han logrado, tanto a nivel técnico en la maquinaria de aplicación de fitosanitarios como a nivel de efectividad de los distintos fitosanitarios, para reducir los volúmenes de aplicación necesarios y la cantidad de materia activa; aún persiste un notable escalón entre lo que se aplica realmente en el campo y la cantidad mínima necesaria para obtener un adecuado control de las plagas. Se calcula que empleando una técnica de aplicación «perfecta» la necesidad de materia activa podría llegar a ser del 1% de lo que actualmente se necesita para controlar las plagas de los cultivos. Aun con el estado actual de las técnicas de aplicación, podrían producirse reducciones del 50%.

Todo ello hace que se pueda considerar, en la actualidad, a los tratamientos fitosanitarios como «operaciones tecnológicamente imperfectas», que un agricultor descuidado puede convertir en ineficaces, cuando no peligrosas para su propio cultivo. ■