



---

### **Monsanto investiga el caso de la dificultad de controlar *Sorghum halepense* en la Argentina**

(Buenos Aires, 28 de febrero de 2006). – Monsanto se encuentra investigando un caso de deficiencias en el control de Sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) con glifosato en el norte de la Argentina. Se continúan llevando a cabo investigaciones adicionales para esclarecer completamente estos estudios preliminares, así como también para determinar si la falta de control se transfiere a la generación siguiente.

“Hemos observado controles inconsistentes de este biotipo de sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) en nuestros estudios a la fecha”, declara el Ing. Miguel Alvarez Arancedo, Director de Asuntos Regulatorios de Monsanto LAS. “Estamos trabajando para estudiar más en profundidad este caso y determinar si este biotipo en particular es resistente al glifosato”.

Monsanto comenzó una investigación en 2004 después de que un productor de la provincia de Salta planteó una consulta sobre la falta de control del sorgo de Alepo con glifosato. El sorgo de Alepo es una gramínea perenne, originaria del Sur de Eurasia. Se reproduce por semilla y a partir de rizomas escamosos gruesos subterráneos, y puede llegar a una altura de 1,5 metros. Fue introducida en la Argentina como forrajera y, dada su excelente adaptación al medio, se transformó en maleza a nivel nacional.

“Monsanto se preocupa por el manejo de sus productos y el servicio al cliente, y estamos trabajando profundamente para aprender más”, declara Alvarez Arancedo. “No hemos recibido informes de un Sorgo de Alepo potencialmente resistente al glifosato en los Estados Unidos ni en ninguna otra parte del mundo. Nuestras pautas para el manejo de malezas por parte de los productores siguen siendo las mismas: que apliquen la dosis de glifosato correcta, sobre las malezas de tamaño correcto, en el momento correcto. También se recomienda el uso de los medios adicionales de control de malezas que sean necesarias para las malezas de cada campo.”

En el caso de que el biotipo de sorgo de Alepo del noroeste argentino demostrara ser resistente al glifosato, existen herbicidas que pueden mezclarse en el tanque con Roundup de modo de lograr el control efectivo de esta maleza y, a la vez, mantener la utilización del glifosato como base para el control de todas las demás malezas.

Las malezas resistentes al glifosato son relativamente escasas en comparación con la cantidad de malezas resistentes a otras familias de herbicidas tales como las triazinas (por ejemplo la atrazina) y los inhibidores de la enzima ALS (por ejemplo el imidazolinonas, sulfonilureas o sulfonanilidas).

Los casos de malezas resistentes al glifosato han podido manejarse efectivamente con mezclas de glifosato y otro herbicida en el tanque de la pulverizadora. Existen ocho especies de malezas en todo el mundo que son resistentes al glifosato luego de 30 años de uso, en comparación con unas 90 especies de maleza que son resistentes a herbicidas inhibidores de la ALS, luego de 20 años de uso comercial ([www.weedscience.org](http://www.weedscience.org)).

Como parte de su actual programa de trabajo, Monsanto recomienda que los productores sigan los principios agronómicos fundamentales y que informen de los casos donde se hubiera detectado un control insatisfactorio de malezas al representante de ventas para realizar un seguimiento.

Monsanto Company es proveedora líder de soluciones tecnológicas que mejoran la productividad agropecuaria y la calidad alimentaria. Para mayor información sobre Monsanto, visite [www.monsanto.com](http://www.monsanto.com).

## MALEZAS RESISTENTES A GLIFOSATO

### INTRODUCCIÓN

Un biotipo de maleza resistente a un herbicida queda determinado a partir de la aparición natural de un individuo (o grupo de individuos) con la capacidad de sobrevivir y reproducirse, aún cuando se hubiera aplicado la dosis del herbicida que controla los demás individuos (susceptibles) de la misma especie.

Hasta fines de 2005, en el mundo había 296 biotipos de maleza resistentes a muchos herbicidas. Esos biotipos pertenecen a 178 especies de malezas distintas, 107 dicotiledóneas y 71 monocotiledóneas.

Por ejemplo, existen 90 especies con biotipos resistentes a los herbicidas inhibidores de la enzima ALS<sup>1</sup>.

También hay 34 especies con biotipos resistentes a los herbicidas inhibidores de la ACCasa<sup>2</sup>.

En el caso de los inhibidores de la enzima EPSPS (glifosato), hay 7 especies en las que se ha confirmado resistencia a nivel mundial.

Como sucede en todos estos casos, un biotipo resistente que se manifestara en alguna de las especies de maleza citadas en el marbete de un herbicida a base de glifosato, puede no resultar efectivamente controlado por este herbicida, a las dosis recomendadas para esa especie.

Sin embargo, los herbicidas en general y el glifosato en particular, seguirán siendo vitales para el control de malezas en la agricultura moderna. El presente trabajo se orienta, entonces, a profundizar los conocimientos sobre la resistencia y a la adopción de los mejores criterios para mantener vigente la utilización del glifosato como herramienta básica para la producción agrícola actual.

### RESISTENCIA Y TOLERANCIA:

**Resistencia** es la capacidad hereditaria natural de un biotipo, dentro de una población, que le permite sobrevivir y reproducirse después del tratamiento con un herbicida que, bajo condiciones normales de utilización, controla efectivamente todos los demás individuos de la misma población. En ese contexto, la especie como tal es afectada por la aplicación del herbicida, pero una planta o grupo de plantas (biotipo) sobrevive y completa su ciclo reproductivo, a pesar de la aplicación del herbicida.

La resistencia a uno o varios herbicidas es una característica hereditaria cuya transmisión a las generaciones siguientes dependerá de la naturaleza del gen o genes involucrados y también de la presión de selección impuesta por el uso de ese o esos herbicidas.

*Hay distintos tipos de resistencia. La resistencia "cruzada" se manifiesta cuando cierto biotipo de una maleza presenta un mecanismo que lo vuelve resistente a varios herbicidas que comparten el mismo mecanismo de acción. Resistencia múltiple puede verificarse cuando un biotipo resistente presenta dos o más mecanismos que lo vuelven resistente a otros tantos herbicidas, aunque éstos productos no compartan el mismo mecanismo de acción. La resistencia cruzada negativa se puede observar en ciertos biotipos que, al tiempo que muestran resistencia a un tipo de herbicida, adquieren mayor susceptibilidad a otro que tiene distinto modo de acción o de degradación.*

**Tolerancia**, en cambio, es la capacidad hereditaria natural que tienen los individuos de todas las poblaciones de una determinada maleza para sobrevivir sin resultar afectadas, y reproducirse normalmente después del tratamiento con el herbicida. Ningún individuo de la especie tolerante resulta afectado por el herbicida de interés. La tolerancia no resulta de un proceso de selección que pueda atribuirse al uso del herbicida, sino que es una característica natural propia de cada especie de maleza, que le permite sobrevivir a un cierto ingrediente activo herbicida.

### ¿ CÓMO SURGE UN BIOTIPO CON RESISTENCIA A UN HERBICIDA ?

Se considera que la aparición de un biotipo resistente se hace evidente en un lote cuando los individuos (resistentes) que sobreviven al herbicida aplicado superan el 30% del total. Esta proporción, es el reflejo del proceso de **selección**, que permitió la notable difusión del biotipo resistente, al eliminar sólo los individuos sensibles al herbicida que se utilizó durante ese lapso. El biotipo resistente se desarrolla a partir de una mutación natural y espontánea, que puede ser única, y que da origen a un individuo especial entre los de su especie. Esa mutación no tiene ninguna relación con el herbicida que se aplica. Esto quiere decir, que los herbicidas no inducen el cambio (mutación) que genera el biotipo resistente. Sin embargo, al tener ahora una ventaja adaptativa en

---

<sup>1</sup> Acetolactato sintetasa (ALS)

<sup>2</sup> Acetil CoA carboxilasa (ACCCase)

presencia del herbicida, este biotipo es capaz de difundirse ampliamente en la población, es decir, es seleccionado favorablemente en detrimento de los individuos sensibles.

Existen diferentes tipos de resistencia, desde el punto de vista de los mecanismos biológicos que operan.

La mutación genética que podría desencadenar la selección de un biotipo resistente al herbicida utilizado, puede determinar cambios en el sitio en que el herbicida actúa en los individuos susceptibles (“insensibilidad del blanco”). O también puede modificar la capacidad de metabolización del herbicida por parte del nuevo biotipo (“detoxificación”) o puede generar interferencias en la penetración y/o la traslocación de la cantidad de herbicida necesaria para ejercer un efecto letal (“exclusión”).

En el primer caso, un biotipo que –por una mutación genética- presentara una menor afinidad del herbicida por el sitio de acción original, impactará directamente en la acción de ese herbicida. En general, este mecanismo confiere un alto nivel de resistencia al herbicida.

La ingeniería genética, utilizada para el desarrollo de los cultivos RR, determina –a partir de la construcción e introducción de secuencias genéticas específicas- un tipo de resistencia en la que también se confiere “insensibilidad” a la enzima sobre la que actuaría el glifosato.

Los herbicidas que inhiben la enzima ALS muestran, actualmente, la mayor cantidad de biotipos resistentes a nivel mundial. Esto se explica porque existen varias posibles mutaciones en el gen de la ALS que pueden volverla “insensible” a estos herbicidas, aún cuando la enzima mantenga su funcionalidad en la fisiología de la maleza.

En el caso del glifosato, por el contrario, la enzima EPSPs -el blanco de acción del herbicida-, presenta una baja probabilidad de desarrollar este mecanismo de resistencia, debido a que las mutaciones que podrían conferirle tienen alta probabilidad de afectar también la actividad de esta enzima, esencial para la vida misma de la planta. Esto se debe a la particular conformación que adopta la enzima para ejercer su función biológica.<sup>3</sup> Por ello, la frecuencia de mutaciones “viables” que afectan la sensibilidad de la enzima EPSPs al glifosato es muy baja., ya que casi cualquier cambio en ella será letal para la planta. El único caso comprobado de resistencia a glifosato por este mecanismo es el de *Eleusine indica* en Malasia, que resultó de bajo nivel.

Por su parte, si la mutación genética le permitiera al biotipo metabolizar una cierta cantidad de herbicida, de manera de permitirle sobrevivir y reproducirse, podría considerárselo resistente a ese herbicida. Este mecanismo de acción es de bajo nivel y su expresión dependerá de la capacidad de metabolización adquirida por el biotipo a partir de la mutación, y también de la dosis del herbicida que se le aplique.

El metabolismo y degradación del glifosato a compuestos no tóxicos por parte de vegetales superiores ya ha sido reportado, pero no está definido si la metabolización es producida por las plantas o por los microorganismos presentes en la superficie de las hojas sobre las que el glifosato se deposita. Otros estudios también sostienen la metabolización del glifosato por decarboxilación. Sin embargo, hasta ahora no se determinó que el metabolismo hubiera sido el mecanismo de selección de ninguno de los biotipos resistentes a glifosato detectados en el mundo. Es decir, no se conocen biotipos que hayan adquirido resistencia por haber podido metabolizar el glifosato, y no se considera probable que eso ocurra.

En cambio, la resistencia a glifosato por “exclusión”, que implica la llegada de una menor proporción de glifosato al sitio de acción debido a una reducida penetración y/o traslocación hacia los meristemas activos, explica la existencia de los biotipos de *Lolium* y *Coryza* resistentes a glifosato que se conocen actualmente.

### **¿ LA RESISTENCIA DEPENDE DE LA MUTACIÓN DE UN SOLO GEN (MONOGÉNICA) O DE VARIOS GENES (POLIGÉNICA) ?**

La resistencia de un biotipo por una mutación que afecte el sitio de acción del herbicida está determinada por un único gen (monogénica) nuclear, donde el alelo resistente puede ser dominante, semidominante o recesivo.

Como ya se explicó, el único caso comprobado de resistencia a glifosato por un cambio en el sitio de acción es el de *Eleusine indica* en Malasia, que resultó ser de bajo nivel.

Si, en cambio, se verificara la ocurrencia de mutaciones en varios genes distintos en una especie, la suma de esos efectos podría desembocar en resistencia (poligénica) al herbicida utilizado, aunque cada mutación individual no llegara a determinar un cambio de esa magnitud.

Si se verificaran mutaciones en distintos genes de dos individuos de una misma especie, y esos individuos se cruzaran entre sí, podrían intercambiar esos genes y la descendencia podría acumular efectos que, si son

coincidentes, podrían conferir resistencia al herbicida utilizado. Si este mismo proceso continuara en el tiempo, el nivel de resistencia poligénica podría manifestarse y hasta incrementarse.

El biotipo tendría, entonces, una resistencia de tipo poligénica conferida por varios genes que habrían sumado efectos determinando resistencia a un herbicida.

Al requerir un proceso de intercambio de genes y suma de efectos a través de las generaciones, la resistencia poligénica evoluciona mucho más lentamente que la monogénica.

### **¿ CÓMO SE SELECCIONA UN BIOTIPO CON RESISTENCIA A UN HERBICIDA ?**

Así como es imposible predecir con exactitud qué tipo de mutaciones ocurrirán en la población de una maleza, tampoco es posible dimensionar la difusión que podría alcanzar un biotipo resistente a un herbicida, tomando en cuenta solamente un único factor. Siempre son varios los factores que actúan y deben ser tenidos en cuenta para lograr el manejo más racional de la resistencia a un herbicida y demorar al máximo su difusión en un lote.

Esos factores están relacionados con la biología propia de la especie de maleza y también con el herbicida y su utilización.

Dentro del primer grupo de factores -aquellos relacionados con la biología de la especie-, puede citarse la frecuencia con que se producen, en una población, aquellas mutaciones (espontáneas) que podrían generar biotipos resistentes a un cierto herbicida. Cuanto mayor sea la frecuencia con que ocurran mutaciones, mayores serán las probabilidades de que la resistencia al herbicida utilizado se haga notable en el lote.

Una alta fecundidad de la especie también determinará una alta producción de semilla del biotipo resistente, y su expansión podrá ser más rápida mientras se utilice el herbicida en cuestión.

Paralelamente, la reducida dimensión y baja persistencia del banco de semillas de la especie a la que pertenece el biotipo resistente, sumadas a una corta latencia, podrían facilitar también la difusión en el lote de un biotipo resistente al herbicida utilizado, al no poderse “diluir” entre un mayor número de individuos susceptibles.

La buena adaptación ecológica (fitness) del biotipo resistente será siempre positiva para la supervivencia y la capacidad de reproducción del biotipo resistente.

Y, por supuesto, la base genética de la resistencia, el modo de herencia y la forma de reproducción de la especie condicionarán la evolución y la dispersión del biotipo resistente.

En ese sentido, si la resistencia monogénica nuclear se debiera a un alelo dominante y la fecundación de la especie fuera cruzada, el biotipo resistente tendría altas probabilidades de difundirse. El riesgo de dispersión del biotipo resistente también sería alto si la resistencia monogénica nuclear se debiera a la presencia de los 2 alelos recesivos y la fecundación fuera autógama. Del mismo modo, la resistencia debida a un cambio en el ADN del cloroplasto (herencia materna) también tendría grandes probabilidades de dispersarse a través de una gran producción y liberación de semillas del biotipo resistente.

### **Manejo de la presión selectiva**

Entre aquellos factores de selección relacionados con el herbicida y su forma de utilización, puede citarse la toxicidad del herbicida. A mayor toxicidad del herbicida sobre la especie, mayores serán las probabilidades de difusión de aquel biotipo que hubiera adquirido resistencia por una mutación en el sitio de acción del herbicida.

La selección de un biotipo que hubiera adquirido resistencia por una mutación en su sitio de acción también puede resultar favorecida con la aplicación de dosis altas del herbicida. La aplicación repetida de dosis altas ha determinado la selección de numerosos biotipos con resistencia a muchas familias de herbicidas (ej triazinas) mientras que, en todo el mundo, existe un solo caso comprobado de resistencia a glifosato debido a una mutación en el sitio de acción. Por otra parte, los citricultores de Florida (EE.UU.) han venido efectuando múltiples aplicaciones de altas dosis de glifosato durante los últimos 25 años, sin registrar casos de resistencia en sus malezas.

Por el contrario, en el caso de que la resistencia no fuera monogénica (determinante de un cambio en el sitio de acción) sino poligénica, la aplicación de dosis bajas o apenas suficientes para eliminar sólo a los individuos totalmente susceptibles, podría permitir la supervivencia y reproducción de individuos con uno o sólo algunos genes de resistencia parcial. En caso de una resistencia poligénica, una dosis elevada del herbicida no permitirá la supervivencia de los individuos totalmente susceptibles ni tampoco permitirá la supervivencia de aquellos individuos que presentaran alguna resistencia de bajo nivel. Una dosis elevada interfiere el incremento gradual del nivel de resistencia poligénica en una especie, al impedir una interacción -con efectos aditivos- entre individuos con un bajo nivel de resistencia individual. La difusión de los biotipos con resistencia poligénica podrá prevenirse efectivamente, entonces, por medio de la aplicación de dosis suficientemente elevadas del herbicida, que impida que nuevos individuos con suficientes alelos acumulados puedan sobrevivir y multiplicarse.

El empleo del glifosato a las dosis recomendadas según la especie, su nivel de desarrollo y su estado, no favorece la selección de la resistencia poligénica. Dosis de glifosato aún mayores a las recomendadas, han demostrado no permitir la selección de biotipos con resistencia poligénica.

Los casos de resistencia a glifosato documentados hasta ahora en el mundo revelan una relación entre las bajas dosis utilizadas y la selección de biotipos resistentes. Esos antecedentes muestran, entonces, que la selección de biotipos resistentes a glifosato podría evitarse o –como mínimo- demorarse mediante la aplicación de las dosis recomendadas, y no inferiores.

Por ese motivo se insiste en la importancia de las aplicaciones de glifosato a dosis suficientemente altas como para controlar la especie más exigente que se encuentre en cada lote. Las aplicaciones de dosis suficientemente elevadas de glifosato reducen la supervivencia de aquellos biotipos que pudieran mostrar resistencia por exclusión (de bajo nivel, compensable con dosis), impidiendo así su selección.

Podrá concluirse, entonces, que, en líneas generales, la utilización de dosis altas de un herbicida promueve la selección de resistencia monogénica. En el caso del glifosato, hasta la fecha hay un solo biotipo con resistencia monogénica (por un cambio en el sitio de acción) que es Eleusine indica.

En cambio, se considera que la utilización de un herbicida a dosis bajas puede determinar la selección de resistencia poligénica. La mayoría de los casos de resistencia a glifosato son de tipo poligénico.

Otro factor importante relacionado con el herbicida es la residualidad.

Un herbicida sin ninguna residualidad -como el glifosato- determina que la presión de selección sea ejercida solamente en el momento de la aplicación. Sin embargo, aunque el glifosato no tenga residualidad, su utilización de forma inadecuada (ej: dosificación insuficiente), también puede aumentar la presión de selección de biotipos resistentes.

En cambio, herbicidas residuales podrán continuar seleccionando individuos resistentes que germinaran dentro del período en que el herbicida se mantiene activo. Cuanto mayor sea la residualidad de un herbicida, la presión de selección será particularmente riesgosa cuando coincida con la presencia de una especie de maleza con germinación escalonada, que exponga mayor cantidad de individuos a la acción del herbicida.

## **PREVENCIÓN DE LA RESISTENCIA DE MALEZAS A GLIFOSATO:**

### **Aplicar la Dosis Adecuada, en el Momento Adecuado, con la Formulación Adecuada:**

Además de elegir la dosis de glifosato de acuerdo con las especies de maleza a controlar, el buen efecto logrado por este herbicida dependerá también de la adecuación de la dosis a la situación en que deba aplicarse. Esa situación estará definida por el grado de desarrollo y por las condiciones en que se encuentre la maleza a tratar.

La correlación entre el estado de desarrollo de la maleza y la dosis de glifosato resulta vital para lograr niveles de control suficientes, y prevenir los riesgos de seleccionar biotipos con algún grado de resistencia.

Por su parte, las condiciones ambientales que no resultaran favorables para la actividad normal de las malezas, así como los daños físicos o fisiológicos que ellas pudieran presentar, también tienen incidencia sobre la necesidad de elegir correctamente la dosis de glifosato a aplicar.

También se recomienda poner atención sobre la calidad de la formulación de glifosato que se utilice.

Formulaciones de glifosato que pueden contener una baja concentración de equivalente ácido (el ingrediente activo del herbicida) por litro, o que pueden contener un surfactante poco efectivo y/o en cantidad insuficiente, deberían sobredosificarse a los efectos de evitar un bajo nivel de control de malezas y, a la vez, no incrementar los riesgos de selección de algún tipo de resistencia poligénica.

### **Efectivo Control de malezas previo a la siembra:**

Especialmente en los casos de siembra directa, la aplicación de una dosis adecuada de glifosato durante la etapa de barbecho anterior a la siembra, reducirá efectivamente la competencia inicial de malezas sobre el cultivo en sus primeros estadios.

Si se sembrara un cultivo RR, la aplicación de glifosato durante el barbecho permitirá que la siguiente aplicación de glifosato –la primera postemergente sobre un cultivo RR- se efectúe sobre malezas con un desarrollo temprano y uniforme, lo cual favorecerá su control y reducirá la posibilidad de selección de resistencia por exclusión.

No hay contra-indicación a las aplicaciones de glifosato en mezcla con otro herbicida compatible, durante la etapa de barbecho o en presiembra. De esa forma, se incrementará el número de modos de acción sobre las malezas del

lote reduciéndose, en consecuencia, las posibilidades de que se seleccionen biotipos resistentes a glifosato entre las especies susceptibles al herbicida complementario. Además, si ese otro herbicida fuera residual y selectivo para el cultivo siguiente, una dosis de marbete de ese herbicida extenderá la duración del control de malezas con suficiente seguridad.

La aplicación oportuna de la dosis adecuada de glifosato durante el barbecho o en presiembr a -a la que podría agregarse una dosis de otro herbicida complementario- es determinante del éxito del control de malezas que se logre aplicando glifosato en postemergencia sobre el cultivo RR.

### **Efectivo Control de malezas durante el ciclo de los cultivos RR:**

Los cultivos RR –al igual que cualquier otro- compiten con las malezas por luz, nutrientes y agua. Esta competencia es un factor muy importante para complementar la primera aplicación postemergente de un herbicida no residual como glifosato y lograr un efectivo control final de las malezas en los cultivos RR.

Es recomendable una primera aplicación postemergente de glifosato a una dosis adecuada para controlar las malezas en sus etapas tempranas y uniformes de crecimiento, mientras la aspersion pueda llegar a las malezas del entresurco con la necesaria cobertura de impactos por centímetro cuadrado.

En caso de ser necesario, los cultivos RR deberán ser nuevamente tratados con glifosato para eliminar cualquier emergencia o eventual rebrote de malezas. Sin embargo, esas aplicaciones adicionales de glifosato pueden no ser necesarias. En ese sentido, se recomienda adecuar la siembra de cultivos RR en surcos a una distancia apropiada, así como la elección de variedades/híbridos con la estructura y la capacidad de “cierre del entresurco” que convenga según el tipo de maleza-problema que deba controlarse en cada lote.

### **Evitar el monocultivo:**

En un lote donde se sembrara un mismo cultivo durante varios años seguidos, sin alternancia con otros cultivos, no solamente se pueden reiterar las mismas prácticas para control malezas sino que, además, se efectúan siempre en los mismos tiempos. El monocultivo perpetúa un ecosistema favorable a ciertas especies de malezas, que se vuelven un problema crítico y puede incrementarse el riesgo de selección de resistencia.

Manteniendo siempre el objetivo de preservar al cultivo RR de cualquier efecto fitotóxico que pudieran causarle otros herbicidas convencionales -no suficientemente selectivos-, la alternativa de incluir (en mezcla o en secuencia con glifosato) otros herbicidas selectivos residuales para el manejo de las malezas en un cultivo de maíz RR2 implica la rotación de otro cultivo con la soja RR y, a la vez, se ampliará el número de modos de acción de los herbicidas utilizados en el mismo lote.

### **Vigilar fallas de eficacia de los tratamientos con herbicidas, sin confundir resistencia con fallas de aplicación:**

Si se observaran “escapes” (individuos sobrevivientes) luego de una aplicación de glifosato, siempre será recomendable eliminarlos con otra aplicación correcta de glifosato a la dosis adecuada y/o con ciertas prácticas culturales. También podría aplicarse otro herbicida selectivo específico, a la dosis que se recomiende.

### **Uso de semilla certificada, libre de semilla de maleza.**

### **Evitar la diseminación de semilla de maleza con los equipos agrícolas (ej cosechadoras) que podrían introducir semilla de un biotipo resistente.**

## **MANEJO DE LA RESISTENCIA DE MALEZAS A GLIFOSATO:**

Si, pese a las prevenciones adoptadas, se comprobara la existencia de un biotipo resistente a glifosato en una determinada especie de maleza, será recomendable recurrir al uso de otro/s herbicida/s complementario/s (puede ser en mezcla o secuencia con glifosato) y/o a ciertos cambios en las prácticas no-químicas de control, buscando mantener siempre la infestación de todas las malezas en un bajo nivel.

La correcta aplicación de una dosis adecuada de glifosato (en la mezcla o la secuencia que se hubiera elegido) podrá seguirse utilizando para controlar las demás especies de maleza emergidas en el lote.

Resulta fundamental controlar la producción de semilla del biotipo resistente a través de prácticas agronómicas o mediante la acción de otro herbicida sobre los eventuales escapes.

Como ya se comentó, el herbicida complementario elegido puede mezclarse o aplicarse en secuencia. Sin embargo, si un biotipo ya fuera resistente a uno de los herbicidas de la mezcla (ej al glifosato), también podría volverse resistente al otro, si ese herbicida se usara inadecuadamente.

Por otra parte, puede haber biotipos de maleza que resistan varios herbicidas con diferentes modos de acción. Por lo tanto, para el manejo de malezas resistentes, lo más recomendable sería utilizar herbicidas que tuvieran distinta vía bioquímica de degradación. Aunque no hay mucha información sobre esas vías, distintas isoenzimas involucradas en la degradación podrían determinar una diferencia favorable en la utilización de un herbicida frente a otro.

### **Cosechar último el lote donde se hubiera detectado resistencia.**

### **CONCLUSIÓN:**

*Una de las consecuencias del uso de herbicidas para controlar las malezas en la agricultura moderna, es la aparición de poblaciones de maleza que se han vuelto resistentes a los herbicidas. Todas las especies de maleza tienen la probabilidad de presentar biotipos que son naturalmente resistentes a los herbicidas. Y eso no tiene relación con la aplicación del herbicida para el que esos biotipos pudieran resultar resistentes.*

*El uso repetido de cualquier herbicida expondrá a la población de una maleza a una presión de selección (factor que determina una reproducción selectiva de genotipos) que podría determinar el aumento de la proporción de individuos sobrevivientes, que sean resistentes.*

*En consecuencia, el biotipo resistente puede incrementarse al punto de que el modo de control usado ya no sea efectivo para la población en general.*

*A pesar de eso, ningún herbicida ha dejado de usarse en la agricultura sino que, a través de su uso correcto, de la combinación con otros herbicidas o con otras prácticas de control de malezas, los herbicidas son y seguirán siendo una pieza fundamental en la producción de alimentos.*

Para mayor información sobre este tema consulte [www.monsanto.com.ar](http://www.monsanto.com.ar) o el centro de atención al cliente 0-810-MONSANTO (6667268)”

### **3. Interaction of the herbicide glyphosate with its target enzyme 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase in atomic detail Ernst Scho<sup>n</sup> nbrunn<sup>\*†‡</sup>, Susanne Eschenburg<sup>†§</sup>, Wendy A. Shuttleworth<sup>¶</sup>, John V. Schloss<sup>\*</sup>, Nikolaus Amrhein<sup>i</sup>, Jeremy N. S. Evans<sup>¶</sup>, and Wolfgang Kabsch<sup>§</sup>**

<sup>\*</sup>Department of Medicinal Chemistry, University of Kansas, Lawrence, KS 66045; <sup>§</sup>Max Planck Institute for Medical Research, Department of Biophysics, 1376–1380 u PNAS u February 13, 2001 u vol. 98 u no. 4

<sup>\*</sup> Iowa State University ([www.weeds.iastate.edu/mgmt/gtr98-4/resistanceupdate.htm](http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/gtr98-4/resistanceupdate.htm))

<sup>\*</sup> Herbicide Resistance Action Committee ([www.plantprotection.org/hrac/Guideline.html#definitions](http://www.plantprotection.org/hrac/Guideline.html#definitions))

<sup>\*</sup> Weed Science Society of America; International Survey of Herbicide Resistant Weeds

([www.weedscience.org/paper/definitions.htm](http://www.weedscience.org/paper/definitions.htm))

<sup>\*</sup> Glyphosate: A New Model for Resistance Management. D.C.Heering; N.Dinicola; R.Sammons; B.Bussler; G.Elmore; J.Killmer

<sup>\*</sup> Comparison of frequencies of individuals resistant to imazethapyr, chlorsulfuron, and glyphosate in EMS-mutagenized populations of *Arabidopsis thaliana* (cv. Col-o) S. Baerson, M. Tran, Y. Feng, M. Faletti, D. Rodriguez, L. Casagrande, K. Gonzalez, D. Schafer, D. Krupa, K. Gruys, N. Taylor

<sup>\*</sup> Weed Science Society of America ([www.weedscience.org/summary/UspeciesMOA.asp](http://www.weedscience.org/summary/UspeciesMOA.asp))

<sup>\*</sup> Herbicide Resistance Action Committee ([www.plantprotection.org/hrac/Guideline.html#definitions](http://www.plantprotection.org/hrac/Guideline.html#definitions))

<sup>\*</sup> Herbicide Resistance Action Committee ([www.plantprotection.org/hrac/Guideline.html#definitions](http://www.plantprotection.org/hrac/Guideline.html#definitions))

<sup>\*</sup> [www.eng-sci.udmercy.edu/courses/bio123/Chapter17/main17.htm](http://www.eng-sci.udmercy.edu/courses/bio123/Chapter17/main17.htm)

<sup>\*</sup> Herbicide Resistance Action Committee. International Survey of Herbicide Resistant Weeds.

<sup>\*</sup> Manual Soja RR, Manual Maíz RR, Monsanto Argentina.

<sup>\*</sup> Manual herbicida Roundup Full II, Monsanto Argentina, 2004.

<sup>\*</sup> Dinicola, Natalie. Environmental Stewardship Manager, Monsanto Co. Conferencia en Monmouth Research station, EE.UU., Junio 2004

<sup>\*</sup> Wills, G.D.; McWhorter, C.G.; Weed Sci. 1985, 33, 755

<sup>\*</sup> Hensley, D.L.; Beverman, D.S.; Carpenter, P.L. Weed Res. 1978, 18, 287

- \* O'Sullivan, P.A.; O'Donovan, J.; Hamman, W. *Can. J. Plant Sci.*, 1981, 61, 391.
- \* Nilsson, G. en *The Herbicide Glyphosate*; Grossbard, E.; Atkinson D. Eds.; Butterworths, London, 1985; 35-47
- \* Green, T.H.; Minoque, P.J.; Brewer, C.H.; Glover, G.R.; Gjerstad, D.H. *Can. J. For. Res.* 1992, 22(6), 785.
- \* Evolución de resistencia a herbicidas. Albert Fischer (University of California, EE.UU.), Bernal E. Valverde (The Royal Veterinary & Agricultural University, Dinamarca). Dic.2005.