

Claudio M. Ghera
CONICET - UBA

Diego O. Ferraro
CONICET - UBA

Algunos aspectos acerca de la aparición de resistencia a herbicidas en poblaciones de malezas

Palabras claves:

maleza, resistencia, herbicida,
frecuencia, eficacia, control

Introducción

Actualmente la mayor parte de las cosechas de grano en la Argentina están provistas por sistemas de producción agrícola permanente. Esto ha inducido el reemplazo de especies y la selección de fenotipos nuevos en las poblaciones de las malezas que acompañan los cultivos. Estos cambios se manifiestan a través de un incremento en las fallas en el control químico, debido a que las especies escapan, aumentan la tolerancia o resisten a los controles. En respuesta a estos problemas los agricultores han incrementado las dosis, la frecuencia de aplicación de herbicidas y el abanico de productos utilizados. Estas medidas, que apuntan a resolver las ineficiencias en el control de malezas, han acentuado en términos generales el problema de la reestructuración de las comunidades de malezas y el de la selección de poblaciones resistentes a los herbicidas. Ejemplos paradigmáticos de este proceso son la resistencia a glifosato y atrazina, dos de los herbicidas que se usan con mayor frecuencia.

Las poblaciones de malezas resistentes a herbicidas pueden tomar gran importancia, infestando totalmente los lotes y derivando en la ineficacia del control químico como herramienta de manejo. A partir del reconocimiento de esos problemas, en diversos foros se han propuesto diversas medidas orientadas a reducir el reemplazo de poblaciones susceptibles por resistentes a herbicidas y la presión de selección hacia fenotipos resistentes. En este contexto, las rotaciones de cultivos, la utilización de secuencias de distintos herbicidas con modo de acción diferente, y la combinación en mezcla aparecen como tácticas para resolver el problema. Sin embargo, es importante considerar que estas herramientas en sentido general no resuelven el problema si no se consideran varios aspectos relacionados con los factores que controlan la selección de fenotipos resistentes a los herbicidas.

Selección de fenotipos resistentes a herbicidas: factores condicionantes

Para enmarcar la presión de selección derivada de la acción de hombre sobre los agroecosistemas, es importante definir dos conceptos asociados al manejo de los herbicidas: **la frecuencia y la eficacia** de control. Se entiende por frecuencia la cantidad de veces en que se repite la aplicación de un principio activo y por eficacia al nivel de control logrado por cada aplicación (en términos de proporción de individuos eliminados sobre el total de la población).

Si comparamos el efecto relativo de cada uno de estos términos (frecuencia y eficacia) sobre la velocidad a la que sucede el reemplazo de especies y el avance evolutivo por selección; podemos afirmar que la frecuencia tiene un mayor impacto en el avance de la resistencia que la eficacia con la que se hace la selección. Esto implica, por ejemplo, que de existir variabilidad genética en una población de una maleza (aun en muy

baja frecuencia), la presión de selección mediante un principio activo va a generar un cambio poblacional hacia una forma resistente más rápidamente si se selecciona varias veces (alta frecuencia de control) aunque con baja eficacia, respecto a un esquema que tiene baja frecuencia (pocas aplicaciones), pero con una alta eficacia de control en cada una de ellas. Es decir que, desde el punto de vista poblacional, si se hacen pocos controles (pero muy eficientes) la ganancia aditiva en la población hacia formas resistentes es más lenta que si se realizan varios controles de baja eficacia.

Frecuencia y eficacia de control: algunos ejemplos

Conocer el efecto diferencial que tienen la frecuencia y la eficacia de control es de suma importancia para inferir el efecto de los esquemas de control químico sobre la infestación de los lotes. Por ejemplo, datos tomados en condiciones de cultivo comercial a campo en el área de Pergamino muestran que se pueden llevar adelante controles de alta eficacia y baja frecuencia disminuyendo los niveles de infestación de sorgo de Alepo que originalmente eran superiores al 60% (área infestada sobre la total del lote) a valores menores del 10%. Sin embargo, cuando estos lotes fueron posteriormente cultivados con especies anuales (soja o trigo/soja) pero sin aplicación de herbicidas, la recuperación del nivel de infestación original se producía en 3 a 4 años. En cambio, si los controles se hacían con forma convencional sin optimizar la eficacia, la producción de los cultivos se mantenía en altos niveles, pero la infestación de sorgo se mantenía en los niveles iniciales (60%) o crecía (en este sistema la aplicación anual del herbicida con repaso dentro del año era la manera de mantener los rendimientos del cultivo). Estos resultados permiten mostrar que cuidando la eficacia (con especial atención) se puede mantener la población de sorgo de Alepo en niveles compatibles con la producción (menor al 20% de infestación promedio) haciendo controles eficaces uno cada dos o tres años. Estas dos tácticas de control (que contrastan en su eficacia y frecuencia) en un promedio de cinco años generan rendimiento de cultivos similares con algunas diferencias en los costos. En términos de beneficio económico, el óptimo se obtenía con el sistema de control cada tres años (alta eficacia con baja frecuencia) pese a las penalidades de rendimiento por optimizar la eficacia del control y las generadas por el lento restablecimiento de la infección. Sin embargo, en términos de la probabilidad de avance a resistencia las consecuencias de ambas son marcadamente distintas.

Otro ejemplo que sirve para ilustrar el impacto de la frecuencia de aplicación de controles sobre la eficacia son los resultados, en ensayos de larga duración, de experimentos de control químico hechos con poblaciones de raigras anual (*L. multiflora*). El objetivo de los ensayos fue realizar controles con diferente eficacia en parcelas sembradas con una pastura polifítica. Específicamente, el experimento consistió en generar

tratamientos de alta eficacia con una dosis de diclofop-metil elevada y otros de menor eficacia generados con la misma dosis total, pero obtenida por la suma de aplicación de dosis fraccionadas. La aparición de resistencia fue mucho más rápida en las parcelas con más frecuencia de aplicación (cinco) años antes y se observó con menos del 50% de la dosis acumulada. En términos generales el patrón de efectos diferencial de la frecuencia y la eficacia de control no se restringen al avance a la resistencia de herbicidas, sino que se conoce para muchos otros organismos y productos (antibióticos, insecticidas, fungicidas). Es decir que el factor que más contribuye al avance selectivo es la frecuencia de uso del método de control.

La resistencia y la estructura de las poblaciones en el espacio y en el tiempo

Otro aspecto que se conoce relacionado con la eficacia del control es que en un sistema donde una población está aislada y se hace un control efectivo, aun cuando exista la posibilidad de la presencia de variación aditiva, es decir individuos con mutaciones heredables que podrían generar fenotipos resistentes, las poblaciones se extinguen antes de que aumente la frecuencia de resistentes. Esto tiene que ver con la escala de los controles y la eficacia. Por ejemplo en lotes pequeños dentro de una matriz no agrícola, los controles eficaces llevan la extinción local de la población de maleza. Por el contrario, en sistemas más grandes donde la eficacia del control por razones operativas y de heterogeneidad ambiental/ecológica o donde la matriz agrícola con uso de tierra es similar y por lo tanto las poblaciones de malezas funcionan como metapoblaciones intercambiando información genética por medio de sus semillas y gametas, la extinción local no ocurre y el aumento de resistencia gradual se observa en los focos donde se hace la selección es recurrente.

Por otro lado, si bien la rotación de cultivos o de productos químicos se presentan como una herramienta para reducir los cambios direccionales especies y fenotipos resistentes a los herbicidas estas herramientas pueden agravar el problema. Teóricamente, la selección de poblaciones que toleran o resisten el control químico comparten el mecanismo que le confiere esa capacidad, y si utilizamos herbicidas con diferentes modos de acción, la selección hacia síndromes que reducen la eficacia de control de uno de ellos es eliminada por el otro. Entonces, alternando la aplicación de productos con modos de acción diferenciados habría interrupción en la selección direccional. En la práctica eso se produce si el control es altamente eficaz y la población es pequeña. En el caso que se produzcan ineficacias, y se aplique la alternancia de productos el resultado neto es la aparición de formas resistentes a ambos productos. Más aún, esto también vale para los cambios en control que se hacen por variación en la secuencia de cultivos. En síntesis para que las rotaciones de productos funcione hay que asegurarse que el tratamiento se eficaz y poco frecuente.

Conclusiones:

- Los tratamientos y las condiciones ecológicas interactúan. En los sistemas productivos hay controles bióticos aabióticos que complementan la acción de los controles. Por ejemplo en lugares con marcada estacionalidad producto de cambios en las precipitaciones y/o en la temperatura, y la ocurrencia de heladas las poblaciones de malezas presentan mortalidad debido a estas fluctuaciones. En estos sistemas el efecto propio de la selección generada por los filtros de control químico se ven reducidos por el filtro de los controles ambientales. En los ambientes más estables los procesos de selección direccional son más frecuentes. El conjunto de especies presentes en la región y que conforman grupos de especies que pueden ocupar el ambiente del cultivo, también es un aspecto que modifica el potencial para que se produzcan cambios florísticos por tratamientos inefectivos o evolución de fenotipos resistentes. Cuanto más diverso es el conjunto de especies de malezas presentes en el área mayor es el riesgo de generar cambios florísticos debido a que también es más probable generar ineficiencias de control. Las aplicaciones recurrentes con técnicas baja eficacia, por el uso incorrecto de dosis y equipos, así como el asperjado de espacios no cultivados, como bordes de cultivo, caminos y alambrados con dosis sobrantes es uno de los factores que más puede aumentar la aparición de formas resistentes al control. Para que las poblaciones cambien su respuesta a un factor letal deben ser sometidos al factor y luego de su acción los individuos sobrevivientes deben dejar descendencia por la vía de semillas o clonal. La exposición a químicos con controles poblacionalmente ineficaces lleva que aumenten los fenotipos tolerantes o resistentes a través de diversos mecanismos genéticos y fisiológicos. En este aspecto la deriva de herbicidas por aplicación en forma incorrecta puede ser un factor de gran relevancia en la generación de problemas de control futuros.

Encuentre el presente trabajo en www.aapresid.org.ar