

Foto: Javier Do Canto

RESISTENCIA A GLIFOSATO EN RAIGRÁS ANUAL EN URUGUAY ¿La importamos o la generamos en el país?

Ing. Agr. PhD Javier Do Canto¹, Lic. Biol. Dr. Monika Kavanová², Ing. Agr. PhD Alejandro García^{1,2}, Lic. Biol. PhD Pablo Fresia³, Ing. Agr. PhD Tiago Kasparý^{1,2}, Ing. Agr. PhD Federico Condón⁴, Ing. Agr. PhD Alicia Castillo⁵

¹Programa de Investigación en Pasturas y Forrajes - INIA

²Programa de Investigación en Cultivos de Secano - INIA

³Unidad Mixta Pasteur + INIA

⁴Unidad de Semillas y Recursos Fitogenéticos - INIA

⁵Unidad de Biotecnología - INIA

En este artículo se presentan los avances del proyecto “Resistencia a glifosato en raigrás anual en Uruguay – entender, reducir y prevenir”, que tiene como objetivos principales determinar si las poblaciones resistentes fueron importadas, se seleccionaron localmente, o son el resultado de ambos procesos, y cuál es el grado y riesgo de dispersión de la resistencia a través del uso de las variedades utilizadas en la producción de forraje.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE ENTENDER CÓMO SE GENERA LA RESISTENCIA?

La resistencia a herbicidas genera problemas tanto a nivel productivo como ambiental, entre ellos la disminución o pérdida de opciones de control químico, pérdidas productivas por la interferencia de malezas no controladas, aumento de las dosis de herbicidas utilizados y la pérdida de biodiversidad.

Por lo tanto, es importante diagnosticar el estado de resistencia de malezas a herbicidas a nivel nacional, así como aportar al entendimiento del problema para poder diseñar estrategias y políticas que permitan mitigarlo.

Los primeros casos de resistencia a glifosato en raigrás anual en el Cono Sur se reportaron en Chile en el año 2001, en Brasil en 2003 y en Argentina en 2007 (Heap & Duke, 2018).

A partir de la zafra 2009/10 en Uruguay comenzaron a reportarse fracasos en el control de ciertas poblaciones de raigrás con glifosato, coincidiendo con un pico en la importación de semillas de raigrás en el año 2009 (INASE, 2021).

Debido a que tanto las prácticas agrícolas, de producción de semillas certificadas, como las políticas agropecuarias y de comercio pueden influenciar el avance de la resistencia, identificar dónde y cómo se seleccionan las poblaciones resistentes y cuál es su base genética es fundamental para el diseño de estrategias que minimicen el problema. En el caso de raigrás, una especie de uso forrajero, no solo existen cultivares comerciales sino también poblaciones naturalizadas (ecotipos) que ocurren en campos agrícolas o áreas como banquinas de rutas y caminos, que posiblemente constituyen las poblaciones de raigrás maleza.

Dentro del área de protección vegetal de INIA se trabaja intensamente en el manejo de malezas resistentes a herbicidas, caracterizando la resistencia en poblaciones (biotipos) de raigrás colectados en el área de producción agrícola de Uruguay, buscando conocer su distribución y a qué herbicidas son resistentes. En este marco, se forma un equipo multidisciplinario que busca responder las siguientes interrogantes: i) determinar en qué grado los biotipos resistentes han sido generados o seleccionados en el país como

consecuencia de prácticas agrícolas y/o en qué grado han sido introducidos desde el exterior, y ii) cuál es el grado y riesgo de dispersión de la resistencia a través del uso de cultivares forrajeros.

¿CÓMO ANALIZAR EL RELACIONAMIENTO ENTRE LAS POBLACIONES?

Para entender el origen de la resistencia, se analizó el relacionamiento genético entre poblaciones resistentes a glifosato, ecotipos y los cultivares más difundidos de la región. El conjunto analizado incluye 28 poblaciones resistentes procedentes de Uruguay, 7 de Argentina y 11 de Brasil, junto con 7 ecotipos de Uruguay (Figura 1A) y varios cultivares. Todos estos materiales fueron genotipados utilizando la plataforma de secuenciación masiva DArTseq que permite detectar polimorfismos en el ADN (marcadores SNP y SilicoDArT) a gran escala sin requerir información previa sobre la secuencia del genoma completo de la especie. Los datos genotípicos se analizaron con métodos estadísticos multivariados y filogenéticos. Los resultados del análisis de agrupamiento en base a los datos genéticos se compararon con la distribución geográfica.

Para caracterizar las poblaciones resistentes y agregar insumos para las recomendaciones de manejo, se analizó también la ploidía de todos los materiales. El nivel de ploidía fue determinado mediante citometría de flujo utilizando como testigo diploide al cultivar Estanzuela 284 (E284).

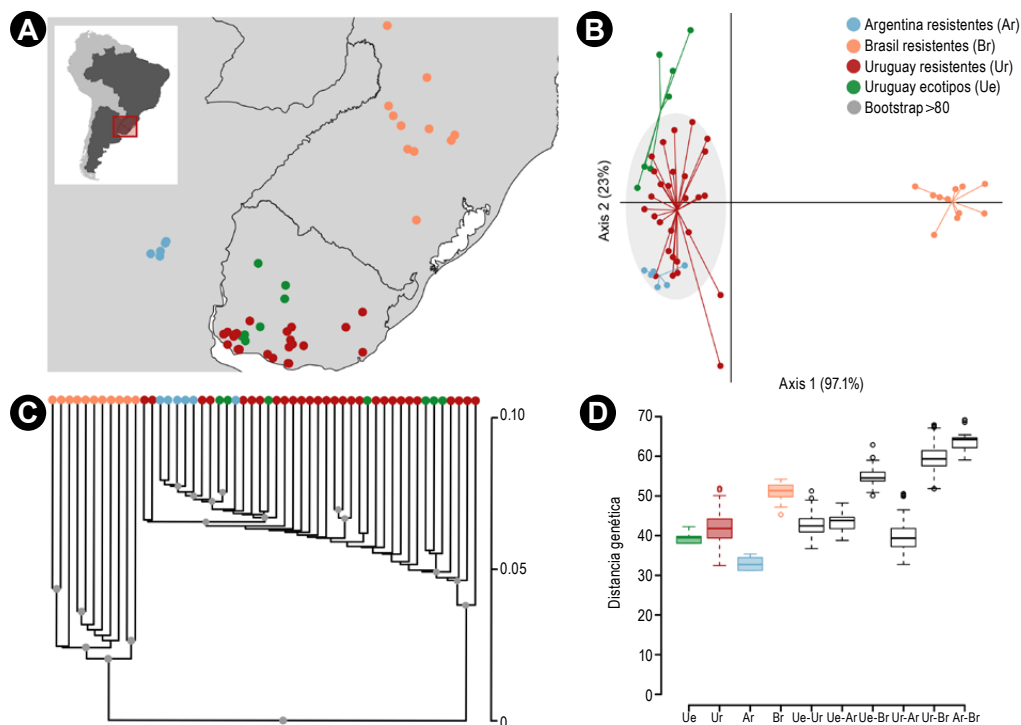


Figura 1 - Relacionamiento genético entre las poblaciones estudiadas. A - Origen geográfico de las poblaciones resistentes y ecotipos locales. B - Dendrograma de distancias genéticas entre poblaciones. C - Análisis discriminante de componentes principales basado en distancias genéticas entre poblaciones. D - Boxplot mostrando distancias genéticas dentro de cada grupo y entre pares de grupos.

La resistencia a herbicidas genera problemas a nivel productivo y ambiental: se limita el control químico, se afecta la producción por malezas no controladas, se aumenta las dosis de herbicidas utilizados y se pierde biodiversidad.

RESULTADOS E IMPLICANCIAS

Los cultivares usados en la región son tanto diploides como tetraploides. En cambio, todos los ecotipos y poblaciones resistentes analizados fueron diploides. El hecho de que no se hayan detectado poblaciones resistentes tetraploides, ni mezclas, es particularmente interesante porque indica que al menos por ahora la resistencia no se ha extendido a cultivares tetraploides, ya sea por la barrera reproductiva entre niveles de ploidía o por la mayor capacidad de carga mutagénica de individuos autoploiploides, donde una mutación puede ser compensada por un mayor número de alelos susceptibles por locus.

Respecto al relacionamiento genético entre poblaciones resistentes, lo primero que se observa en el análisis filogenético es que las poblaciones resistentes de Brasil están relacionadas entre sí y distantes de las poblaciones de Uruguay y Argentina (Figuras 1B y 1C). En cambio, la mayoría de las poblaciones resistentes de Uruguay y algunos de los ecotipos locales, junto con las poblaciones resistentes procedentes de Argentina, se caracterizan por una proximidad genética (Figura 1C, área sombreada).



Foto: Mauricio Cabrera

Figura 3 - Re-aplicación de herbicidas sobre plantas sobrevivientes. Es una de las principales herramientas de manejo para evitar el avance dentro de la chacra y debe hacerse rotando o mezclando herbicidas. En este caso, se realizó con tecnología de aplicación inteligente WeedIT, cortesía de la empresa Marco Natural.

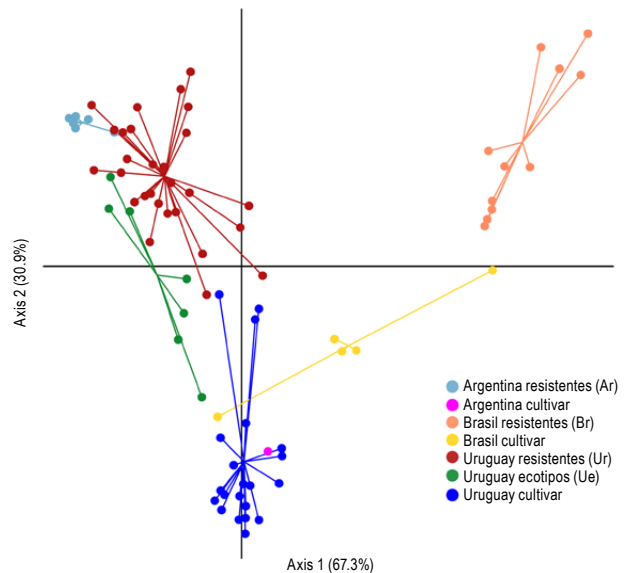


Figura 2 - Análisis discriminante de componentes principales basado en distancias genéticas entre las distintas poblaciones y los cultivares sembrados en la región.

En consecuencia, no es posible descartar un origen común entre las poblaciones resistentes de Argentina con al menos algunas de las resistentes de Uruguay. No obstante, en este grupo también aparecen tres ecotipos de Uruguay que podrían haber sido las poblaciones de origen a partir de las cuales surgieron individuos resistentes.

Por otro lado, dos de las poblaciones resistentes de Uruguay están distanciadas de este núcleo y de los demás ecotipos de Uruguay sugiriendo un origen independiente del grupo anterior.

Al analizar la relación entre las poblaciones resistentes con los cultivares sembrados en la región, surge que E284 (el más sembrado de Uruguay), es el más cercano a algunos de los ecotipos y poblaciones resistentes de Uruguay (Figura 2). Esto sugiere que algunas poblaciones resistentes pudieron haber surgido también a partir de la selección de individuos pertenecientes al cultivar E284.

Sin embargo, la proximidad genética de E284 con los ecotipos locales es esperable debido a que E284 tiene orígenes, al menos en parte, en poblaciones derivadas de la región. Además, el uso masivo de este cultivar en los últimos 70 años posiblemente contribuyó a través del flujo de polen a la base genética de los ecotipos. No es posible aún descartar el E284 como población de origen de al menos algunas poblaciones resistentes. Este vínculo podría ser directo con plantas resistentes surgidas dentro de E284, o indirecto con plantas resistentes surgidas de ecotipos emparentados con E284. Otro punto destacable de este análisis es la falta de asociación entre las poblaciones resistentes y el resto de los cultivares que han tenido algo de presencia en la región (Figura 2). Esto permite concluir que, a excepción

de E284 (y posiblemente del cultivar derivado, INIA Cetus), las poblaciones resistentes no están relacionadas con los cultivares sembrados sino con ecotipos locales.

Esto no descarta que nuevas poblaciones resistentes no puedan ser seleccionadas a partir de otros cultivares comerciales si el manejo de herbicidas no es criterioso. En cambio, parece poco probable que la resistencia ingrese al predio a través de semilla certificada, sin ser esta la fuente de dispersión primaria. Los estándares de producción de semillas certificadas de la especie, que incluye la siembra de semilleros en chacras con 2-3 años sin cultivo de raigrás, la inspección del cultivo por la certificación, baja tolerancia a plantas fuera de tipo y de raigrás espontáneo, y el requisito de no más de tres ciclos de multiplicación a partir de semilla pre-básica contribuyen a reducir esta posibilidad (INASE, 2019).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados preliminares indican que un ingreso de la resistencia a glifosato desde Brasil es altamente improbable, pero no permiten descartar un origen común con Argentina y posterior expansión a través de cruzamientos naturales con ecotipos locales.

Los resultados apuntan a que la resistencia a glifosato en la región y en Uruguay se ha originado en múltiples localidades, y que su diseminación es producto de las prácticas de manejo utilizadas localmente.

También sugieren que el uso de semillas certificadas implica un riesgo bajo de dispersión de la resistencia, y menor aún en el caso de cultivares tetraploides ya que

Evitar la semillazón de biotipos sospechosos, re-aplicar sobre plantas sobrevivientes y rotar herbicidas para prevenir nuevos focos de resistencia.

no se han detectado poblaciones resistentes con este nivel de ploidía.

La principal herramienta de manejo para poblaciones de raigrás resistentes continúa siendo el manejo integrado de esta maleza, evitando la semillazón de biotipos sospechosos, re-aplicación sobre plantas sobrevivientes, rotación o mezcla de herbicidas con distintos mecanismos de acción y evitando la dispersión a nuevas áreas a través de la utilización de semillas certificadas libres de contaminantes.

REFERENCIAS

Heap I, Duke SO (2018) Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. *Pest Management Science*, 74(5):1040-1049.

INASE (2019) Estándares de producción. Estándar específico de raigrás. Recuperado de <https://www.inase.uy/Certificacion/EstandaresProduccion.aspx>

INASE (2021) Importaciones 2004-2021. Recuperado de <https://www.inase.uy/Estadistica/>

FINANCIACIÓN

Este proyecto fue financiado con fondos de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (FMV_3_2018_1_148682).



Foto: Mauricio Cabrera

Figura 4 - Problemática en estado avanzado. La alta densidad de plantas y su distribución en la chacra indican fallas en el control en años previos. La falta de control previo a la semillazón de estas plantas asegura el agravamiento del problema para años próximos.