

diendo así las exigencias de las mejores certificaciones nacionales e internacionales por el cuidado del medio ambiente, y también, aumentando puestos de trabajo desde del campo hasta la industria. Eso permitirá lograr, a nivel regional, un sector foresto industrial sustentable y competitivo.

Fortalecer las líneas de investigación en el área forestal y los vínculos entre instituciones públicas y privadas, cooperativas y productores que tengan potenciales para impulsar el desarrollo forestal a nivel regional.

Cultivos extensivos

*Horacio Imvinkelried,*²⁵ *Mariel Perreta,*²⁶ *Nora Uberti,*²⁶

*Elisa Panigo,*²⁶ *Roxana Maumary,*²⁶ *María Alejandra Favaro*²⁶ y *Roberto Scotta*²⁷

Introducción

Durante los últimos años se produjo la transformación de sistemas productivos mixtos (ganaderos-agrícolas) a sistemas netamente agrícolas que adoptaron el monocultivo de soja en Siembra Directa (SD) asociado al uso de herbicidas especialmente glifosato. La soja en los departamentos del centro norte de Santa Fe representa más del 45 % de la superficie total cultivada, siendo el resto de los principales cultivos extensivos maíz, sorgo y girasol; mientras que la superficie destinada a los cultivos invernales, como trigo, abarca solo el 20-23 % del área sembrada en las últimas campañas. Es decir que, al igual que en los restantes sistemas agrícolas actuales de la Argentina, están basados en cultivos estivales con una predominancia marcada del cultivo de soja. Sin embargo, en esta región, donde la estación de crecimiento es prolongada y la oferta de recursos es favorable, se desperdicia una enorme cantidad de recursos (agua y radiación solar) que pueden aprovecharse intensificando las secuencias de cultivo de manera sostenible. La ausencia de cultivos invernales provoca una pérdida enorme de recursos que no son aprovechados para producir biomasa y/o granos (Caviglia, 2011).

Este sistema está produciendo una rápida disminución de los niveles de carbono orgánico del suelo con la consecuente degradación físico-química y biológica que se asocia a dicho proceso. Por otra parte, la fuerte dependencia del control químico ha causado efectos indeseables como el cambio de la flora

25 Facultad de Ciencias Agrarias, UNL e ICiAgro Litoral, UNL (CONICET-UNL).

26 Facultad de Ciencias Agrarias, UNL.

de malezas, la aparición de malezas resistentes y problemas de contaminación ambiental (Buhler, 2002). De igual manera produjo cambios en las poblaciones de insectos asociadas a los cultivos, tanto plagas como benéficos, y en la aparición y niveles de infectación de determinadas enfermedades.

El manejo de los cultivos genera respuestas que lo modifican (Guglielmini, Ghersa y Satorre, 2007), haciendo que los organismos se vayan adaptando a las diferentes estrategias utilizadas en la agricultura (Owen, Beckie, Leeson, Norsworthy y Steckel, 2015). Las técnicas de labranzas y su tecnología asociada provocan cambios cuali y cuantitativos sobre la flora de malezas en los sistemas bajo cultivos (Puricelli y Tuesca, 2005). Estos cambios en la composición de las comunidades se encuentran asociados a la desaparición de especies que no toleran esas prácticas y al predominio de las especies que sí lo hacen. Además de esto la presión selectiva ejercida sobre las poblaciones de malezas genera resistencia por una falta de diversidad en las prácticas de manejo. La excesiva dependencia de herbicidas, por ejemplo glifosato, en los sistemas de cultivo actuales ha seleccionado especies, resistentes o poco sensibles (Christoffoleti *et al.*, 2008; Panigo *et al.*, 2012; Dellaferrera *et al.*, 2018), mientras que la posibilidad de que una población de malezas persista en un determinado sistema de manejo se centra en que las condiciones del sistema que favorecieron o determinaron la ventaja adaptativa persistan en el tiempo (De'lye, Jasieeniuk y LeCorre, 2013). Además de esto, las comunidades de malezas son dinámicas y muestran variaciones interanuales asociadas a cambios en las condiciones meteorológicas, gracias a su gran adaptabilidad, pueden no ser problemáticas en un determinado momento, o pueden volver a serlo nuevamente porque: (1) su banco de semilla permanece muchos años viable, (2) implementos y maquinarias agrícolas contaminadas actúan activamente en la dispersión, o (3) simplemente presentan una capacidad de dispersión alta. Las causas que determinan una ventaja adaptativa son múltiples y variables entre especies y poblaciones. Entre ellas podemos citar: la presencia de múltiples mecanismos de resistencia, falta de penalidades o costos en el *fitness* de la resistencia o tolerancia, diferentes niveles de tolerancia a herbicidas, efecto variable del herbicida en diferentes partes de la planta, variación en las concentraciones que provocan daños en función de las prácticas culturales predominantes e historia productiva de los lotes.

Otro de los factores reductores de la productividad y rendimiento de los cultivos son las plagas. Las pérdidas causadas por las plagas son una de las principales limitantes de los cultivos. En el mundo se reconoce la importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas. El uso masivo de la toxina del *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), que tiene propiedades insecticidas y se aplica sobre los cultivos o ha sido incorporado a su genoma,

puede desencadenar interacciones potencialmente negativas sobre determinados organismos. Un interés particular cobra el impacto de los cultivos transgénicos sobre los organismos que no son blanco del control, especialmente los insectos benéficos. Las proteínas bioactivas del *Bt* son sustancias cada vez más frecuentes en los agroecosistemas. La mayoría de los herbívoros que colonizan a los cultivos *Bt* ingieren tejidos vegetales que contienen la proteína, la cual pueden pasar a sus enemigos naturales en formas más o menos procesadas, pudiendo verse afectados, directamente por la toxina de los cultivos *Bt* o a través de efectos a niveles inter-tróficos. En el año 2012, se autorizó en Argentina el uso comercial de la soja con tecnología RR Bt (RR: resistente a Roundap, marca comercial del herbicida glifosato; Bt: expresión de la proteína «Cry» proveniente de *B. thuringiensis*), comúnmente llamada «soja intacta». Este cultivar incorpora la resistencia a plagas insectiles del orden Lepidoptera, dentro del cual se encuentran las principales plagas del cultivo. Sin embargo, tiene poco efecto sobre otras especies del género *Spodoptera* que también se encuentran en el cultivo de soja y los efectos sobre los predadores no están completamente documentados.

En cuanto a las enfermedades, a pesar de la importancia que tienen los agentes fitopatógenos en la disminución de la calidad y rendimiento del cultivo, en muchas de las enfermedades presentes en la región centro norte de Santa Fe existen serias carencias de conocimiento acerca de la etiología, de las relaciones patógeno-hospedero y de sus características epidemiológicas, lo que conlleva a problemas de control y constante aparición de patógenos con resistencia a distintos principios. Por otra parte, es sabido que el manejo específico de una enfermedad puede variar considerablemente de acuerdo al agente causal que la origina. En la región muchas de las patologías no han sido correctamente identificadas o actualizadas, por lo que resulta un problema al momento de definir estrategias de manejo para intervenir en los sistemas productivos y disminuir la acción de las enfermedades. Estos conocimientos básicos son necesarios para diseñar las estrategias más adecuadas para evitar y/o reducir las pérdidas de manera amigable con el ambiente.

Situación actual

En relación con el manejo de malezas. En los últimos años son varias las especies que han adquirido relevancia para los sistemas productivos de la provincia, detectándose en un período no mayor a seis años importantes modificaciones no solo en su composición sino también de sus niveles de sensibilidad. Este problema, originalmente detectado al sur de la provincia,

fue en el transcurso de estos años expandiéndose hacia el norte. Por lo que hoy encontramos problemas importantes relacionados con falta de control y niveles de sensibilidad muy bajos a diferentes herbicidas en las poblaciones de malezas del centro norte de la provincia.

Las especies de *Conyza* infestan más de 40 cultivos de interés económico, entre los de mayor interés para la región se pueden citar: cítricos, maíz, soja, algodón, sorgo granífero, trigo, cultivos intensivos, cultivos forrajeros y pasturas, entre otros. Es importante destacar que, en realidad, a campo son dos especies, una con dos variedades, las que se encuentran coexistiendo en un mismo lote (en proporciones variables según el lote): *Conyza sumatrensis*, *C. bonariensis* var *bonariensis* y *C. bonariensis* var *angustifolia*. Las tres presentan entre ellas niveles diferentes de sensibilidad a glifosato, no solo entre especies y variedades, sino también entre lugares de colección, ubicándose los valores más altos de resistencia a glifosato en biotipos de poblaciones coleccionados en campos destinados a la citricultura en el Norte provincial (Perreta, 2018).

Gomphrena perennis también es informada como maleza tolerantes a glifosato. Para esta especie se detectaron biotipos del norte de la provincia, de zonas relictuales o no cultivadas, con índices de tolerancia menores que las ubicadas en la zona centro. Ambos biotipos mostraron una respuesta a nivel de la biomasa producida similar luego de ser tratados con dosis subletales de glifosato. Sin embargo, al analizar los parámetros estructurales se encontraron marcadas diferencias según la población de origen, mostrando diseños de planta diferentes (Acosta, 2012).

En Argentina, informes publicados de control ineficaz de *Commelina erecta* con glifosato han sido frecuentes desde 1997. Desde su primer informe, su incidencia y nivel de infestación fue incrementándose debido a su tolerancia al glifosato y solo en las últimas campañas ha disminuido su población por causas posiblemente asociadas al clima. A pesar de esto, la especie sigue siendo representando un peligro latente para el sistema de cultivo predominante. En esta especie no se observan variaciones fenotípicas, e incluso las diferencias de tolerancia entre biotipos del centro o norte de la provincia no son excesivamente marcadas, aunque son mayores en el centro. Esta especie posee ciertas características arquitecturales que podrían tener implicancias en la regeneración vegetativa ante situaciones de estrés. La presencia de un pequeño rizoma (tallo reservante que suministra los carbohidratos necesarios para la brotación) con yemas axilares inhibidas, pero viables (Panigo *et al.*, 2012), la producción de semillas dormidas durante toda la estación de crecimiento y la capacidad de germinar bajo las condiciones ambientales comúnmente encontradas en los campos cultivados de la provincia explicaría su permanencia en esta región.

Como surge de lo anterior la tolerancia o la resistencia a glifosato no son las únicas razones para explicar aumentos de densidad poblacional de una maleza en un campo cultivado con aplicaciones intensivas de glifosato. Las malezas pueden producir gran cantidad de semillas que constituirán las nuevas generaciones antes, durante o después de la especie en cultivo. El conocimiento del vigor germinativo de las semillas de las malezas y el contenido de sus reservas para el crecimiento de la plántula en las etapas postgerminativas, antes de que pueda fotosintetizar, es importante para determinar la respuesta de las semillas a las condiciones del medio (Bewley *et al.*, 2013). En especies anuales, la regeneración de las poblaciones tiene lugar, principalmente, a través de la producción de semillas y los biotipos de malezas se ha visto que pueden presentar diferentes respuestas. Por ejemplo, en *Parietaria debilis* el herbicida afecta tanto número como el tamaño de las ramas, sin anular la producción de semillas, mientras que en *Petunia axillaris* la aplicación de glifosato retrasa la floración pero no la evita, y esto hace que la producción de semillas y flores siga siendo elevada, en ambos casos, y asegura la perpetuación de los genotipos menos sensibles (Dellaferrera, Panigo, Vegetti y Perreta, 2014).

Amaranthus hybridus actualmente es una maleza con graves problemas de control e incluso presenta biotipos poco sensibles a varios herbicidas, incluido el glifosato, dentro de la provincia de Santa Fe. Su gran difusión y persistencia como maleza, es debida en parte a su gran fecundidad y a la longevidad de sus semillas. Produce gran cantidad de semilla, debido a que sus estructuras reproductivas cimosas se vuelven cada vez más compuestas y complejas, gracias al desarrollo de yemas axilares profilares en las flores que desarrolla (Acosta, Perreta, Amsler y Vegetti, 2009). Hasta el año 2012 fue utilizada como patrón sensible en estudios comparativos de tolerancia a glifosato, dada su extrema sensibilidad al mismo (Acosta *et al.*, 2009, Dellaferrera, 2013). Actualmente, se identificaron al menos cuatro biotipos de *Amaranthus hybridus* en localidades del centro norte provincial que resultaron resistentes en grado variable a 2,4-D, a dicamba y a glifosato, encontrando uno de los mismos con resistencia múltiple a los tres, coleccionado en la localidad de San Justo (Dellaferrera *et al.*, 2018).

Enfermedades. El análisis y procesamiento de la base de datos RiiA (Red de Información de Interés Agronómico) programa desarrollado de manera conjunta por la FCA, la Estación Experimental Rafaela del INTA y profesionales de empresas, cooperativas e instituciones *vinculadas a la producción agrícola de la región central de la provincia de Santa Fe*; durante las campañas 2003 al 2013 y estudios adicionales realizados hasta el 2015 permitieron priorizar y destacar la presencia de los géneros fúngicos causantes de enfermedades de raíz y tallo

en soja en la región centro norte de Santa Fe: *Fusarium*, *Phomopsis/Diaporthe*, *Rhizoctonia*, *Macrophomina*, *Phytophthora*, *Sclerotinia* y *Cadophora*. De todos los aislamientos, *Fusarium* sp. fue el de mayor incidencia, precedido por *Diaporthe* en menor medida. Respecto de este tema se requiere establecer cuál es el nivel de incidencia en el rendimiento de cada uno de los géneros fúngicos y las medidas de manejo acorde a cada patosistema, información actualmente no disponible para la región.

También se llevaron a cabo ensayos de control biológico en patógenos comunes a soja y maíz. Se probaron seis cepas de *Trichoderma* sp. que lograron inhibir el crecimiento micelial de los tres aislamientos de *M. phaseolina* en siembras duales. En todos los casos, se observó un sobrecrecimiento del antagonista sobre el patógeno, inclusive esporulando sobre él. Además, en ensayo con semillas inoculadas con suspensiones de conidios a las concentraciones utilizadas pertenecientes a los aislamientos de *Trichoderma* sp. se observó inhibición de la germinación en semillas de soja en condiciones *in vitro*, demostrando un efecto negativo del antagonista al secretar algún tipo de sustancia al medio bajo la metodología empleada. En tal sentido se requiere determinar, sobre las cepas biocontroladoras, las sustancias que estarían inhibiendo el normal desarrollo de la semilla y su germinación.

En la campaña 2017-2018, en localidades del centro de la provincia se registraron síntomas inusuales con nivel epidémico afectando distintos híbridos de maíz. Estos síntomas consistieron en numerosas manchas blancas sobre las hojas, de 0,5 a 1,5 cm de diámetro, que presentaban gran cantidad de puntos oscuros (picnidios) similares a las causadas por el hongo *Phoma maydis*, anamorfo de *Phaeosphaeria maydis*. La ocurrencia y severidad de las lesiones fue marcadamente variable según los híbridos. En algunos casos, las manchas coalescieron formando lesiones más grandes con destrucción completa del área foliar. Con la finalidad de definir en forma precisa la etiología de la sintomatología observada, se realizaron observaciones macro y microscópicas de las lesiones determinándose la presencia de picnidios negros subepidérmicos que contenían conidios pequeños, ovales e hialinos, que coinciden con las características descritas para *Phoma maydis* (Maumary, Carmona, Dormento, Fernández y Favaro, 2017). Los avances logrados abrieron camino a la necesidad de profundizar las investigaciones sobre el patógeno, por lo que se trabaja en la caracterización fenotípica, genética y molecular de los aislados logrados en la región.