

Productividad de soja de segunda y comunidades de malezas en sistemas de intensificación sustentable y de transición ecológica

Sangoy Puntin N.¹, Poggio S.L.² y Coll L.¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Paraná

²IFEVA/Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires/CONICET

Los sistemas agrícolas basados en principios ecológicos representan un desafío al manejo integrado de adversidades bióticas, produciendo cambios en la estructura de las comunidades de malezas y en la competencia con los cultivos. En un experimento en la EEA Paraná del INTA, luego del primer año de evaluación, una mayor riqueza y abundancia de malezas podrían haber contribuido a reducir el rendimiento de la soja de segunda en transición ecológica.

La búsqueda de sistemas de producción más amigables con el ambiente se aceleró por la demanda de la sociedad en general y el conflicto urbano-rural en la periferia de las poblaciones en particular. Si bien como solución se plantean modelos agroecológicos o ecológicos, en sistemas de producción agrícola extensivos persisten interrogantes acerca del manejo de adversidades bióticas que dificultan la transición hacia estos modelos. Entre estas adversidades, las malezas plantean serios desafíos a la producción y calidad de los cultivos agrícolas tanto en los sistemas productivos tradicionales como en aquellos en transición ecológica. Aunque la transición ecológica es un proceso complejo y multidimensional, en general se caracteriza por el rol otorgado a la naturaleza en el diseño de nuevas soluciones para reducir el impacto ambiental y desarrollar servicios ecosistémicos (Magrini et al., 2019).

Vitta *et al.* (2004) mencionan que los cambios en los modelos productivos modifican las tácticas y estrategias utilizadas para el manejo de malezas y determinan cambios en sus comunidades. El control mecánico de malezas (reja plana), la siembra de cultivos de cobertura con su correspondiente rolado, la elección de los cultivares con mayor habilidad competitiva y los cambios en el arreglo espacial del cultivo figuran entre las tácticas efectivas para el manejo de malezas en los modelos de transición ecológica.

Por otro lado, los sistemas agrícolas actuales, ven reducida la eficacia de los herbicidas por la evolución de resistencias en distintas malezas, debiendo así recurrir a otros principios activos. Esto ha llevado, por un lado, al aumento de los costos de producción y, por otro, al incremento de los dobles cultivos y la incorporación de los cultivos de cobertura promovidos por la intensificación sustentable. La intensificación sustentable (IS) se define como un proceso o sistema en el que los rendimientos agrícolas aumentan sin un impacto ambiental adverso y sin la incorporación de tierras no agrícolas adicionales (Pretty y Pervez Bharucha, 2014).

En este contexto, han surgido distintas experiencias enfocadas en la evaluación de sistemas de manejo basados en principios ecológicos. Entre estas experiencias, en la EEA Paraná del INTA se ha iniciado un experimento de larga duración en 2020, donde se comparan un sistema de manejo de Intensificación Sustentable (IS) y otro de Transición Ecológica (TE). Las investigaciones se realizan con un abordaje interdisciplinario que abarca desde el uso de recursos y la evolución de las adversidades bióticas, hasta el impacto ambiental y económico.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la relación entre la producción del cultivo de soja de segunda y las diferencias en la estructura florística de las comunidades de malezas entre sistemas de Intensificación Sustentable (SI) y de Transición Ecológica (TE).

¿Cómo se hizo el trabajo?

En un experimento de larga duración iniciado en otoño de 2020 en la EEA Paraná del INTA, se evaluó la estructura de la comunidad de malezas en dos sistemas de producción contrastantes (1) Intensificación Sustentable (IS) con uso de fitosanitarios y (2) Transición Ecológica (TE) sin aplicación de fitosanitarios y cambios en el arreglo espacial del cultivo. Ambos sistemas presentaron la misma secuencia de cultivos compuesta por trigo/soja de segunda fecha de siembra - cultivo de cobertura polifítico/maíz de segunda fecha de siembra. El diseño experimental es en bloques completos

aleatorizados con tres repeticiones, considerando como tratamientos los sistemas de manejo IS y TE. Cada parcela tiene aproximadamente 2500 m².

Si bien las dos fases anuales de la secuencia de cultivos están presentes cada año, la evaluación que se presenta aquí se realizó sólo en el cultivo de soja. La soja del sistema de IS se sembró a 0,52 m entre hileras, mientras que en el tratamiento TE se sembró a 0,18 m para favorecer el cierre anticipado del canopeo del cultivo. En ambos casos, el 19 de diciembre se sembró el cultivar RA 5816 con una densidad de 50 semillas m⁻². Previa a la siembra de la soja de segunda, en el tratamiento IS, se aplicó 1 l ha⁻¹ de cletodim combinado con 0,5 l ha⁻¹ de aceite metilado de soja. Posteriormente, en postemergencia, también en IS se aplicó una mezcla de 3 l ha⁻¹ de glifosato (48%) y 0,8 l ha⁻¹ de imazetapir (10%) para complementar el control de malezas y 0,3 l ha⁻¹ de lufenuron (5%) para controlar trips.

A los efectos de conocer y caracterizar eventuales diferencias estructurales en las comunidades de malezas asociadas a ambos sistemas de producción, se realizó un relevamiento sistemático con 64 marcos (0,25 m²) por parcela, dispuestos en cuatro transectas paralelas espaciadas cada 5 m. Se listaron las especies presentes en cada cuadrante, para determinar la riqueza florística de la comunidad (nº especies parcela⁻¹) y se estimó la abundancia, es decir, el número de individuos de cada especie por unidad de área. Los censos se realizaron en dos momentos del ciclo del cultivo V5-V6 y en R5.6-R5.9 (Fehr, Caviness *et al.*, 1971). Por otro lado, se estimó la biomasa aérea de las malezas y la soja mediante 4 marcos (0,25 m²) por parcela, en tres momentos diferentes V6-V7, R4 y R7 (madurez fisiológica del cultivo).

Finalmente, la soja se cosechó en madurez con cosechadora experimental en una superficie de 200 m² y se estimó el rendimiento en grano. Se realizaron análisis de varianza de las distintas variables y cuando hubo efecto de los tratamientos, se aplicó el test de comparación de medias LSD de Fisher.

¿Qué resultados se obtuvieron?

El clima

El año 2020 fue extremadamente seco (693 mm) en la EEA Paraná y alrededores, en comparación con el promedio histórico (1035 mm, serie histórica 1934 -2019, Fig. 1). La recarga otoñal del perfil del suelo fue parcial por los bajos valores de las lluvias y, a su vez, el consumo del cultivo de trigo dejó escasas reservas de humedad en el suelo. Luego durante el periodo vegetativo del cultivo de soja, las lluvias ocurridas permitieron un crecimiento y desarrollo adecuados. Sin embargo, considerando la falta de lluvias durante febrero, en pleno periodo reproductivo, la menor disponibilidad hídrica puede haber incrementado la competencia entre las malezas y la soja limitando la fijación de granos.

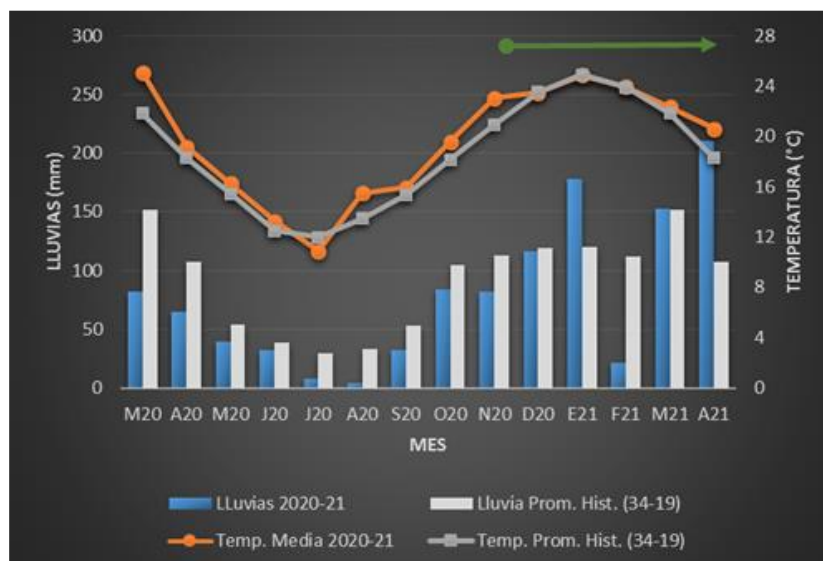


Figura 1 - Lluvias mensuales, temperaturas medias mensuales del ciclo agrícola 2020/21 y promedios de la serie histórica 1934-2019. Datos del Observatorio Agrometeorológico de la EEA Paraná del INTA. La recta verde indica el ciclo del cultivo de soja.

Riqueza de especies y abundancia de malezas

La riqueza y abundancia de la comunidad de malezas difirió entre sistemas de producción. La riqueza específica fue de 35 especies pertenecientes a 15 familias botánicas, predominando las especies dicotiledóneas por sobre las monocotiledóneas. Las familias más representadas fueron *Asteraceae* y *Poaceae*. La riqueza del sistema TE fue significativamente mayor a la del sistema IS en el segundo censo realizado en el estado R5 del cultivo de soja (Fig. 2).

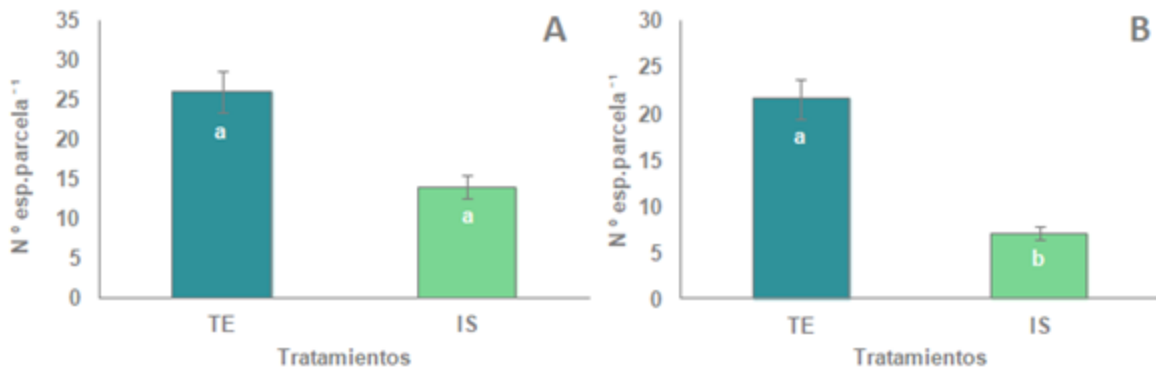


Figura 2 - Riqueza específica de la comunidad de malezas (N° esp. parcela⁻¹) para los tratamientos TE (Transición ecológica) e IS (Intensificación sustentable), en V6-V7 (A) y en R5 (B) del ciclo del cultivo de soja en la EEA Paraná del INTA, 2020/21. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas (alfa=0,05). Segmentos verticales en las barras representan el desvío estándar.

En lo que respecta a la abundancia, ésta fue significativamente mayor en el sistema de transición ecológica (Fig. 3), atribuida principalmente a la presencia de *Echinochloa* spp., *Digitaria sanguinalis* y *Amaranthus hybridus*. Además, se registró un elevado establecimiento espontáneo de plantas guachas de trigo (*Triticum aestivum*).

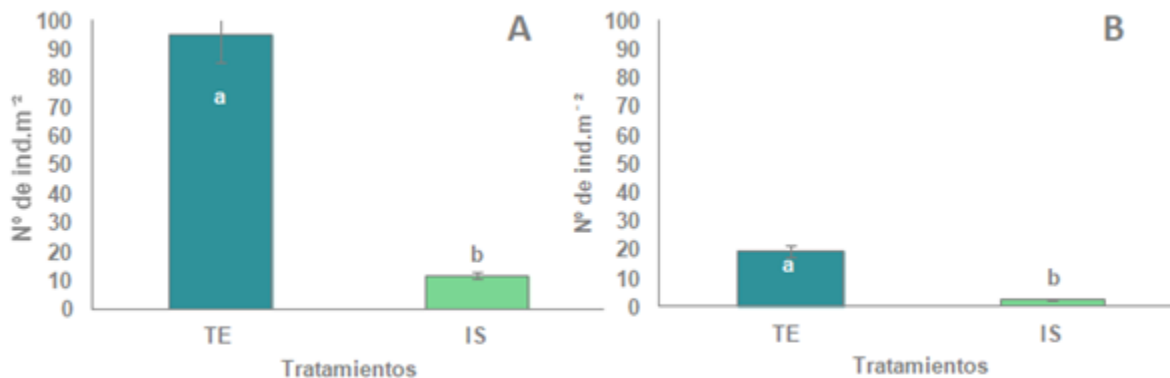


Figura 3 - Abundancia de malezas (N° de ind. m⁻²) para los tratamientos TE (transición Ecológica) e IS (Intensificación sustentable), en V6-V7 (A) y en R5 (B) del ciclo del cultivo de soja en la EEA Paraná del INTA, 2020/21. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas (alfa=0,05). Segmentos verticales en las barras representan el desvío estándar.

Biomasa aérea de cultivo y las malezas

Durante el periodo vegetativo de la soja (V6) la producción de biomasa del cultivo fue un 50 % más alta en el manejo IS (Fig. 4), probablemente producto de la mayor competencia ejercida por las malezas en el tratamiento TE. Sin embargo, ambos sistemas de manejo no difirieron estadísticamente en la biomasa producida, tanto en el muestro en V6 como en las dos etapas posteriores de evaluación, inicio del periodo crítico para la determinación del número de granos (R4) y madurez fisiológica del cultivo (R7). En cambio, la biomasa aérea total de malezas siempre fue superior en el sistema TE.

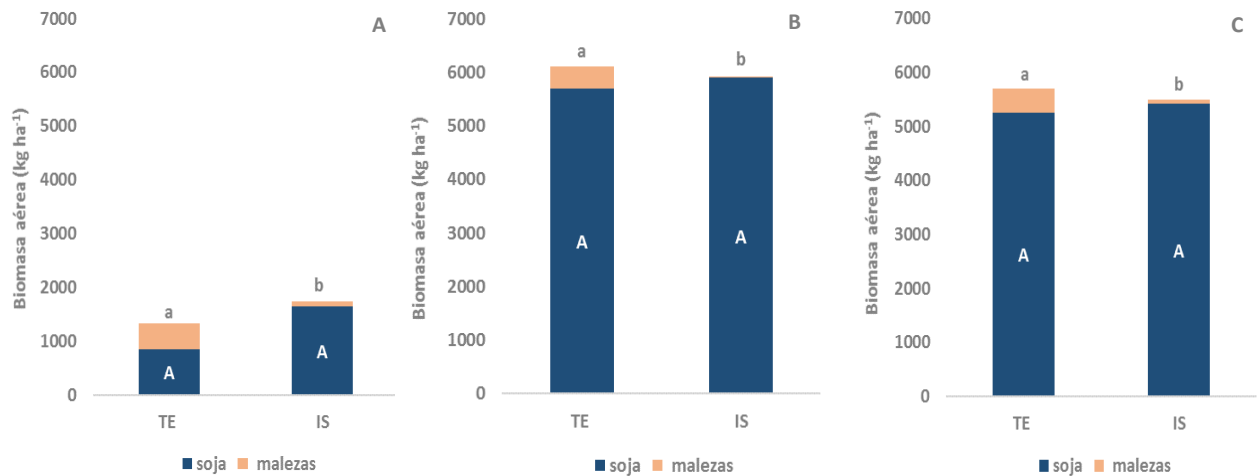
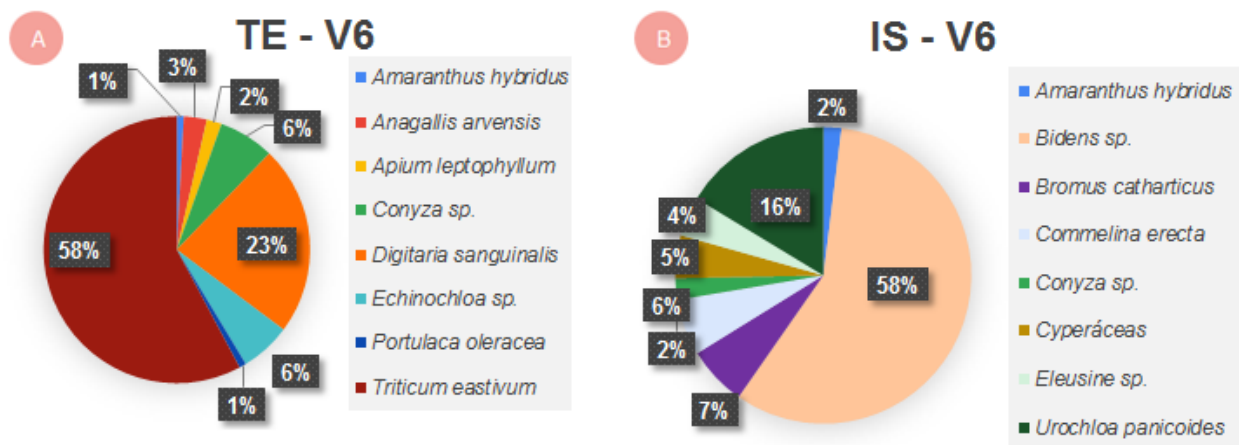


Figura 4 - Evolución de la producción de biomasa aérea de soja de segunda y malezas para los tratamientos TE (transición Ecológica) e IS (Intensificación sustentable) en la EEA Paraná del INTA, 2020/21. (A): Biomasa en V6; (B): Biomasa en R4 y (C): Biomasa en R7. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas (alfa=0,05), mayúsculas para biomasa de soja y minúsculas para biomasa de malezas.

La contribución porcentual de las malezas a la biomasa cosechada varió según el tratamiento y momento de muestreo en el ciclo del cultivo. En TE (Fig. 5) se observó una importante proporción de plantas guachas de trigo en los primeros estadios del cultivo de soja, las cuales disminuyeron luego por condiciones ambientales desfavorables para su crecimiento. Sin embargo, se observó una importante contribución de *Echinochloa* spp. y *Digitaria sanguinalis* en los tres muestreos, siendo relevantes también *Conyza* spp. y *Sorghum halepense* hacia el final del ciclo del cultivo. En cambio, en el sistema de IS, la mayor contribución de malezas estuvo dada por especies como *Bidens* spp., *Amaranthus hybridus* y *Cyperaceae* evidenciando la presencia de “manchones” de malezas en algunos sectores.



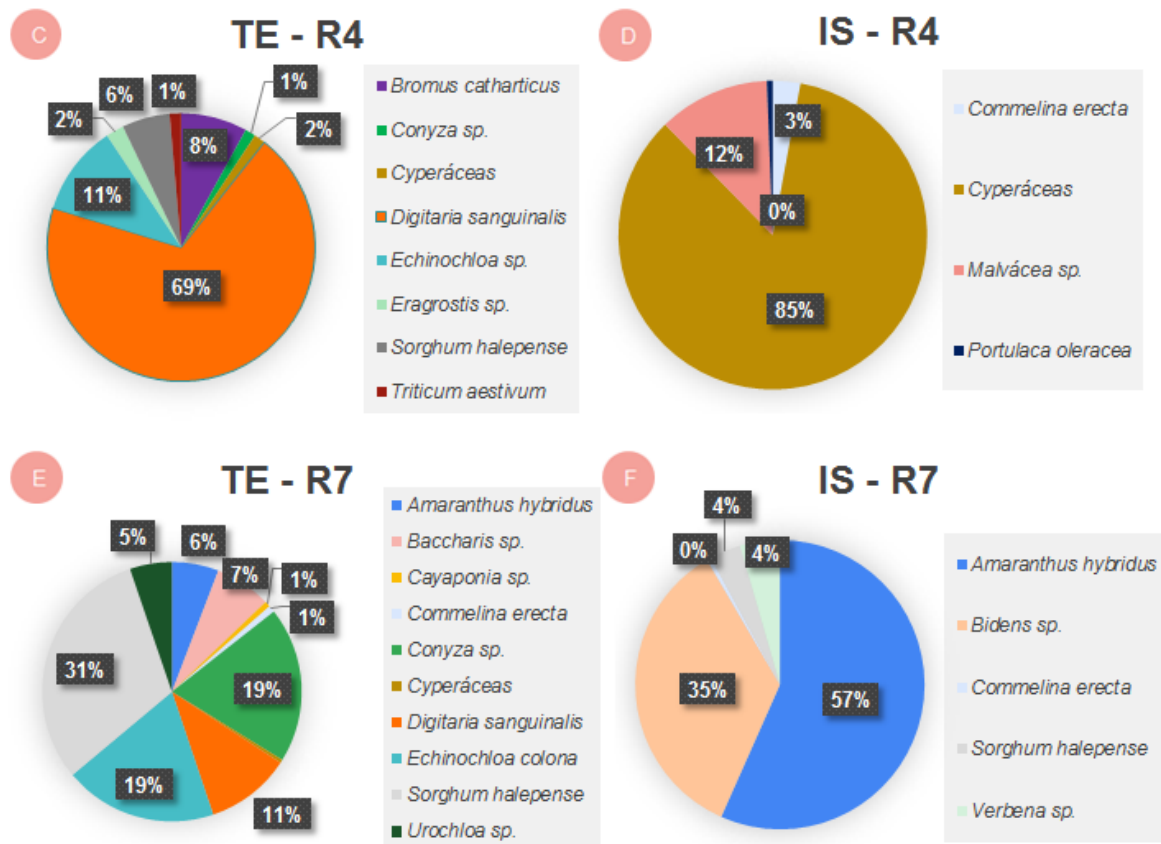


Figura 5 - Contribución relativa (%) de cada especie a la biomasa total cosechada de la comunidad de malezas. A, C y E: Sistema de Transición Ecológica en V6, R4 y R7 del cultivo de soja. B, D, F: Sistema de Intensificación Sustentable en V6, R4 y R7 en el INTA EEA Paraná 2020/21.

Partición y rendimiento de soja

En general, el rendimiento de soja se redujo a medida que aumentó la biomasa de las malezas durante el periodo vegetativo de la soja ($r=-0,85$; $p=0,003$). En cambio, la biomasa de malezas en R4 y en R7 de la soja no presentó correlación con el rendimiento. Estos resultados concuerdan en parte con el concepto de periodo crítico de control de malezas (Henry y Bauman, 1989; Eyherabide y Cendoya, 2002). También, Pautasso (2015) informó pérdidas de rendimiento de soja en la zona por el incremento en la abundancia de malezas como *Conyza* spp. o *Echinochloa colona*, aunque a partir de evaluaciones a la madurez del cultivo.

Por último, a pesar de haber alcanzado prácticamente la misma biomasa aérea a la madurez (Fig. 4), el rendimiento de soja fue superior en el sistema de manejo de IS (Fig. 6) posiblemente por una mayor partición de fotoasimilados hacia los granos. Es probable que la competencia con las malezas analizada en éste trabajo (Fig. 2, 3 y 4), junto con el daño ocasionado por trips o el aborto de estructuras reproductivas por efecto del complejo de chinches fitófagas (Saluso A., comunicación personal), hayan reducido el índice de cosecha de la soja en el sistema de transición ecológica (15 % menor).

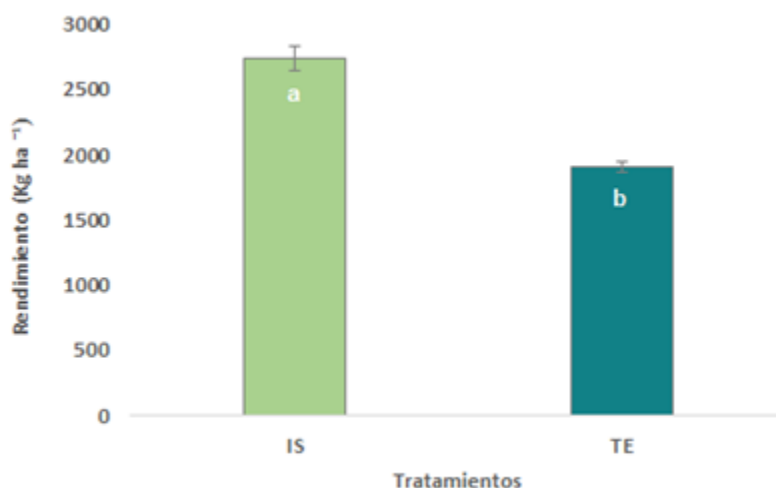


Figura 6 - Rendimiento de soja de segunda en sistemas bajo manejo de IS (Intensificación Sustentable) y de TE (Transición Ecológica) en la EEA Paraná del INTA, 2020/21. Letras diferentes entre columnas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$).

Consideraciones finales

Los resultados de este primer año de evaluación dejan entrever que el manejo sustentable de las malezas continúa siendo un gran desafío, especialmente en sistemas de transición ecológica. Considerando que el sistema de transición ecológica evaluado no se encuentra estabilizado, sino en etapas iniciales de implementación y consolidación, resulta clave la investigación que integre el conocimiento agronómico con la ecología de malezas, de manera tal que podamos comprender los procesos biológicos y ecológicos que determinan la estructura de la comunidad de malezas. Será un camino arduo que debe ir acompañado con el diseño de estrategias de manejo integrado de malezas e invertebrados basadas en principios ecológicos para promover una agricultura sustentable con impacto ambiental reducido.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración en la provisión de insumos para llevar adelante el ensayo de COOPAR, Syngenta y Rizobacter.

Para seguir leyendo ...

EYHERABIDE J.J. and CENDOYA M.G. 2002. Critical Periods of Weed Control in Soybean for Full Field and In-Furrow Interference. *Weed Science*, 50(2), p 162-166.

FEHR W.R., CAVINESS C.E., BURMOOD D.T. and PENNINGTON J.S. 1971. Stage of Development Descriptions for Soybeans *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science*, 11:929-931

HENRY W.T. and BAUMAN T.T. 1989. Interference between soybeans (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) under Indiana field conditions. *Weed Science*, 37(6), p 753-760.

MAGRINI M.B., G. MARTIN, M.A. MAGNE, M. DURU, N. COUIX, L. HAZARD and G. PLUMEQOCQ. 2019. Agroecological Transition from Farms to Territorialised Agri-Food Systems: Issues and Drivers. In: Bergez JE., Audouin E., Therond O. (eds) *Agroecological Transitions: From Theory to Practice in Local Participatory Design*. Springer, Cham.

PAUTASSO J.M. 2015. Pérdida del rendimiento del cultivo de soja por la presencia de rama negra y capín. Serie de Extensión N° 76, Actualización Técnica de Soja, EEA Paraná INTA. p 87-92.

PRETTY J. and Z. PERVEZ BHARUCHA. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of Botany* 114:1571-1596.

VITTA J., TUESCA D. and E. PURICELLI. 2004. Widespread use of glyphosate tolerant soybean and weed community richness in Argentina. *Agric. Ecosyst. Environ.* 103, p 621-624.

Para más información

Contacto del autor: sangoy.nerea@inta.gob.ar