

# EFFECTO DE LA INTENSIFICACIÓN Y DIVERSIFICACIÓN DE LAS SECUENCIAS AGRÍCOLAS SOBRE LAS COMUNIDADES DE MALEZAS

Sangoy Puntin, N.<sup>1\*</sup>; Coll, L.<sup>2</sup>; Poggio, L. S.<sup>3</sup>; Caviglia, O.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Becaria Doctoral CONICET/INTA. INTA-EEA Paraná. Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNER.

<sup>2</sup> INTA-EEA Paraná

<sup>3</sup> IFEVA. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. CONICET.

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNER. CONICET

\*E-mail: sangoy.nerea@inta.gob.ar

## INTRODUCCIÓN

La estructura de las comunidades de malezas es el resultado de un proceso con "reglas de ensamblaje" que actúan sobre el conjunto de especies como filtros organizados jerárquicamente (De la Fuente et al., 2021). Los agricultores y agrónomos intervienen con sus decisiones de manejo en la estructuración y funcionamiento de las comunidades bióticas que acompañan a los cultivos, dado que los efectos puntuales de las prácticas agrícolas impactan sobre las malezas a través de las variaciones en los flujos de materia, energía e información (Poggio, 2012).

La agricultura moderna ha convertido los agroecosistemas en sistemas altamente simplificados, compuestos por comunidades de cultivos homogéneas con base genética estrecha, escasas o nulas rotaciones (De la Fuente, Suárez & Ghera, 2006; Scursioni & Satorre, 2010; Nicholls, Altieri & Vázquez, 2015) y aplicaciones sincrónicas de herbicidas circunscriptos a unos pocos principios activos [6]. En los últimos 60 años, el manejo estuvo enfocado en la erradicación de las malezas, mediante un uso casi discrecional de herbicidas, como herramientas exclusivas (Papa & Tuesca, 2013; Satorre, 2017; Vera Díaz et al., 2020; Menalled, 2010).

La repetición anual de las prácticas agrícolas produjo que las malezas evolucionaran junto con los sistemas agronómicos y se adaptaran a ambientes disturbados con alta intensidad y frecuencia, originando comunidades florísticamente pobres y homogéneas, especialmente compuestas por pocas especies abundantes y de amplia distribución regional (Cléments, Weise & Swanton, 1994; Liebman & Davis, 2000; Liebman & Dyck, 1993; Poggio, Chaneton & Ghera, 2010). No obstante, en la actualidad las malezas revisten un estatus realmente crítico; pérdidas de eficacia y fallas de control, casos de tolerancia y resistencia de las malezas al glifosato y otros herbicidas que derivan en lotes con elevados grados de

infestación y poblaciones en continua expansión (Papa y García, 2020).

El desafío para resolver este problema conlleva a aplicar enfoques alternativos que reduzcan la presencia de malezas y el empleo de productos químicos. Una posibilidad es la planificación y el uso de estrategias culturales centradas en el cultivo como el elemento dominante del sistema agrícola (Adeux, 2019; Kruk, 2015), a través de la intensificación del uso de la tierra mediante cultivos dobles y la diversificación de la secuencia agrícola. En una secuencia, cuando se alternan los cultivos, se generan determinados ambientes que favorecen el desarrollo de ciertas especies y perjudican a otras (Gigón et al., 2015), generando inestabilidad en los patrones de disturbios y en la oferta de recursos, lo que limita la disponibilidad de sitios seguros para el establecimiento de malezas (Kruk, 2015)

Dado que cada cultivo genera un ambiente particular durante su ciclo, podría impactar de manera diferencial sobre la emergencia, supervivencia, competencia y capacidad reproductiva de las especies malezas (Kruk, Ruiz & Alzueta, 2017). De esta manera, se espera producir cambios en el microambiente percibido por ellas y someterlas a un mayor número de factores de estrés y mortalidad, afectando los procesos demográficos de las poblaciones que componen sus comunidades (Liebman & Dyck, 1993), tanto en la diversidad y composición de especies como en su abundancia (biomasa y densidad de individuos). Además, la diversificación de cultivos puede proporcionar una mayor flexibilidad en la elección de herbicidas con diferentes modos de acción, reduciendo así el riesgo de selección de biotipos de malezas resistentes a los herbicidas (Anderson et al., 1999).

En el contexto planteado, el proyecto propone identificar el impacto del cultivo (como elemento principal del sistema) sobre la composición florística y funcional de las comunidades de malezas en distintas secuencias de cultivos, considerando niveles variables de intensificación y diversificación. En función de esto se plantea la

hipótesis “En los monocultivos, las comunidades de malezas tienden a ser menos diversas, caracterizadas por la dominancia de unas pocas especies relativamente abundantes. En contraste, en secuencias con una mayor diversidad de cultivos, la frecuencia de las especies de malezas predominantes disminuye, mostrando una distribución más uniforme de las abundancias entre las especies que componen la comunidad, sin evidenciar una clara estructura de dominancia”.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En un experimento de larga duración instalado en el año 2008 en la EEA Paraná del INTA, ubicada sobre la Ruta 11, Km 12,5. Oro Verde, Entre Ríos (31° 50' 52" S, 60° 32' 18" O), durante los ciclos agrícolas 2020/21 a 2022/23 se evaluó la estructura de la comunidad de malezas de los cultivos maíz y soja en secuencias agrícolas (bajo siembra directa y condiciones de secano) con distintos grados de intensificación y diversificación de cultivos: (1) monocultivo de maíz [M - M], (2) monocultivo de soja [S - S], (3) la alternancia de maíz y soja en años sucesivos [S - M], (4) maíz - trigo/soja 2da [M - T/S], (5) trigo/soja 2da [T/S], (6) cultivo de cobertura de trigo – soja 1ra [Tcc/S], (7) arveja - soja 1ra [Arv/S], y (8) trigo/soja 2da - arveja/maíz 2da [T/S - A/M]. El experimento posee un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA) con parcelas de 125 m<sup>2</sup>. El control de malezas fue el habitual en la región (aplicación de herbicidas en barbecho, pre y post emergencia) y se utilizaron variedades tolerantes al glifosato. La región presenta un clima templado-húmedo de llanura, con temperatura media anual de 18.3°C y un amplio período libre de heladas (mediados de agosto a mediados de mayo). La precipitación anual promedio es de 1030 mm, con dos picos anuales marcados (primavera y otoño). El suelo es un Molisol (Argiudol ácuico), Serie Tezanos Pintos, característico del oeste de la provincia de Entre Ríos.

El relevamiento de malezas comprendió el período vegetativo de ambos cultivos empleando 20 unidades muestrales de 0.25 m<sup>2</sup>, dispuestas al azar, evitando los bordes y cabeceras de las parcelas. La composición funcional de las comunidades de malezas se determinó a partir de la clasificación de las especies según atributos biológicos y ecológicos i.e familia botánica, ciclo de vida, morfotipo, origen, vía fotosintética, biotipos de Raunkiaer. Mientras, la estructura florística se analizó en términos de densidad (n° de individuos/ especie/ unidad de área) y riqueza específica (n° especies).

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba de comparación de medias LSD de Fisher ( $\alpha=0.5$ ). También se realizaron Análisis de Componentes Principales (ACP) para identificar relaciones entre

densidad de especies y secuencias de cultivos. Se utilizó el software InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020). La variable densidad tuvo residuos del error independientes, homocedásticos, pero con distribución no normal, razón por la cual, los valores de las medias presentados se transformaron mediante el logaritmo base 10.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

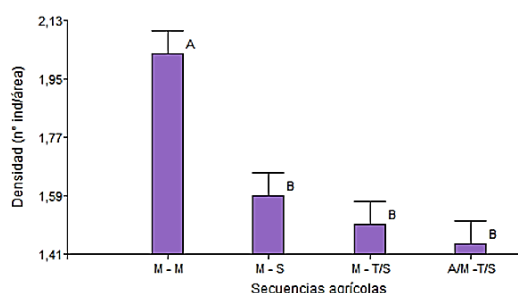
**Maíz.** Comprende las secuencias: A/M - T/S; M - T/S; M - S; M - M.

Se obtuvo interacción entre los factores tratamientos (secuencias) y ciclos agrícolas, tanto para densidad como para riqueza específica. El ciclo agrícola 2021/22 fue significativamente superior para ambas variables.

En el ciclo 2021/22, la secuencia más intensa y diversa (A/M - T/S) obtuvo los mayores valores tanto de densidad ( $p: 0.0001$ ; 2.51 ind. m<sup>-2</sup>) como de riqueza específica ( $p:0.0006$ ; 12.75 ind. m<sup>-2</sup>). La densidad en este ciclo tuvo un fuerte predominio de *Bidens sp.* dado a fallas en el control, atribuibles a las condiciones climáticas preponderantes de esa campaña, principalmente la sequía que dificultó la incorporación y disponibilidad en suelo de los herbicidas utilizados. Sin embargo, la misma secuencia (A/M - T/S) tuvo la menor densidad de malezas para las campañas 2020/21 (1.12 ind. m<sup>-2</sup>) y 2022/23 (0.67 ind. m<sup>-2</sup>). En relación a esta variable, el monocultivo de maíz (M-M) presentó valores de densidad de 2.43 ind. m<sup>-2</sup> y 2.21 ind. m<sup>-2</sup> para las campañas 2020/21 y 2021/22, respectivamente.

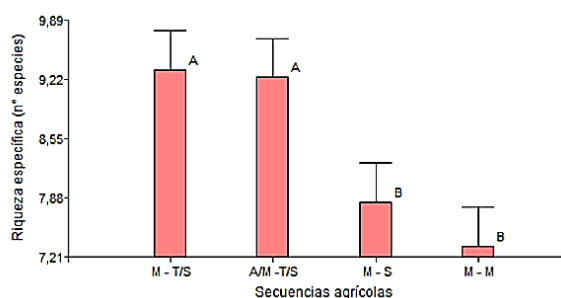
En lo que respecta a riqueza específica, en los ciclos 2020/21 y 2021/22 las dos secuencias agrícolas con alta intensificación y diversidad de cultivo (A/M - T/S y M - T/S) presentaron mayores valores de riqueza específica en comparación con el monocultivo de maíz y su alternancia con soja.

El promedio de las medias ajustadas permite visualizar que el monocultivo de maíz, para los 3 ciclos agrícolas, fue la secuencia con mayor cantidad de individuos de malezas (2.02 ind. m<sup>-2</sup>), en comparación con la secuencia A/M - T/S que tuvo menor densidad total (1.4 ind. m<sup>-2</sup>) (Figura 1).



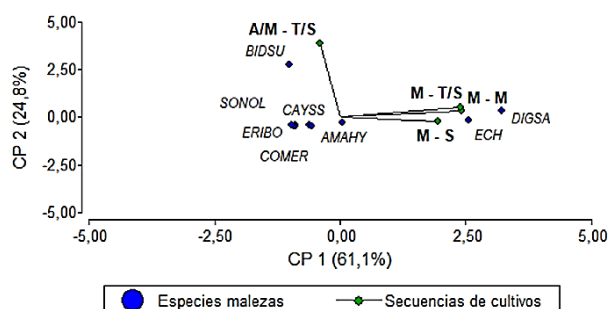
**Figura 1.** Promedio de las medias de la variable densidad en las distintas secuencias agrícolas.

Contrariamente, el monocultivo de maíz y la alternancia con soja presentaron menores valores de riqueza específica respecto a las secuencias más intensas (**Figura 2**).



**Figura 2.** Promedio de las medias ajustadas de la variable riqueza para el cultivo de maíz en las distintas secuencias agrícolas.

Al relacionar la densidad de las especies con las secuencias agrícolas se obtuvo que las CP1 y CP2 del ACP explicaron el 86% de la variabilidad total de los datos (**Figura 3**). Las malezas gramíneas estivales estuvieron más asociadas a las secuencias de cultivos M-T/S; M-S y M-M. Por el contrario, la secuencia A/M-T/S estuvo más representada por malezas dicotiledóneas, principalmente *Bidens sp.*, y otras.



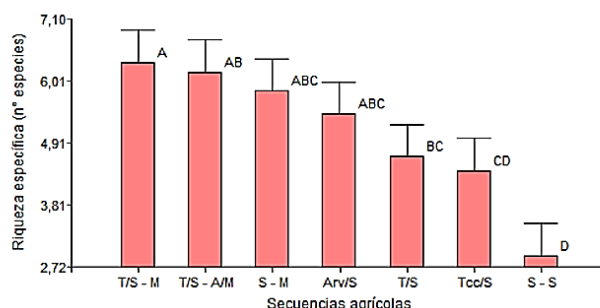
**Figura 3.** Análisis de Componentes principales de la interacción densidad de malezas y secuencias agrícolas para el cultivo de maíz.

La estructura funcional de la comunidad de malezas correspondiente al cultivo de maíz se caracterizó por estar constituida por un total de 40 especies, pertenecientes a 17 familias botánicas, con un claro predominio de Poaceae (25%) y Asteraceae (15%). Además, prevalecieron las especies anuales (77%) por sobre las perennes (25%), y las dicotiledóneas (73%) en superioridad respecto a las monocotiledóneas (27%). Del total de las especies, 28 de ellas son terófitas, es decir, se propagan por medio de semillas. En cuanto al origen de las especies, estuvieron presentes 17 spp. nativas y 21 spp. exóticas. Finalmente, la mayor proporción de especies es C3 y las C4 que estuvieron presentes correspondieron a gramíneas anuales.

**Soja.** Comprende las secuencias: T/S - A/M; T/S - M; S - M; S - S; T/S; Tcc/S; Arv/S.

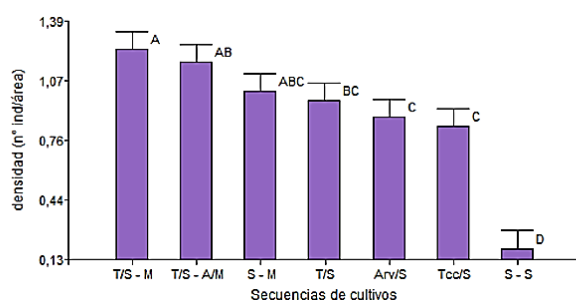
Se obtuvo interacción entre tratamiento y ciclo agrícola para la variable densidad, no así para la riqueza. En relación a ésta última, el ciclo agrícola 2021/22 difirió significativamente del resto de las campañas ( $p=0.0001$ ), presentando mayores valores de la variable.

A su vez, las secuencias intensas y más diversas que incluyen al cultivo de maíz T/S - M, T/S - A/M como así también S - M, presentaron un mayor número de especies (media ajustada: 6.33, 6.17 y 5.83 respectivamente) respecto a aquellas que solo poseen soja T/S, Tcc/S, Arv/S, mostrando a su vez diferencias significativas con el monocultivo (2.92). La incorporación de un cultivo de cobertura con una leguminosa como antecesor a la soja, tuvo mayor riqueza que el trigo antecesor (**Figura 4**).



**Figura 4.** Promedio de las medias para las variables riqueza específica de malezas en el cultivo de soja.

Contrariamente a lo acontecido en maíz, las secuencias intensas y más diversas en el cultivo de soja, exhibieron significativamente mayor densidad de malezas que el monocultivo (**Figura 5**).

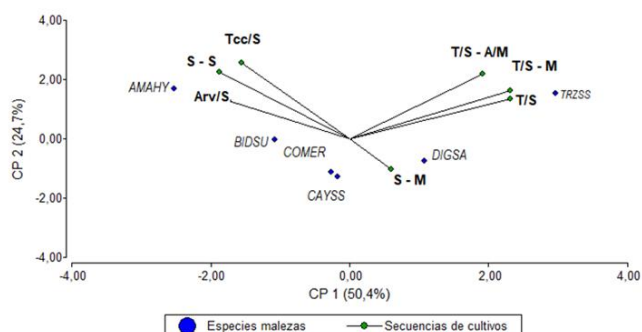


**Figura 5.** Promedio de las medias para las variables densidad de malezas en el cultivo de soja.

Esto se debió principalmente a la presencia de especies como *Echinochloa sp.*, *Digitaria sp.* y trigos espontáneos, a diferencia del monocultivo de soja, cuya densidad de malezas estuvo dada especialmente por dicotiledóneas como *Amaranthus hybridus* y *Bidens sp.* (**Figura 6**).

El resultado de este análisis conduce a rechazar la hipótesis planteada, ya que el monocultivo de soja tuvo

menor riqueza y densidad que el resto de las secuencias agrícolas.



**Figura 6.** Análisis de Componentes principales de la interacción densidad de malezas y secuencias agrícolas para el cultivo de soja.

La estructura funcional de la comunidad de malezas del cultivo de soja, contemplando las 7 secuencias agrícolas, arrojó un total de 37 especies y 16 familias botánicas. En cuanto al origen de las especies, estuvieron presentes en proporciones similares en el número de nativas (18 spp.) y exóticas (16 spp.) y dos cosmopolitas. Predominaron las dicotiledóneas (70%) por sobre las monocotiledóneas (30%) y las anuales (81%) respecto a las perennes (19%). Las C3 sobresalieron sobre las C4 con 24 y 13 spp. respectivamente. Las familias sobresalientes fueron Poaceae (30%) y Asteraceae (16%). Atendiendo a los biotipos de Raunkiaer preponderaron las terófitas con 23 especies, en segundo lugar, las geófitas y en baja proporción hemicriptófitas.

## CONCLUSIONES

Los resultados indican que las comunidades de malezas responden a los cambios en el micro-ambiente dado por la competencia inter-específica por recursos que genera cada cultivo en particular (Kruk, 2015), afectando los procesos de establecimiento y dinámica poblacional. Además, es importante señalar que, si bien las condiciones climáticas mostraron claros efectos sobre las poblaciones de malezas, especialmente en el ciclo agrícola 2021/22, factores como la ubicación, tipo de labranza, historia del lote, manejo y cultivo antecesor también modulan la composición de especies en ambos cultivos (Rauber et al., 2021). La comunidad de malezas del maíz, en cultivo continuo, tuvo mayor densidad de individuos que el cultivo de soja y estuvo más bien representada en dominancia por gramíneas anuales estivales, C4 y en alta densidad. Lo mismo ocurrió en el cultivo de soja, en aquellas secuencias en las que participa el maíz. Sin embargo, en el monocultivo de soja, se observaron más especies dicotiledóneas y C3, resultados concordantes con las observaciones en los cultivos de soja y maíz por (De la Fuente et., al 1999 y Rauber et., al

2021). En ambos cultivos se mantiene la tendencia a una mayor proporción de dicotiledóneas, predominancia de anuales, terófitas y de semillas pequeñas. Si bien, se evidenció un predominio de especies C3, las C4 presentes fueron las más abundantes y a su vez, las más complejas desde el punto de vista del manejo por tener biotipos resistentes a herbicidas, alta producción de semillas y persistencia en el banco de semillas del suelo.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue posible gracias al apoyo y colaboración que me brindaron las personas que se mencionan a continuación, hacia quienes destaco mis más sinceros agradecimientos: Al Dr. Poggio Santiago y a los Ing. Agr. Coll Leonardo y Cuatrin Alejandra, por la constante colaboración, predisposición, el tiempo y apoyo dedicado a mi trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adeux, G., Munier-Jolain, N., Meunier, D., Farcy, P., Carlesi, S., Barberi, P. & Cordeau, S. 2019. Diversified grain-based cropping systems provide long-term weed control while limiting herbicide use and yield losses. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4), 42. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0587-x>
- Anderson, R.L., Bowman, R.A., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., Aiken, R.M. & Benjamin, J.G. 1999. Alternative crop rotations for the central Great Plains. *Journal of Production Agriculture*, 12(1), 95-99.
- Burkart, A. 1969. Flora ilustrada de Entre Ríos – Argentina. INTA. Colección Científica. Tomo VI, Parte II (gramíneas). 551.
- Cabrera, A, Hernández, J., Caro, J., Covas, G., Fabris, H., Hunziker, J., Nicora, E., Rugolo, Z., Sánchez, E., Torres. 1970. Flora de la provincia de Buenos Aires. INTA. Colección Científica., 2, 624.
- Clément, D.R., Weise, S.F. & Swanton, C.J. 1994. Manejo integrado de malezas y diversidad de especies de malezas. *Phytoprotection*, 75(1), 1–18. <https://doi.org/10.7202/706048ar>
- De la Fuente, E.B., Oreja, F.H., Lenardis, A.E., Fuentes, M.T., Agosti, B., Barrio, A., Barberis, S., Robredo, J., Gil, A., Marzetti, M. & Niccia, E. 2021. Intensification of crop rotation affecting weed communities and the use of herbicides in the rolling Pampa. *Heliyon*, 7 (1), e06089., <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06089>.
- De la Fuente, E.B., Suárez, S.A., & Ghersa, C.M. 2006. Soybean weed community composition and richness between 1995 and 2003 in the Rolling Pampas (Argentina). *Agriculture, ecosystems & environment*, 115(1-4), 229-236.

- <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.01.009>
- De la Fuente, EB, Suárez, SA, Ghera, CM, & León, RJ 1999. Comunidades de malezas de soja: relaciones con la historia cultural y el rendimiento de los cultivos. *Revista de Agronomía*, 91(2), 234-241.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gigón, R., Forján, H., Manso, L., Istilart, C.M., Yannicari, M.E. 2015. Efecto de las rotaciones de cultivos y el manejo en el barbecho sobre la comunidad de malezas en el cultivo de soja; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Chacra Experimental Integrada Barrow; Serie Informes Técnicos; 3; 1; 8-2015; 96-97.
- Kruk, B.C. 2015. Disminución de la emergencia de malezas en diferentes escenarios agrícolas bajo siembra directa. *Agronomía & Ambiente*, 35(2). <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AYA/article/view/47>
- Kruk, B.C., Ruiz, E. & Alzueta, I. 2017. La secuencia de cultivos y la intensificación del uso de la tierra como herramientas para el manejo integrado de malezas. In Mercedes Royuela Hernando y Ana Zabalza Aznárez (editoras): XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología: actas. Pamplona-Iruña, págs. 131-136. Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa.
- Liebman, M. & Davis, A.S. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research*, 40(1), 27-48. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00164.x>
- Liebman, M. & Dyck, E. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications*, 3(1), 92-122. <https://doi.org/10.2307/1941795>
- Marzocca, A., Marsico, O. J., & Puerto, O. D. 1976. Manual de malezas; plantas indeseables, perjudiciales o cuyos frutos o semillas son impurezas de los granos de cereales, oleaginosos y forrajeras, y que crecen principalmente en la región pampeana de Argentina y en el Uruguay. Editorial Hemisferio Sur. 3ed. 564.
- Menalled, F.D. *Agroecología* 5: 73-78, 2010. Menalled, F.D. 2010. Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología*, 5, 73-78. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160581>
- Nicholls, C.I., Altieri, M.A., & Vázquez, L.L. 2015. *Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas*. *Agroecología*, 10(1), 61-72. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741>
- Papa, J.C. & Tiesca, D. 2013. Los problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo argentina: origen y alternativas de manejo. Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables 59-82. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2551/1/18429080413103109.pdf#page=67>
- Papa, J.C.M. y García, A.V. 2020. Reflexionando sobre las malezas: ¿En qué estamos fallando que no podemos resolver los problemas y cada vez tenemos más? *Malezas* (3): 12-23. [https://issuu.com/asacim/docs/asacim\\_03\\_issuu/s/10617073](https://issuu.com/asacim/docs/asacim_03_issuu/s/10617073)
- Poggio, S.L. 2012. Cambios florísticos en comunidades de malezas: un marco conceptual basado en reglas de ensamblaje. *Ecología Austral*, 22(2), 150-158.
- Poggio, S.L., Chaneton, E.J. & Ghera, C.M. 2010. Landscape complexity differentially affects alpha, beta, and gamma diversities of plants occurring in fencerows and crop fields. *Biological Conservation*, 143 (11), 2477-2486. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.06.014>
- Rauber, R. B., Demaría, M. R., Arroyo, D. N., & Poggio, S. L. (2021). Crop type and management are key filtering factors of functional traits in the weed communities of regions with contrasting soils and climates. *Applied Vegetation Science*, 24(4), e12622
- Satorre, E.H. 2017. Ciencia y tecnología en el problema de las malezas de los cultivos extensivos de granos. *Anales de la ANAV*, 70, tomo LXX (2017), págs 107-117. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/87468/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/87468/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Satorre, E.H.
- Scursoni, J.A., & Satorre, E.H. 2010. Glyphosate management strategies, weed diversity and soybean yield in Argentina. *Crop Protection*, 29, 957-962. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219410001183?casa\\_token=G7vI9Mp379EAAAAA:f8vUtdeSP2bvRhXu2k5Mz31Qj5mLaSTCqwyOdNg2ptnq3rw5eP2z3mTp2jZC57b2srJH1b\\_lgwwB](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219410001183?casa_token=G7vI9Mp379EAAAAA:f8vUtdeSP2bvRhXu2k5Mz31Qj5mLaSTCqwyOdNg2ptnq3rw5eP2z3mTp2jZC57b2srJH1b_lgwwB)
- Vera Díaz, F., Castro Arteaga, C., Gutiérrez Mora, X. y Váscquez Galarza, G. 2020. Alternativas agroecológicas para el control y manejo de arvenses en competencia específica con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. 25 pp. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/06/arvenses-maiz.pdf>