



Foto: Sebastián Martínez

DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS DEPREDADORES EN ROTACIONES ARROCERAS Y SU POSIBLE ROL COMO BIOINDICADORES

Lic. Dr. Luis Fernando García¹,
Lic. Erika Núñez², Lic. Dr. Marco Benamú³,
Téc. Agrop. Fernando Escalante⁴,
Ing. Agr. Dr. Sebastián Martínez⁴

¹CENUR Noreste sede Cerro Largo - Udelar

²Estudiante de Maestría, Pedeciba/ANII

³CENUR Noreste sede Rivera - Udelar

⁴Sistema Arroz Ganadería - INIA

En este artículo se presenta un estudio que analizó el efecto de distintos tipos de rotaciones arroceras, con pasturas y otros cultivos como soja, sobre la diversidad alfa (referido a la diversidad a nivel local) y beta (que evalúa la composición de especies entre localidades) de carábidos, así como su posible rol como bioindicadores en dichas rotaciones.

Los artrópodos depredadores son un grupo de amplia relevancia en sistemas agrícolas debido a su posible función como agentes de control biológico, teniendo a su vez, un rol importante como organismos bioindicadores debido a su susceptibilidad a perturbaciones ambientales (Castiglioni *et al.* 2017). Dentro de los grupos de artrópodos más destacados se encuentran las arañas, pero también los carábidos (Figura 1). Los carábidos (Carabidae) son una amplia familia de coleópteros (escarabajos) que viven

principalmente en el suelo y que son depredadores de otros insectos y pequeños animales (Furlong *et al.* 2004). Las arañas y carábidos son considerados como artrópodos agrobiontes, teniendo en cuenta que ambos grupos pueden adaptarse a las condiciones adversas presentes en los agroecosistemas (Gerlach *et al.* 2013). Además de ser importantes controladores de plagas, los carábidos han sido sugeridos como organismos bioindicadores en sistemas agrícolas ya que pueden responder a distintos cambios del agroecosistema



Figura 1 - Dos especies de carábidos (Carabidae).

como, por ejemplo, el manejo del suelo (Madzaric *et al.* 2018). En el caso de Uruguay, existen estudios que han demostrado un cambio en la composición de la fauna de carábidos de acuerdo al uso del suelo en sistemas con distinto tipo de manejo agrícola-ganadero, tanto en términos de diversidad como de composición (Castiglioni *et al.* 2017). Sumado a lo anterior, este estudio demostró también la asociación de varias especies de carábidos a los distintos tipos de manejo, lo que sugiere el rol potencial de estos organismos como bioindicadores a nivel local.

A pesar de la importancia de los carábidos, y la necesidad de implementar prácticas que utilicen organismos como indicadores de sostenibilidad ambiental, su importancia y su rol en sistemas agrícolas del Uruguay ha sido poco evaluado. En el presente estudio, se analizó el efecto de distintos tipos de rotaciones arroceras, con pasturas y otros cultivos como soja, sobre la diversidad alfa (referido a la diversidad a nivel local) y beta (que evalúa la composición de especies entre localidades) de carábidos, así como su posible rol como bioindicadores en dichas rotaciones.

Con la finalidad de determinar si estos organismos podrían ser utilizados como potenciales bioindicadores en sistemas agrícolas arroceros del Uruguay, se

realizaron muestreos de artrópodos en suelos arroceros de la Unidad Experimental de Paso de la Laguna, de INIA Treinta y Tres.

EVALUACIÓN DEL ROL DE LOS CARÁBIDOS COMO ORGANISMOS BIOINDICADORES EN ROTACIONES ARROCERAS

En el marco de un proyecto Innovagro-ANII (FSA_PI_2018_1_148630, Evaluación del impacto ecotoxicológico de los fitosanitarios utilizados en rotaciones arroceras contrastantes) fue planteado el estudio de los cambios en la biodiversidad edáfica de los agroecosistemas arroceros (Núñez *et al.* 2019).

En este contexto, se buscó evaluar grupos de artrópodos predadores como posibles indicadores biológicos de la calidad de suelo. Para determinar el potencial de los carábidos como bioindicadores, se estudiaron cuatro sistemas de rotaciones arroceras con manejos contrastantes presentes en el experimento de largo plazo de la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres, Uruguay (33°16'30.82" S; 54°10'24.12" O), en el período pre-siembra y pos-cosecha del cultivo de arroz. Las rotaciones comparadas son: 1) arroz continuo, 2) arroz con pastura corta, 3) arroz con pastura larga, y 4) arroz y soja (Figura 2).

Figura 2 - Esquema de las cuatro rotaciones estudiadas. Marcado en borde negro, la fase de arroz muestreada en pre-siembra y pos-cosecha para este trabajo.

Rotación	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
Arroz continuo	Cc	Arroz	Cc								
Arroz y pastura	Cc	Arroz	Cc	Arroz	P	P	P	P	P	P	P
Arroz y pastura corta	P	Arroz	P	P	P						
Arroz y soja	Cc	Arroz	Cc	Soja	Cc						

Se estudiaron cuatro sistemas de rotaciones arroceras con manejos contrastantes, en el experimento de largo plazo de la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres.

Los muestreos fueron realizados en el período primavera y otoño de 2019 y 2020, utilizando 18 trampas de caída (Núñez *et al.* 2019) en un área de 1.200 m² (parcela experimental). Las trampas se dejaron activas durante un período de 15 días. Considerando que la diversidad puede verse afectada por el tipo de práctica a nivel local (alfa), o que la composición de especies puede variar entre localidades (beta), ambos parámetros fueron evaluados entre localidades.

En el caso de la diversidad alfa, se evaluó mediante el número efectivo de especies la riqueza (q₀, que representa el número de especies) y diversidad (q₁, representando el índice de Shannon, el cual refleja una mayor diversidad para una determinada localidad ante mayores valores presentes), para las distintas rotaciones evaluadas. Los índices basados en el número efectivo de especies comparan el parámetro elegido de diversidad entre localidades cuando la abundancia es la misma. En el caso de la diversidad beta, se evaluó mediante el índice de Jaccard, que determina la similitud entre dos o más localidades de acuerdo con la composición de especies. Este índice oscila entre 0, cuando no hay especies compartidas, hasta 1, cuando todas las especies son compartidas entre ambas localidades.

Considerando que también es posible evaluar el posible rol de los escarabajos como bioindicadores, se empleó el índice del valor indicador (indval), el cual oscila entre los valores 0 (cuando las especies no se asocian a la localidad evaluada) a 100 % (cuando la especie tiene una asociación exclusiva con la localidad evaluada), y relaciona la abundancia y la presencia o ausencia de los organismos en un determinado ambiente. De esta manera, los organismos con un valor indicador superior al 75 % son considerados como buenos indicadores. El índice de valor indicador viene dado por la ecuación:

$$\text{Índice de valor indicador} = \text{Fidelidad} \times \text{Especificidad} \times 100$$

En esta ecuación la fidelidad representa la abundancia media del indicador en relación con los otros grupos, mientras que la especificidad se refiere a la proporción de sitios en los que el indicador está presente.

EFFECTOS DE LA ROTACIÓN SOBRE LA DIVERSIDAD Y EL ROL DE LOS CARÁBIDOS COMO BIOINDICADORES

No se encontraron diferencias a nivel de riqueza (q₀) entre las rotaciones, sugiriendo que el número de especies es similar entre las distintas rotaciones, con

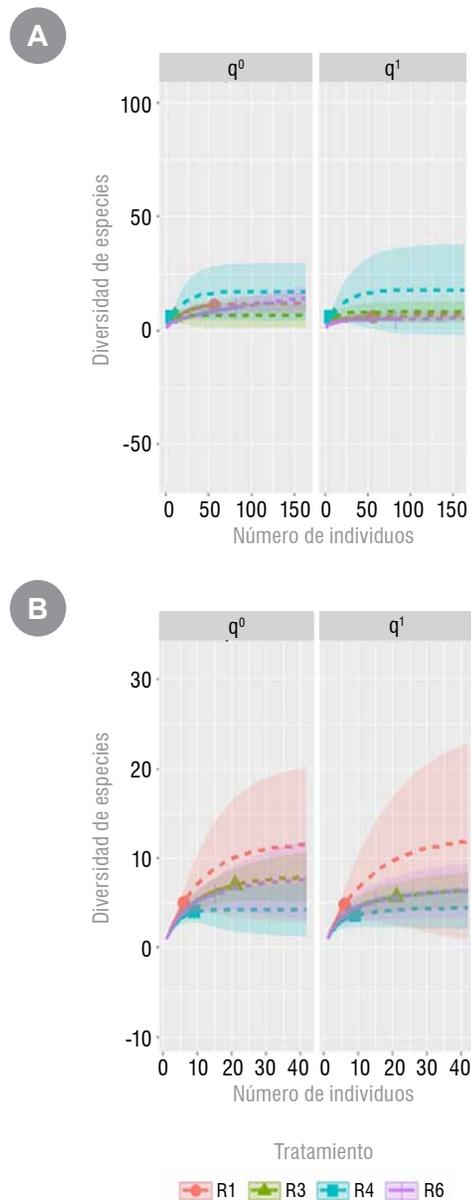


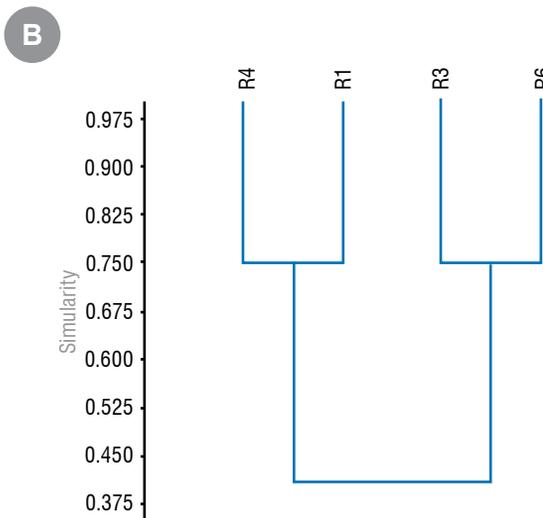
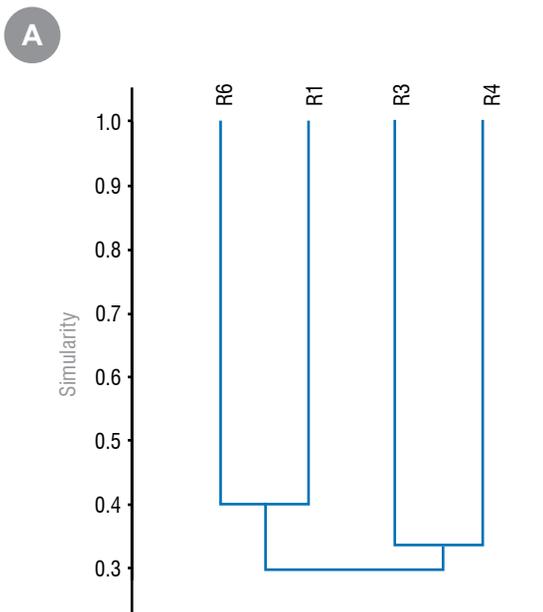
Figura 3 - Curvas de rarefacción para la riqueza (q₀) y diversidad de Shannon (q₁) en las etapas de pre-siembra (a) y pos-cosecha (b), en cultivos de arroz con las rotaciones evaluadas. Abreviaturas: R1 = arroz continuo, R3 = arroz y pastura corta, R4 = arroz-pastura, y R6 = arroz y soja.

No se encontraron diferencias a nivel de riqueza entre las rotaciones, sugiriendo que el número de especies es similar entre las distintas rotaciones.

valores ligeramente mayores para la diversidad alfa en la rotación de arroz con soja, mientras que la diversidad (q1) fue similar entre las rotaciones de arroz y soja y la de arroz continuo, esta tendencia se mantuvo a nivel de la pre-siembra (Figura 3a) y de pos-cosecha (Figura 3b).

A nivel de diversidad beta, según índice de Jaccard, se encontró una mayor similitud entre las rotaciones arroz y soja y arroz continuo con respecto a las demás rotaciones, particularmente a nivel de la pre-siembra (Figura 4a), mientras que esta tendencia cambia en la pos-cosecha, donde existe una similitud marcada entre la rotación arroz y soja y arroz con pastura corta y la misma tendencia se presenta entre arroz y pastura larga y arroz continuo (Figura 4b).

En la evaluación de las especies bioindicadoras, se encontraron cinco morfoespecies asociadas a la



Abreviaturas: R1 = arroz continuo, R3 = arroz y pastura corta, R4 = arroz-pastura, y R6 = arroz y soja.

Figura 4 - Dendrogramas contruidos a partir de valores del Índice de similitud de Jaccard en las etapas de pre-siembra (a) y pos-cosecha (b) del cultivo de arroz para las rotaciones evaluadas.

Las rotaciones comparadas fueron: 1) arroz continuo, 2) arroz con pastura corta, 3) arroz con pastura larga, y 4) arroz y soja.



Foto: Sebastián Martínez

Figura 5 - Procesamiento, limpieza y clasificación manual de muestras obtenidas de trampas de caída.

Cuadro 1 - Especies bioindicadoras de carábidos a nivel de las etapas de pre-siembra y pos-cosecha junto con los distintos valores indicadores.

Rotación	Morfoespecie	p-valor	Valor indicador
R3	ME73	0,027	59 %
R6	ME10	0,001	80 %
	ME43	0,001	66 %
	ME76	0,039	43 %
R1+R6	ME12	0,002	83 %
R3+R4+R6	ME10	0,021	75 %
	ME63	0,02	60 %

Abreviaturas: R1 = arroz continuo, R3 = arroz y pastura corta, R4 = arroz-pastura, y R6 = arroz y soja.

rotación arroz y soja, siendo la de mayor valor como indicador *Pterostichus* sp. con una asociación del 80 % (ME10, Cuadro 1). Estos resultados sugieren que, si bien la diversidad de carábidos no podría verse tan afectada como en el caso de otros grupos de artrópodos, estos organismos podrían funcionar como posibles bioindicadores de prácticas agrícolas para algunas rotaciones arroceras.

Nuestros resultados sugieren que los carábidos pueden ser utilizados a nivel de especie como bioindicadores de algunas rotaciones de manera más efectiva que al evaluar la diversidad en su conjunto.

Futuros estudios deberían evaluar si las especies encontradas en el presente estudio funcionan como indicadores a nivel de cultivos de arroz en otras localidades del país.

Los resultados sugieren que los carábidos pueden ser utilizados a nivel de especie como bioindicadores de algunas rotaciones de manera más efectiva que al evaluar la diversidad en su conjunto.

REFERENCIAS

Castiglioni E, García LF, Burla JP, *et al* (2017) Arañas y carábidos como potenciales bioindicadores en ambientes con distinto grado de intervención antrópica en el este uruguayo: un estudio preliminar. *Innotec* 13:106–114. doi: 10.26461/13.11

Furlong MJ, Zu-Hua S, Yin-Quan L, *et al* (2004) Experimental Analysis of the Influence of Pest Management Practice on the Efficacy of an Endemic Arthropod Natural Enemy Complex of the Diamondback Moth. *J Econ Entomol* 97:1814–1827. doi: 10.1093/jee/97.6.1814

Gerlach J, Samways M, Pryke J (2013) Terrestrial invertebrates as bioindicators: An overview of available taxonomic groups. *J Insect Conserv* 17:831–850. doi: 10.1007/s10841-013-9565-9

Madzaric S, Ceglie FG, Depalo L, *et al* (2018) Organic vs. organic - Soil arthropods as bioindicators of ecological sustainability in greenhouse system experiment under Mediterranean conditions. *Bull Entomol Res* 108:625–635. doi: 10.1017/S0007485317001158

Núñez, E.; García, L.; Lacava, M.; Benamú, M.; Escalante, F.; Martínez, S.; Carrasco-Letelier, L. (2019) Artrópodos como bioindicadores y biomarcadores para evaluar la sustentabilidad de rotaciones arroceras. *Revista INIA Uruguay* no. 59, p. 61-65.



Figura 6 - Contenido de una muestra de trampa de caída, incluyendo un ejemplar de Carabidae.