

# Indicadores biológicos de restauración ambiental en un ex basural a cielo abierto (Cuenca Matanza-Riachuelo, Municipio de Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina)

Pamela Krug<sup>1</sup> , Analía Soledad Nanni<sup>1,\*</sup> , Anahí Escala<sup>2</sup> , Marisol Rodríguez<sup>2</sup> , Carolina Gschaidner<sup>3</sup> , Vera Mignaqui<sup>3</sup> 

- (1) IIIA-UNSAM-CONICET, Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Escuela de Hábitat y Sostenibilidad, Campus Miguelete, 25 de mayo y Francia, 1650-San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- (2) Autoridad de la Cuenca Matanza -Riachuelo (ACUMAR), Buenos Aires, Argentina.
- (3) Área de Vinculación y Transferencia, Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3iA), Escuela de Hábitat y Sostenibilidad, Campus Miguelete, 25 de mayo y Francia, 1650-San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

\*Autor de correspondencia: Analía Soledad Nanni [[nanni.analia@gmail.com](mailto:nanni.analia@gmail.com)]

> Recibido el 13 de agosto de 2022 - Aceptado el 03 de agosto de 2023

**Como citar:** Krug, P.C., Nanni, A.S., Escala, A., Rodríguez, M., Gschaidner, C., Mignaqui, V. 2023. Indicadores biológicos de restauración ambiental en un ex basural a cielo abierto (Cuenca Matanza-Riachuelo, Municipio de Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina). *Ecosistemas* 32(3):2440. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2440>

## Indicadores biológicos de restauración ambiental en un ex basural a cielo abierto (Cuenca Matanza-Riachuelo, Municipio de Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina)

**Resumen:** En el presente trabajo se evalúa el proceso de restauración ambiental que se desarrolla en un ex basural a cielo abierto (Cuenca Matanza-Riachuelo, Municipio de Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina) mediante la utilización de indicadores biológicos. Los indicadores biológicos elegidos fueron comunidades vegetales, de anuros y de coleópteros edáficos pertenecientes a dos familias Carabidae y Aphodiidae. Los sitios de muestreo fueron seleccionados teniendo en cuenta la variabilidad del predio y su perfil topográfico. El muestreo de vegetación se realizó con 8 parcelas de seguimiento continuo (Invierno; primavera; verano) estimando la cobertura por especie y siguiendo la metodología de Braun-Blanquet. Se relevó la comunidad de anuros mediante dos metodologías: visual y auditiva. La captura de los coleópteros fue mediante la colocación de trampas de caída. Anuros y coleópteros fueron muestreados en primavera y verano. Se identificaron un total de 52 especies vegetales. Se observaron diferencias significativas en la diversidad entre estaciones, siendo más alta en invierno y menor en primavera y verano. Se detectaron un total de 5 especies de anuros. El número de especies presentes durante ambas estaciones fue similar, aunque variaron su identidad. Se identificaron un total de 6 especies pertenecientes a la familia Carabidae y una a la familia Aphodiidae. La diversidad y la riqueza mostraron diferencias significativas entre las estaciones, siendo mayores ambos valores durante primavera. El elenco de especies presentes evidencia un proceso de sucesión en sus estadios tempranos para todos los indicadores biológicos estudiados, aunque el tiempo de restauración es relativamente corto.

**Palabras clave:** anuros; biodiversidad; coleópteros; vegetación

## Biological indicators of environmental restoration of a former open-air garbage dump (Matanza-Riachuelo Basin, Marcos Paz Municipality, Buenos Aires, Argentina)

**Abstract:** In this paper, the process of environmental restoration that takes place in a former open-air dump (Cuenca Matanza-Riachuelo, Municipality of Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina) is evaluated through the use of biological indicators. The chosen biological indicators were plant communities, anurans and edaphic beetles belonging to two families Carabidae and Aphodiidae. The sampling sites were selected taking into account the variability of the property and its topographic profile. Vegetation sampling was carried out with 8 continuous monitoring plots (winter, spring, summer) estimating cover by species and following the Braun-Blanquet methodology. The anuran community was surveyed using two methodologies: visual and auditory. Coleoptera were captured by placing pitfall traps. Anurans and beetles were sampled in spring and summer. A total of 52 plant species were identified. Significant differences in diversity were observed between seasons, being higher in winter and lower in spring and summer. A total of 5 species of anurans were detected. The number of species present during both seasons was similar, although their identity varied. A total of 6 species belonging to the Carabidae family and 1 to the Aphodiidae family were identified. Diversity and richness showed significant differences between seasons, both values being higher during spring. The list of species present shows a succession process in its early stages in all the biological indicators studied, although the restoration time is relatively short.

**Key words:** anurans; biodiversity; coleoptera; vegetation

## Introducción

La restauración ambiental de espacios degradados es el proceso consistente en reducir, mitigar e incluso revertir los daños producidos en el medio físico para volver en la medida de lo posible a la estructura, funciones, diversidad y dinámica del ecosistema original (SER 2004). Para ello deben restituirse las condiciones originales y corregirse los impactos medioambientales ocasionados por la actuación llevada a cabo en el entorno. Muchas veces, el daño ambiental es irreversible y la restauración total es imposible. En estos casos, se persigue el objetivo de la remediación y/o saneamiento del ambiente para crear un neoeosistema y restaurar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Clewelly y Aronson 2013). Un factor adicional es que en varias oportunidades se desconoce la condición natural original del ecosistema degradado (Tortorelli 2009), por lo tanto, si la restauración implica el retorno a su condición natural, pueden existir distintas interpretaciones del éxito de la restauración (Livingston 2006).

En Argentina existen 5000 basurales a cielo abierto, en promedio, más de dos basurales por municipio a nivel nacional. Estos sitios, carentes de control de operación y con escasas o nulas medidas de protección implican uno de los riesgos ambientales y sanitarios más urgentes de nuestro país (MAyDS 2022). El Plan Federal de Erradicación de Basurales a Cielo Abierto es una iniciativa que lleva adelante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En este contexto, la Autoridad de la Cuenca Matanza-Riachuelo (ACUMAR), comenzó la restauración de distintos basurales a cielo abierto presentes en la provincia de Buenos Aires dentro de las líneas de acción del Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA).

Existen antecedentes de cierres de basurales a cielo abierto comparables con el presente caso de estudio en Argentina debido a que la composición de los residuos que presentaban eran en su mayoría residuos sólidos urbanos (Martinengo et al. 2013) y el proceso de cierre involucraba tareas similares. Particularmente, podemos mencionar los casos de Luján de Cuyo, Godoy Cruz y Guaymallén de la provincia de Mendoza (SAYOT 2017). En todos los casos, el proceso de cierre involucró tareas de limpieza y acondicionamiento del predio, que incluyeron nivelación y estabilización de los terraplenes del terreno, remoción

de una parte de los residuos, la compactación de la superficie y la cobertura de la superficie compactada con tierra. Por último, el sembrado de vegetación nativa. Además, se construyeron sistemas para el monitoreo de agua subterránea, para el control de la escorrentía superficial y para los controles de biogás.

Con el objetivo de evaluar la efectividad de la restauración en el predio “Batalla Villamayor” se realizaron relevamientos de indicadores biológicos de acuerdo al Protocolo Complementario al Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional para el monitoreo de indicadores y servicios ecosistémicos en intervenciones en la Cuenca Matanza Riachuelo. Además, se plantea comparar el elenco de especies de estos indicadores biológicos en relación al perfil topográfico y la estacionalidad. Nuestra hipótesis es que los indicadores elegidos reflejan la evolución del proceso de restauración. Predecimos 1) que el elenco de especies presentes evidencia el proceso de sucesión hacia una comunidad estable. 2) que existirán diferencias en el elenco de especies y en los parámetros comunitarios debido al perfil topográfico y la estacionalidad.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El trabajo se realizó en el predio “Batalla de Villamayor” (-34.83869, -58.83168) de 7 ha, Municipio de Marcos Paz, Prov. Buenos Aires. En la margen sur del predio confluyen el Arroyo La Paja y el Arroyo Morales (Fig. 1) dentro de la Cuenca media del Matanza Riachuelo. El Arroyo Morales es un arroyo de agua clara, de un cauce lento, angosto y poco profundo (DEIAS - ACUMAR 2018). El clima dominante corresponde al tipo Templado – Húmedo de llanura, según la clasificación de Köppen (Beck et al. 2018). El invierno es corto y poco riguroso, mientras que el verano es caluroso y en ocasiones sofocante. El período normal de lluvia, se extiende de octubre a abril. La temperatura media anual del período de muestreo es de 16.4 °C y la precipitación media anual es de 998 mm. En cuanto a las características edáficas de la región, el suelo original está comprendido por un espeso manto de sedimentos cuaternarios denominado loess pampeano (Morello et al. 2012). Dentro del área se pueden distinguir 3 zonas (zona alta, zona de media loma y zona parquizada) que se diferencian por su altura (Fig. 1).



**Figura 1.** Área de estudio y diseño de muestreo para vegetación, anuros, carábidos y afóidos dentro del ex basural a cielo abierto “Batalla Villamayor”. Zona parquizada (violeta); zona de media loma (verde); zona alta (beige).

**Figure 1.** Study area and sampling design for vegetation, anurans, carabid and aphodid beetles within the “Batalla Villamayor” former open-air garbage dump. Landscaped area (violet); mid-hill area (green); high area (beige).

## Proceso de restauración

El uso de suelo de dicho predio era el de un basural a cielo abierto que funcionó durante 30 años. En este se depositaron alrededor de 1200 toneladas mensuales de residuos domiciliarios. El método de disposición prescindió de tratamiento alguno, de la correcta impermeabilización del suelo para la protección del mismo y de los cursos de agua superficiales como subterráneos. ACUMAR, el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS), el Municipio de Marcos Paz y la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) coordinaron el cierre del basural en 2017. En el marco del Plan de Saneamiento Ambiental generado para la Cuenca Matanza-Riachuelo se realizó el cierre técnico del predio, se removieron los residuos superficiales y se colocaron 15 600 m<sup>3</sup> de tosca y 5200 m<sup>3</sup> de suelo (De Cabo et al. 2021) en el año 2018. Además, se construyó un sistema para el monitoreo de agua subterránea (3 pozos), de desagües perimetrales y se construyó la infraestructura para el venteo de los gases generados por la descomposición de los residuos allí enterrados. Se plantaron 355 individuos de árboles, arbustos y herbáceas pertenecientes a 20 especies nativas. Las especies seleccionadas pertenecen al bosque ribereño (De Cabo et al. 2021). En la línea de costa del Arroyo Morales se intervino bajo la modalidad de biorrollos que son estructuras cilíndricas de yute con especies nativas enraizadas previamente que contribuyen a disminuir la erosión de los márgenes, y retienen contaminantes presentes en las aguas y sedimentos (Basilico et al. 2016). Se instalaron 36 biorrollos vegetados con: *Commelina erecta*, *Tripogandra diuretica*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Hydrocotyle bonariensis* y *Typha domingensis* (De Cabo et al. 2021).

## Indicadores biológicos

Los indicadores biológicos elegidos fueron comunidades vegetales, de anuros y de coleópteros pertenecientes a dos familias Carabidae y Aphodiidae. Los puntos de muestreo para cada comunidad se ubicaron de tal forma de abarcar la mayor variabilidad ambiental relacionada al gradiente topográfico que existe en el predio (Fig. 1).

Las plantas son un importante componente dentro de un ecosistema, utilizadas muchas veces como indicadoras de las condiciones del mismo. Las principales características que las hacen apropiadas para este fin son sus niveles de riqueza relativamente altos, sus rápidas tasas de crecimiento y su respuesta directa a los cambios ambientales tanto naturales como antropogénicos. Son usadas tanto a nivel de especie analizando características poblacionales que reflejan, por ejemplo, el impacto de determinados usos productivos (Magnano et al. 2018); a nivel comunitario analizando cambios en la diversidad, riqueza o composición que pueden dar cuenta de una o varias características físico-químicas del suelo, microclimas o condiciones hidrológicas (Fennessy 2002; Maraseni y Pandey 2014; Hedwall y Brunet 2016); como así también a nivel de paisaje analizando los patrones de distribución en el espacio y el tiempo como reflejo de cambios ocasionados por el calentamiento global, cambios en el uso de la tierra, etc. Por otro lado, cambios en su diversidad están acompañados de cambios en la composición funcional de la vegetación que a su vez alteran numerosas funciones y servicios ecosistémicos, por ejemplo, el incremento en la producción de biomasa y alteración de las tasas de ciclado de nutrientes debido al pastoreo intensivo que favorece plantas de rápido crecimiento no palatables (Lavorel y Grigulis 2012; Allan et al. 2015).

Los anuros son un grupo particularmente interesante por la multiplicidad de funciones que cumplen dentro de ecosistemas acuáticos y terrestres y por su sensibilidad ante cambios en el ambiente. Su ciclo de vida doble, sus adaptaciones fisiológicas altamente especializadas y sus requerimientos específicos de microhábitat le otorgan características singulares y útiles en los estudios de ecosistemas (Blaustein et al. 1994; Stebbins 1997;

Wells 2010). Por esta razón, los patrones de presencia, distribución y composición de sus comunidades se destacan como indicadores de la calidad ambiental para evaluar y pronosticar la magnitud de los efectos que generan las actividades humanas (Pollet y Bendell-Young 2000; Carignan y Villard 2002; Rice et al. 2006).

Los carábidos y afóridos ofrecen importantes servicios ecosistémicos tales como favorecer la productividad de los cultivos, en la descomposición de la materia orgánica, en el ciclado de nutrientes del suelo, en el control de plagas y la dispersión secundaria de semillas (Cicchino 2006; Paleólogos et al. 2007; Kwiatkowski 2011; Nanni et al. 2021a). En particular, las especies fosoriales, al excavar galerías, mejoran la estructura del suelo, aumentando su aireación, la infiltración del agua y el mejoramiento de las condiciones para el crecimiento de las raíces. Por esto, ambas familias son utilizadas a nivel mundial como indicadoras del impacto de diferentes actividades antrópicas (Magura 2017). Debido a su papel ecológico clave, la falta de estas familias puede afectar el funcionamiento de los ecosistemas tanto naturales como productivos.

## Diseño de muestreo y análisis estadístico

Se relevaron estacionalmente (invierno-primavera 2019 y verano 2020) las distintas comunidades. Para el muestreo de vegetación se establecieron 8 parcelas de seguimiento continuo (Fig. 1). Se estimó la cobertura de cada una de las especies dentro de las parcelas de 1 x 1 m siguiendo la metodología de Braun-Blanquet (Braun-Blanquet 1979). Se relevó la comunidad de anuros mediante dos metodologías: visual y auditiva (Heyer et al. 1994). Para el muestreo visual se establecieron 7 parcelas al azar de 6 x 6 m en los distintos ambientes. Dentro de cada parcela se realizó un rastillaje completo (Fig. 1) con tres observadores. Se contaron cantidad de individuos y especie de cada uno. Luego, se establecieron dos puntos de muestreo auditivo, uno en cada extremo del predio, sobre el margen del arroyo Morales (Fig. 1). En cada punto se grabaron los cantos durante 15 minutos, y se anotaron las especies que se encontraban vocalizando y el número de individuos. En cada uno de los sitios seleccionados se llevó a cabo la captura de los escarabajos de suelo mediante la colocación de dos trampas de caída (Nanni et al. 2019) por cada sitio. Un total de 20 trampas fueron colocadas en el predio (Fig. 1) por cada estación del año. Las trampas se confeccionaron con recipientes de plástico que fueron enterrados a un centímetro por debajo del nivel del suelo. En su interior se colocaron 400 ml de alcohol 96% para el mantenimiento de los ejemplares colectados y glicerina para evitar que el alcohol se evapore por completo y, por ende, que los ejemplares se dessequen (Nanni et al. 2019). Sobre cada trampa se colocó un plato plástico con el fin de evitar la entrada de agua de lluvia dentro de la misma. Las trampas operaron simultáneamente durante 15 días. Al cabo de este período fueron retiradas del campo. En el laboratorio se identificaron todos los ejemplares de carábidos y afóridos hasta el nivel de especie utilizando las claves taxonómicas disponibles en la bibliografía y nuestro conocimiento previo.

Para comparar estacionalmente la estructura de las comunidades presentes en cada nivel topográfico, se registró la riqueza específica (S) y se estimó la diversidad, utilizando el Índice de Shannon-Wiener (H') (Magurran 2013), y equitatividad, mediante el índice de Pielou (J') (Magurran 2013). Para evaluar si había diferencias significativas entre posiciones topográficas o entre estaciones se usaron modelos lineales generales para diversidad y equitatividad y modelos lineales generalizados para riqueza. Se excluyó del análisis la zona parquizada por contar con una sola muestra estacional debido a su pequeña área. En todos los casos se decidió no incluir la parcela al modelo porque su aporte no fue significativo. Se utilizaron los programas R (R Core Team 2020) y RStudio (RStudio Team 2020).

## Resultados

Se identificaron un total de 52 especies vegetales. Se observaron diferencias significativas en la diversidad entre estaciones ( $F_2=3.79$ ,  $p=0.0466$ ), siendo más alta en invierno y menor en primavera y verano. Los patrones de riqueza muestran una leve tendencia decreciente del alto hacia la media loma, pero sin diferencias significativas (Fig. 2), del mismo modo que se observa un gradiente estacional con el mayor número de especies durante el invierno y una disminución hacia el verano, pero sin diferencias estadísticamente significativas. En el caso de la zona parquizada no se observó un cambio importante en el número de especies, pero sí una disminución en la equitatividad, lo cual indica la presencia de una o pocas especies dominantes.

Se detectaron un total de 5 especies de anuros, 3 del género *Leptodactylidae*, una del género *Boana* y una del género *Rhinella*. Dentro del muestreo visual se registraron individuos de rana criolla (*Leptodactylus latrans*), rana piadora (*Leptodactylus latinasus*), rana rayada (*Leptodactylus gracilis*) y sapo común (*Rhinella arenarum*) (Fig. 3). Dentro del muestreo auditivo, se registraron individuos de rana rayada, rana piadora y ranita del zarzal (*Boana pulchella*) (Fig. 3). Además, cayeron 4 individuos de sapo común dentro de las trampas para escarabajos.

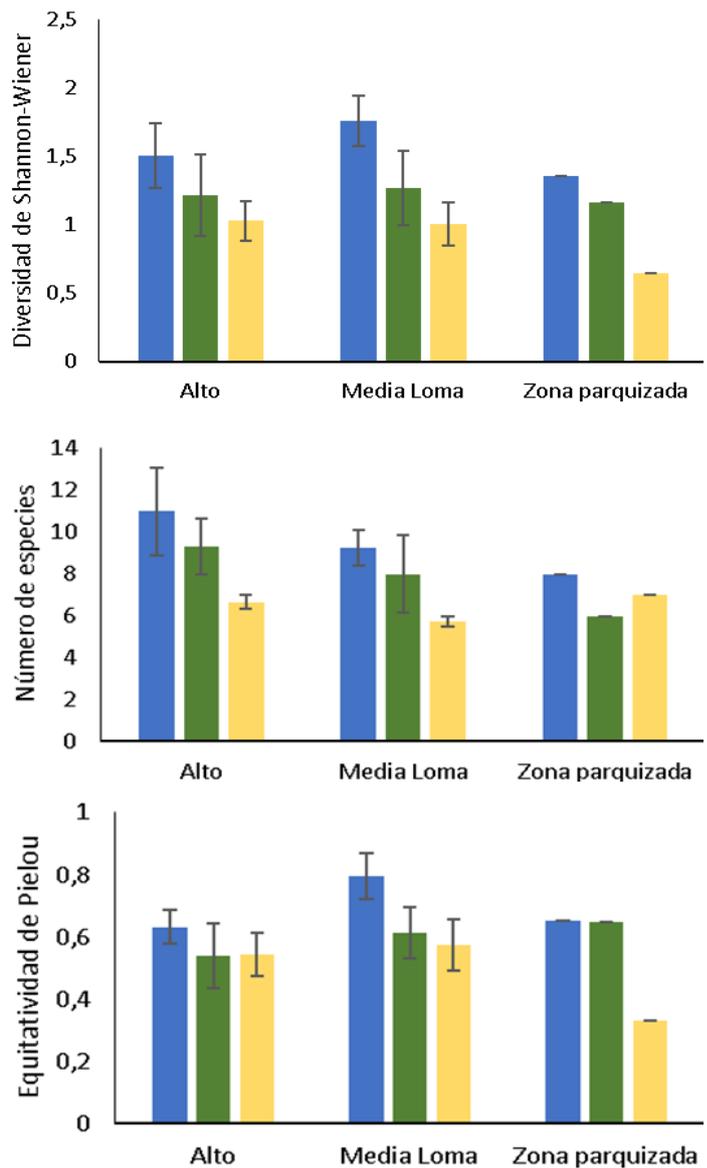
La cantidad de registros en algunas parcelas no permitió realizar un análisis estadístico para las comunidades de anuros por lo que se realiza un análisis descriptivo de los resultados. El número de especies presentes durante ambas estaciones fue similar, aunque variaron su identidad (Fig. 4). Las especies del género *Leptodactylidae* fueron encontradas en todos los ambientes con excepción de una de las parcelas del alto. *Boana pulchella* sólo fue encontrada en el margen del Arroyo Morales y *Rhinella arenarum* fue hallada en todos los ambientes.

Esto es consistente con las características de estas especies. Las 3 especies del género *Leptodactylidae* son especies típicas de pastizal, mientras que *Boana pulchella* tiene hábitos arbóricolas y suele estar asociada a vegetación palustre o pastizales altos. Por su parte, *Rhinella arenarum* se adapta a multiplicidad de hábitats desde ambientes naturales a peridomiciliarios. La rana piadora y la rana rayada se alimentan principalmente de arañas, hormigas, langostas y grillos, mientras que la rana criolla puede alimentarse de presas más grandes como escarabajos, pequeños vertebrados, mariposas y polillas. La ranita del zarzal, por sus hábitos más arbóricolas, se especializa en presas voladoras como moscas, mosquitos y algunas especies de escarabajos. El sapo común tiene una dieta generalista que incluye desde insectos y crustáceos a pequeños vertebrados (Ghirardi y López 2017; Zaracho et al. 2011).

Se identificaron un total de 50 individuos de coleópteros, 47 pertenecientes a la familia Carabidae y 3 a la familia Aphodiidae. Las especies de carábidos encontradas fueron: *Metius circumfusus*, *Phachymorphus striatulus*, *Scarites anthracinus*, *Loxandrus audouini*, *Selenophorus rufulus* y *Selenophorus alternans* (Fig. 5). *Ataenius opatroides* fue la única especie de afórido registrada (Fig. 6). *S. anthracinus* fue la especie dominante seguida por *P. striatulus* en ambas estaciones. La diversidad ( $F_1=5.05$ ,  $p=0.0413$ ) y la riqueza ( $F_1=4.74$ ,  $p=0.0470$ ), mostraron diferencias significativas entre las estaciones, siendo mayores ambos valores durante la primavera (Fig. 7).

*S. anthracinus* es una especie de gran talla con un peso promedio de 350 mg y un largo promedio de 20 mm (Nanni et al. 2015). *P. striatulus* es una especie de mediana talla con un peso promedio de 260 mg y un largo promedio de 16 mm, mientras que, *L. audouini* posee un peso promedio de 10 mg y un largo promedio de 10 mm (Nanni et al. 2015). *M. circumfusus* presenta un largo promedio de 8 mm. Por último, ambos *Selenophorus* son los que presentan la menor talla, con un largo promedio de 7 mm.

Tanto *S. anthracinus* como *P. striatulus* son mesófilas, tolerantes a los ambientes con mediana humedad edáfica, pero, en general, cercanos a cuerpos de agua. *S. alternans* y *S. rufulus*,



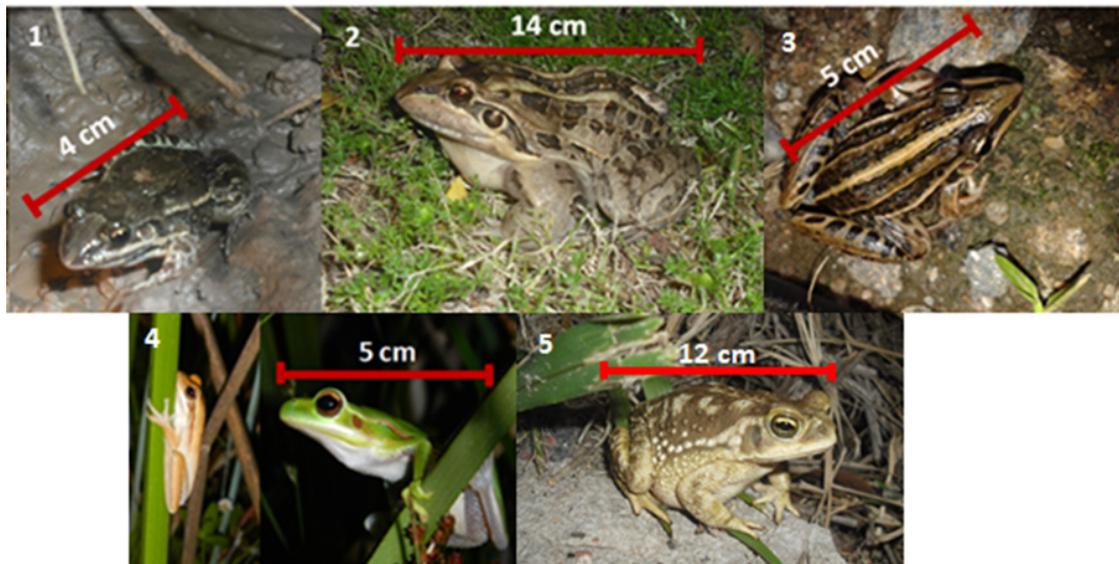
**Figura 2.** Resultados de los parámetros comunitarios para la comunidad vegetal durante el invierno y primavera del 2019 y verano de 2020. Se grafica el promedio y error estándar de cada nivel topográfico y cada estación. Invierno (azul); primavera (verde); verano (amarillo).

**Figure 2.** Results of the community parameters for the vegetation community during winter and spring of 2019 and summer of 2020. The average and standard error of each topographic level and season are plotted. Winter (blue); spring (green); summer (yellow).

también, son especies mesófilas, pero toleran ambientes con menor humedad edáfica que las dos primeras. *M. circumfusus* y *L. audouini* se encuentran descritas como especies hidrófilas, es decir, tolerantes a ambientes con alta humedad edáfica (Nanni et al. 2016).

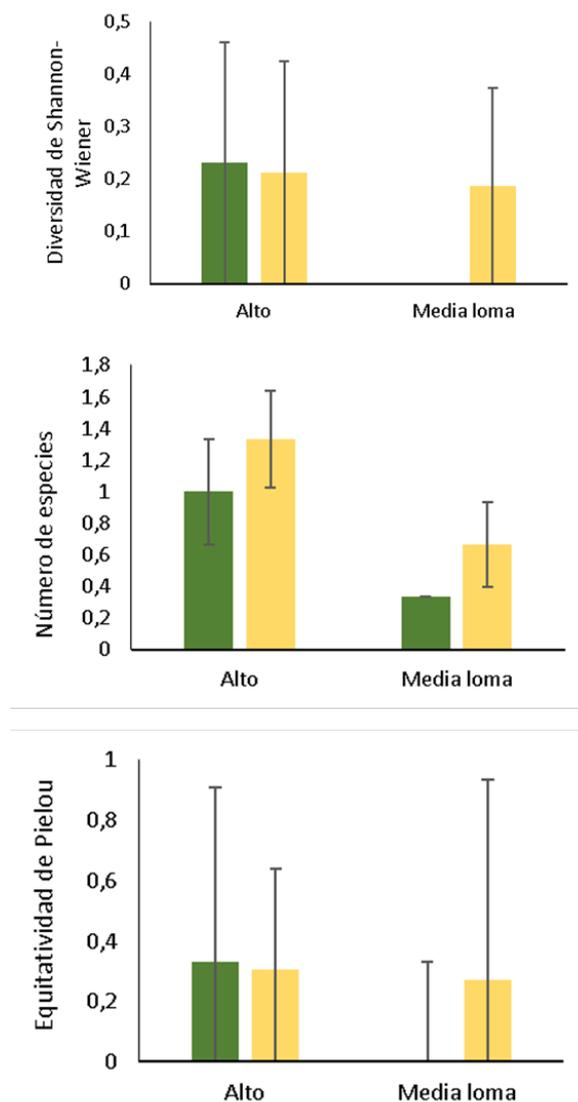
*S. anthracinus*, *P. striatulus* y *M. circumfusus* se encuentran en una gran variedad de tipos de hábitat por lo que se consideran generalistas de hábitat. Además, son sinantrópicas y hemisinantrópicas, es decir, están muy asociadas a los seres humanos (Cicchino et al. 2013). Por otro lado, *L. audouini* y ambos *Selenophorus* son considerados especialistas de hábitat debido a que se encuentran asociados a un solo tipo de ambiente o en unos pocos (Nanni et al. 2019).

*S. anthracinus*, *L. audouini* y *P. striatulus* son especies zoófagas, su dieta consiste principalmente en la ingesta de otros artrópodos y de animales de cuerpo blando (e.g., moluscos, anélidos, nematodos, planarias y larvas de insectos) (Nanni et al. 2021b).



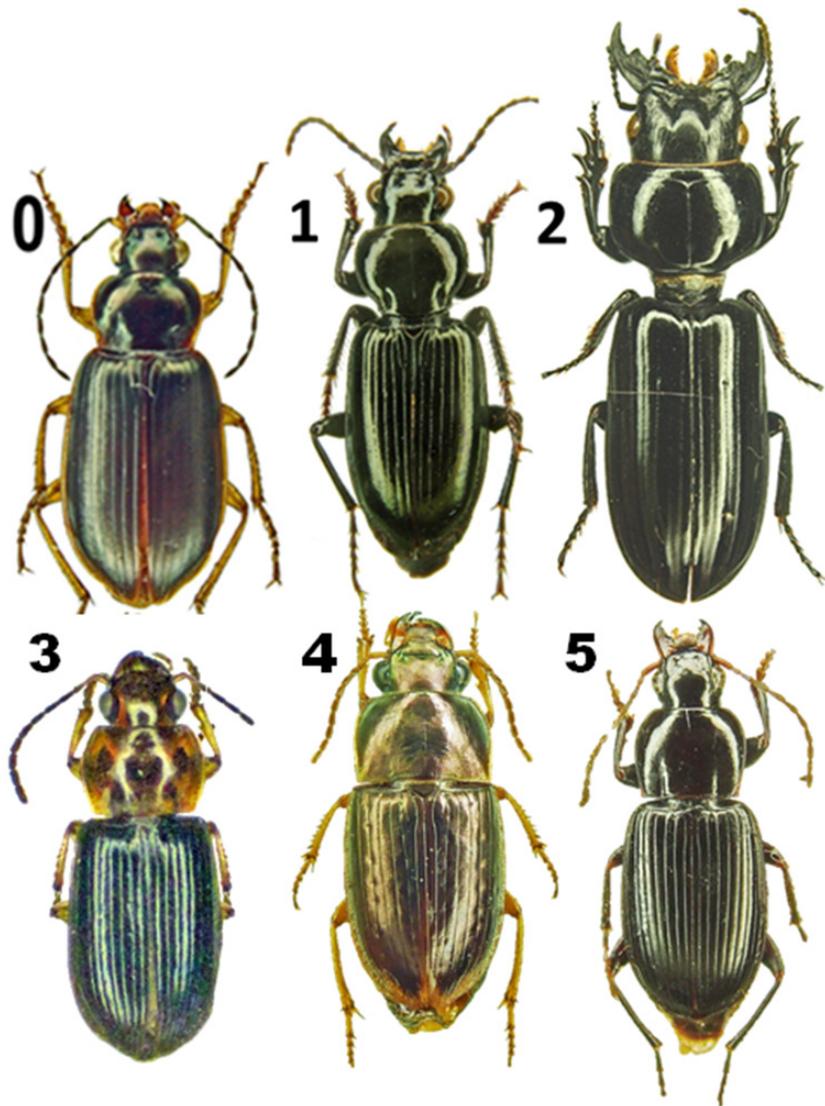
**Figura 3.** Especies de anuros registradas en el predio “Batalla Villamayor”, Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina. 1) *Leptodactylus latinasus*, 2) *Leptodactylus latrans*, 3) *Leptodactylus gracilis*, 4) *Boana pulchella*, 5) *Rhinella arenarum*.

**Figure 3.** Species of anurans recorded in “Batalla Villamayor” land, Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina. 1) *Leptodactylus latinasus*, 2) *Leptodactylus latrans*, 3) *Leptodactylus gracilis*, 4) *Boana pulchella*, 5) *Rhinella arenarum*.

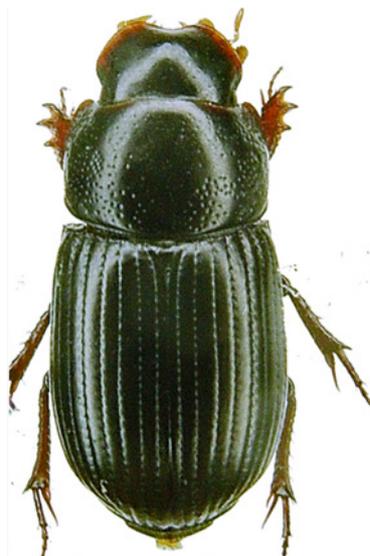


**Figure 4.** Resultados de los parámetros comunitarios para la comunidad de anfibios durante la primavera del 2019 y verano de 2020. Se grafica el promedio y error estándar de cada zona topográfica y estación. Primavera (verde); verano (amarillo).

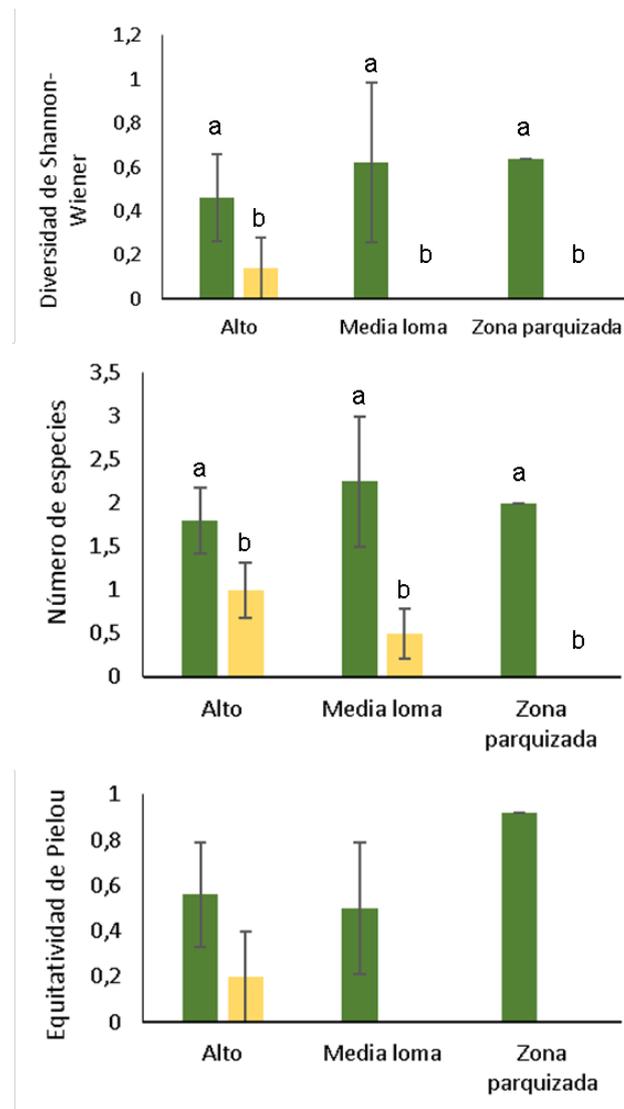
**Figure 4.** Results of the community parameters for the amphibian community during spring of 2019 and summer of 2020. The average and standard error of each topographic zone and season are plotted. Spring (green); summer (yellow).



**Figura 5.** Especies de carabidos registradas en el predio "Batalla Villamayor", Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina (Fotos: Armando Cicchino). 0) *Metius circumfusus*, 1) *Pachymorphus striatulus* 2) *Scarites anthracinus*, 3) *Selenophorus rufulus*, 4) *Selenophorus alternans*, 5) *Loxandrus audouini*.  
**Figure 5.** Species of carabids recorded in "Batalla Villamayor" land, Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina (Photos: Armando Cicchino). 0) *Metius circumfusus*, 1) *Pachymorphus striatulus* 2) *Scarites anthracinus*, 3) *Selenophorus rufulus*, 4) *Selenophorus alternans*, 5) *Loxandrus audouini*.



**Figura 6.** *Ataenius opatroides*, afodido registrado en el predio "Batalla Villamayor", Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina (Foto: Armando Cicchino).  
**Figure 6.** *Ataenius opatroides*, aphodid recorded at the "Batalla Villamayor" land, Marcos Paz, Buenos Aires, Argentina (Photo: Armando Cicchino).



**Figura 7.** Resultados de los parámetros comunitarios para la comunidad de carábidos y afodidos durante la primavera del 2019 y verano de 2020. Se grafica el promedio y error estándar de cada zona topográfica y estación. Primavera (verde); verano (amarillo).

**Figure 7.** Results of the community parameters for the carabid and aphodid community during spring of 2019 and summer of 2020. The mean and standard error of each topographic zone and season are plotted. Spring (green); summer (yellow).

*M. circumfusus*, por su parte, presenta una dieta omnívora, compuesta por una amplia variedad de fuentes de alimentos diferentes (e.g., carnívora, herbívora y fúngica) (Nanni et al. 2019). *S. alternans* y *S. rufulus* presentan una dieta granívora, es decir, se alimentan de las semillas de varias especies de plantas herbáceas (Nanni et al. 2016).

Finalmente, se encontraron 3 ejemplares de la especie *Ataenius opatroides*. En general, los afódidos se caracterizan por ser especies saprófagas o coprófagas (Stebnicka 2001), dieta que consiste en la ingesta de tejidos vegetales en descomposición proveniente de las heces de mamíferos herbívoros (Nanni et al. 2019). *A. opatroides* es una especie de pequeña talla con una longitud promedio de 7 mm. Esta especie se encontró en la media loma y en la zona parquizada aportando a la riqueza y diversidad de estos ambientes.

## Discusión

La tendencia decreciente de la riqueza y diversidad de especies vegetales desde el invierno al verano, es coherente al patrón esperado para la zona por ser parte de la ecorregión Pampeana, que se caracteriza por tener el máximo de cobertura hacia fines de invierno y el mínimo hacia el verano u otoño (Cabrera 1976). La vegetación es una pseudoestepa formada por

gramíneas alternadas con especies no graminiformes generalmente en baja cobertura. Las variaciones estacionales se deben posiblemente a la aparición de especies estivales que no toleran las condiciones más húmedas de la media loma y tampoco soportan las heladas de la época invernal.

En el caso de los anuros, la mayor abundancia registrada en primavera fue de dos especies de tamaño pequeño (rana rayada y rana piadora) con una dieta principalmente de hormigas y langostas (Ghirardi y López 2017), dos grupos que pueden considerarse pioneros en la colonización de ambientes intervenidos por el hombre. La presencia de *L. luctator* adulta dentro del predio puede ser un indicativo importante de que existe una disponibilidad de presas suficientes para mantenerla. Sin embargo, sólo se detectaron dos ejemplares en ambos muestreos con lo cual se puede sospechar que provengan de los campos aledaños y estén en una etapa inicial de colonización de este nuevo ambiente. Algo similar ocurre con *R. arenarum* que sólo fue detectado durante el verano. Esta es una especie de gran porte que requiere de una importante disponibilidad de presas para mantener poblaciones estables. En este caso, todos los individuos fueron juveniles. Por esta razón se cree que habría llegado al predio recientemente. *B. pulchella* sólo fue detectada en la primavera vocalizando principalmente sobre la margen del Arroyo Morales, por lo cual es de esperar que, con el avance de la vegetación palustre se encuentren cada vez más ejemplares.

*S. anthracinus*, *P. striatulus* y *M. circumfusus* son generalistas de hábitat, es decir, sin requerimientos específicos de hábitat. Se adaptan a una amplia gama de condiciones ambientales favoreciendo su proliferación. Esto es coincidente con lo encontrado por otros autores para estas mismas especies (Castro 2014; Porrini et al. 2010). Este resultado es esperable dado que es un ambiente con poco tiempo de restauración, o en un estado temprano de sucesión. Durante las primeras etapas de un ambiente en recuperación, primero colonizan especies generalistas de hábitat, y a medida que el ambiente se va complejizando y aumenta la oferta de nichos disponibles se incorporan al elenco especies con requerimientos específicos de hábitats. Esto es lo que se espera para los próximos años en este predio.

En particular, *P. striatulus* se asocia con ambientes donde la cobertura de estrato herbáceo es elevada, bajo porcentaje de humedad en suelo, bajas coberturas de mantillo y estrato arbustivo y bajo contenido de materia orgánica en descomposición (Porrini et al. 2010; Cicchino et al. 2005). Estas características ambientales concuerdan con las vistas en la zona parquizada y alta en el predio. *S. anthracinus* es una especie que se encuentra mayormente asociada a una elevada cobertura de estrato arbustivo. A lo largo del predio existen parches de estrato arbustivo en los tres ambientes muestreados por lo que dicha especie fue muy abundante.

Otro importante indicio de la restauración de los ambientes estudiados, es la aparición de tres especies consideradas especialistas de hábitat, aunque sea en muy baja abundancia (1 individuo de cada especie). *L. audouini* es una especie considerada típica de humedal (Nanni et al. 2019), mientras que, *S. alternans* y *S. rufulus* son especies típicas de pastizales (Cicchino et al. 2013). Los hábitats característicos de dichas especies concuerdan con su hallazgo en la media loma, donde predomina el estrato herbáceo y los suelos presentan mayor humedad que en la zona alta. En los próximos años se esperaría el aumento de la abundancia de estas tres especies, para confirmar su establecimiento en el predio.

Las especies zoófagas no sólo fueron las de mayor número, sino que también mostraron diferentes tamaños corporales, lo que refleja una elevada diversidad y abundancias de presas disponibles (Honěk y Jarošík 2000), es decir, una cadena trófica compleja y completa. Los sitios estudiados poseen un gran número de microhábitats que facilitan la diversificación de las presas presentes, permitiendo, la presencia de especies depredadoras con distintas estrategias de alimentación (Lassau et al. 2005). Una de ellas sería incrementar su actividad en función de la disponibilidad de presas (Honěk y Jarošík 2000; Stork y Paarman 1992). Por ejemplo, Tulli et al. (2009) encontraron que, en la Provincia de Buenos Aires, *S. anthracinus* se alimentó de moluscos (*Deroceras reticulatum*) y crustáceos (Isópodos del Género Oniscoidea), los que son muy abundantes entre octubre y diciembre, época en la cual la especie presenta su mayor actividad. Las especies granívoras, ambas Selenophorus, juntan semillas en sus cuevas y galerías para tener reserva alimenticia durante el otoño y el invierno (Nanni et al. 2016). Esta actividad facilita el rebrote de las especies vegetales, generando una dispersión secundaria de semillas. A pesar de que la mayoría de las especies son zoófagas, todos los eslabones de la cadena trófica se vieron representados en las especies de escarabajos encontradas. Esto brinda una noción de estabilidad ambiental o tendencia hacia la misma.

Casi todas las especies de afóidos presentes en ambientes con ganado presentan un tipo de alimentación detritívora ya que utilizan la materia orgánica en descomposición como fuente de recursos alimenticios o de nidificación (Cabrerero-Sañudo y Lobo 2003; Smith y Skelley 2007). En el caso del predio, el ingreso ocasional de ganado perteneciente a campos vecinos genera una oferta de nichos nueva para las especies de afóidos permitiendo la colonización del mismo tanto en la media loma como en la zona parquizada y el alto.

Los afóidos fueron encontrados sólo en primavera, esto tiene relación con su típico pico de actividad estacional y la temperatura óptima del vuelo. Su pequeño tamaño corporal refleja restricciones fisiológicas para el vuelo (Casey y Joos 1983). Es probable que la temperatura ambiental durante la primavera les resulte favorable para la regulación de la temperatura corporal durante el vuelo, generando condiciones fisiológicas propicias para la actividad de las especies de afóidos.

## Conclusiones

En función de todos los indicadores biológicos analizados, podemos decir que el proceso de restauración del predio "Batalla Villamayor" está evolucionando exitosamente. A pesar de que el tiempo de restauración es relativamente corto, el elenco de especies presentes evidencia un proceso de sucesión en sus estadios tempranos en todos los indicadores biológicos estudiados. Aunque se desconozca la condición natural original de este predio, creemos que el proceso de restauración se viene desarrollando exitosamente. El elenco de especies de cada indicador biológico analizado se diferencia principalmente al compararlo estacionalmente. Hasta el momento, el perfil topográfico influye levemente en la distribución de especies dentro del predio. El monitoreo futuro del predio es recomendable para poder evaluar su biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos que provee.

## Agradecimientos

El trabajo se realizó gracias al Protocolo Complementario al Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional para el monitoreo de indicadores y servicios ecosistémicos en intervenciones en la Cuenca Matanza Riachuelo, entre el Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (CONICET-UNSAM) y la ACUMAR. El Municipio de Marcos Paz colabora con las tareas de mantenimiento del predio.

## Contribuciones de los autores

Pamela Krug: Análisis formal, Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción - borrador original. Analía S. Nanni: Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción - borrador original, Edición, Visualización. Anahí Escala: Investigación, Redacción - revisión. Marisol Rodríguez: Administración del proyecto, Redacción - revisión. Carolina Gschaider: Investigación, Redacción- revisión. Vera Mignaquí: Administración del proyecto, Adquisición de fondos, Redacción - revisión.

## Referencias

- Allan, E., Manning, P., Alt, F., Binkenstein, J., Blaser, S., Blüthgen, N., et al. 2015. Land use intensification alters ecosystem multifunctionality via loss of biodiversity and changes to functional composition. *Ecology Letters* 18: 834-843.
- Basílico, G., de Cabo, L., Faggi, A., Miguel, S. 2016. Low-tech alternatives for the rehabilitation of aquatic and riparian environments. En: Ansari, A.A., Gill, S.S., R. Gill, R., Lanza, G., Newman, L. (eds.), *Phytoremediation. Management of Environmental Contaminants, Volume 4*. pp. 349-364. Springer, Cham, Suiza.
- Beck, H.E., Zimmermann, N.E., McVicar, T.R., Vergopolan, N., Berg, A., Wood, E.F. 2018. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Nature Scientific Data* doi=10.1038/sdata.2018.214.
- Blaustein, A.R., Wake, D.B., Sousa, W.P. 1994. Amphibian Declines: Judging Stability, Persistence, and Susceptibility of Populations to Local and Global Extinctions. *Conservation Biology* 8: 60-71.
- Braun Blanquet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume (ed). Buenos Aires, Argentina.

- Cabrera, A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. Acme, Buenos Aires. 85 pp. En: Kugler W.F. (Ed), *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. Tomo 2. 2º edición, Fascículo 1. pp. 1-85. Acme. Buenos Aires, Argentina.
- Cabrero-Sañudo, F.J., Lobo, J.M. 2003. Reconocimiento de los factores determinantes de la riqueza de especies: El caso de los Aphodiinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Aphodiidae) en la península ibérica. *Graellsia* 59(2-3):155-177.
- Carignan, V., Villard, M.A. 2002. Selecting Indicator Species to Monitor Ecological Integrity: A Review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78:45-61.
- Casey, T.M., Joos, B.A. 1983. Morphometrics, conductance, thoracic temperature, and flight energetics of noctuid and geometrid moths. *Physiological Zoology* 56:160-173.
- Castro, A. 2014. *Ensamble de Carabidae (Insecta, Coleoptera) del talar más austral del sudeste bonaerense y de su entorno modificado*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Cicchino, A.C. 2006. Diversidad de Carábidos (Insecta, Coleoptera, Carabidae) de dos asocios de tala en la Laguna de los Padres, partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires. En: Mérida, E., Athor, J. (Eds.), *Talares Bonaerenses y su Conservación*, pp. 128-136. Fundación de Historia Natural Félix de Azara-Universidad Mai-mónides, Buenos Aires
- Cicchino, A.C., Marasas, M.E., Paleologos, M.F. 2005. Fenología y densidad actividad de cinco especies de Carabidae (Coleoptera) edáficas en un cultivo experimental de trigo y su entorno en el partido de La Plata, provincia de Buenos Aires. En: Rebios, V. (Ed.), *Actas de la V Reunión Nacional Científico Técnica de Biología del Suelo y Fijación Biológica del Nitrógeno*, Área temática I, Comunidades Terrestres I, pp. 1-14. Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy, Argentina, 2005.
- Cicchino, A.C., Nanni, A.S., Fracassi, N.G., Quintana, R.D. 2013. Las Carabidae de los suelos del Bajo Delta Bonaerense del Rio Paraná. Estado actual de su conocimiento. En: *Libro de Actas del III Congreso Nacional de Ecología y Biología de Suelos. Diversidad, Monitoreo y Conservación*. Asociación Argentina de Biología y Ecología de Suelos. Argentina. ISBN 978-987-688-037-4.
- Clewell, A.F., Aronson, J. 2013. *Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. Island Press. Washington, D.C., Estados Unidos.
- De Cabo, P., Marconi, P., Perlman, P., Capra, A.S., Escala, A. Coconier, E.G., et al. 2021. Ecological restoration of the banks of Morales stream (Matanza-Riachuelo Basin, Marcos Paz municipality, Buenos Aires, Argentina). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 4(1):1161-1169. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n1-092>
- DEIAS - ACUMAR 2018. *Plan de Gestión Ambiental y Social por Subcuenca. Subcuenca Morales*. ACUMAR. Buenos Aires, Argentina.
- Fennessy, S. 2002. *Methods for evaluating wetland condition: using vegetation to assess environmental conditions in wetlands*. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA-822-R-02-020.
- Ghirardi, R., López, J.A. 2017. *Anfibios de Santa Fe*. Guderyahn, L.B., Smithers, A.P., Mims, M.C. (eds.). Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe. Argentina.
- Hedwall, P.O., Brunet, J. 2016. Trait variations of ground flora species disentangle the effects of global change and altered land-use in Swedish forests during 20 years. *Global Change Biology* 22: 4038-4047.
- Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W., Hayek, L.C., Foster, M.S. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., Estados Unidos. pp.364.
- Honěk, A., Jarošík, V. 2000. The role of crop density, seed and aphid presence in diversification of field communities of Carabidae (Coleoptera). *European Journal of Entomology* 97: 517- 525.
- Kwiatkowski, A. 2011. Assemblages of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in humid forest habitats of different stages of succession in the Puszcza Knyszynska Forest (northeastern Poland). *Zookeys* 100: 447-459.
- Lassau, S.A., Hochuli, D.F., Cassis, G., Reid, C.A. 2005. Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity and Distribution* 11: 73-82.
- Lavorel, S., Grigulis K. 2012. How fundamental plant functional trait relationships scale-up to trade-offs and synergies in ecosystem services. *Journal of Ecology* 100: 128-140.
- Livingston, R.J. 2006. *Restoration of Aquatic Systems*. CRC Press, Taylor & Francis Group Boca Raton, FL, Estados Unidos. pp.417.
- Magura, T. 2017. Ignoring functional and phylogenetic features masks the edge influence on ground beetle diversity across forest-grassland gradient. *Forest Ecology and Management* 384: 371-377.
- Magurran, A.E. 2013. *Ecological diversity and its measurement*. Springer Science y Business Media.
- Magnano, A.L., Nanni, A.S., Krug, P., Astrada, E., Vicari, R., Quintana, R.D. 2018. Effects of livestock exclusion on density, survival and biomass of the perennial sagebrush grass *Hymenachne perambucense* (Poaceae) from a temperate fluvial wetland. *Acta Oecologica* 86: 72-78.
- Maraseni, T.N., Pandey, S.S. 2014. Can vegetation types work as an indicator of soil organic carbon? An insight from native vegetations in Nepal. *Ecological Indicators* 46: 315-322.
- Martinengo, P.D., Mercante, I.T., Llamas, S. 2013. Reinserción de un antiguo basural para uso agrícola en Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29(3): 99-105.
- MAyDS 2022. *Basurales a cielo abierto: situación socioambiental y propuestas de solución integral*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [Recurso en línea] Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/accion/basurales>
- Morello, J., Mateucci, S., Rodríguez, A., Silva, M. 2012. *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina. pp. 391.
- Nanni, A., Cicchino, A., Quintana, R.D. 2015. ¿Pueden los Carábidos del delta del Paraná controlar plagas forestales? En: *Libro de resúmenes del II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología Ambiental. II Congreso Nacional de la Sociedad Argentina de Ciencia y Tecnología Ambiental*, pp 151-156. Sociedad Argentina de Ciencia y Tecnología Ambiental. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-46096-1-8.
- Nanni, A.S., Quintana, R.D., Fracassi, N.G., Cicchino, A.C. 2016. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) inhabiting anthropogenic habitats in the lower delta of the Paraná River, Argentina: geographic distribution and ecological characteristics. *Austral Entomology*, 56(3): 244-254. <https://doi.org/10.1111/aen.12227>
- Nanni, A.S., Fracassi, N.G., Magnano, A.L., Cicchino, A.C., Quintana, R.D. 2019. Ground Beetles in a Changing World: Communities in a Modified Wetland Landscape. *Neotropical entomology* 48(5): 729-738.
- Nanni, A.S., Krug, P., Cicchino, A.C., Quintana, R.D. 2021a. Effects of intensive human management on the taxonomic and functional diversity of ground beetles in a planted forest landscape. *Biodiversity and Conservations*. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02273-w>
- Nanni, A.S., Quintana, R.D., Sfara, V. 2021b. ¿Podría ser *Scarithes anthracinus* (Coleoptera: Carabidae) un agente de control biológico de *Nematus oligospilus* (Hymenoptera: Tenthredinidae)? En: *III Jornadas Internacionales y V Nacionales de Ambiente, Soberanía y Gestión de los bienes naturales comunes, Buenos Aires, Argentina*. Universidad Nacional de Hurlingham. Villa Tesei, Argentina.
- Paleologos, M., Cicchino, A., Marasa, M.E., Sarandon, S.J. 2007. Las estructuras de dominancia de los ensambles carabidológicos como indicadores de disturbio en agroecosistemas. Un ejemplo en dos viñedos bajo diferentes manejos en la costa de Berisso, Buenos Aires. *Revista Brasileira de Agroecologia* 2 (2): 655-659.
- Pollet, I., Bendell-Young, L.I. 2000. Amphibians as indicators of wetland quality in wetlands formed from oil sands effluent. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19: 2589-2597.
- Porrini, D., Castro, A., Cicchino, A. 2010. Distribución espacial y temporal de *Paranortes cordicollis* y *Pachymorphus striatulus* (Coleoptera, Carabidae) en dos ambientes edáficos de la laguna Nahuel Rucá, Buenos Aires, Argentina. En: *XXII Congreso Argentino de la ciencia del suelo. 31 de Mayo al 4 Junio de 2010 Rosario, Argentina*. Asociación Argentina de CC del suelo. Buenos Aires, Argentina.
- R Core Team 2020. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>

- Rice, K., Mazzotti, F., Waddles, J., Conill, M. 2006. *Uso de Anfibios como Indicadores del Éxito de la Restauración de Ecosistemas*, CIR 1484S. Departamento de Wildlife Ecology and Conservation, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IUFAS). FL. Estados Unidos.
- R Studio Team 2020. *R Studio: Integrated Development for R*. RStudio, PBC, Boston, MA URL: <http://www.rstudio.com/>.
- SAyOT 2017. *Análisis de riesgo de basurales. Proyecto gestión integral de residuos sólidos urbanos. Zona metropolitana de la provincia de Mendoza. Anexo 18*. Secretaría de Ambiente y Ordenamiento Territorial de Mendoza. Mendoza, Argentina.
- SER 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration (Vs 2:October, 2004)*. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group, Tucson, Arizona, Estados Unidos.
- Smith, A.B.T., Skelley, P.E. 2007. *A review of the Aphodiinae (Coleoptera: Scarabaeidae) of southern South America*. Magnolia Press. Zootaxa 14: 5-8.
- Stebbins, R.C. 1997. *A natural history of amphibians*. Princeton University Press. Princeton, NJ, Estados Unidos.
- Stebnicka, Z.T. 2001. *Aphodiinae (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae)*. *Fauna of New Zealand Series*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, Canterbury, New Zealand pp. 64.
- Stork, N.E., Paarman, W. 1992. Reproductive seasonality of the ground and tiger beetle (Coleoptera: Carabidae, Cicindelidae) fauna in North Sulawesi (Indonesia). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 27: 101-115.
- Tortorelli, M.C. 2009. *Ríos de vida*. Ministerio de Educación de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, Ministerio de Educación, **Buenos Aires, Argentina. pp. 216.**
- Tulli, M.N., Carmona, D.M., López, A.N., Manetti, P.L., Vincini, A.M., Cendoya, G. 2009. Predation on the slug *Deroceras reticulatum* (Pulmonata: Stylommatophora) by *Scarites anthracinus* (Coleoptera: Carabidae). *Ecología Austral* 19: 55-61.
- Wells, K.D. 2010. *The ecology and behavior of amphibians*. University of Chicago Press. Chicago, IL, Estados Unidos.
- Zaracho, V.H., Céspedes, J.A., Alvarez, B.B., Lavilla, E. 2011. *Anfibios de Corrientes: una guía de campo*. Fundación Miguel Lillo, Ministerio de Educación de la Nación. San Miguel de Tucumán, Argentina.