



Lagartijas: ¿“pasajeras” o “impulsoras” en los procesos de restauración? Una revisión y perspectivas

*Lizards: “passengers” or “drivers” in restoration processes?
A review and perspectives*

MARÍA VICTORIA BRIZIO^{1,2*} Y DANIEL R. PÉREZ¹

¹ Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud, Laboratorio de Rehabilitación y Restauración de Ecosistemas Áridos y semiáridos (LARREA), Neuquén, Argentina

² CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), Argentina
*<mvictoria.brizio@gmail.com>

RESUMEN

Los aspectos de biodiversidad abordados en los estudios de restauración ecológica se han enfocado hasta el momento principalmente en la vegetación, asumiendo que la fauna volvería después del regreso de la flora. Sin embargo, la fauna podría participar en la restauración de dos formas: a) como “pasajera”, en respuesta al nuevo hábitat en desarrollo proporcionado por la recuperación de la vegetación, o b) como “impulsora”, determinando activamente trayectorias de la regeneración de las plantas. En este marco, el objetivo de nuestro trabajo fue evaluar en la literatura científica el estado actual de conocimiento sobre la relación de las lagartijas con la restauración ecológica, con especial énfasis en zonas áridas. A partir de una búsqueda bibliográfica con las palabras claves “lizard” y “restoration” detectamos 72 publicaciones que informaron sobre las lagartijas como “pasajeras”, y solo tres publicaciones como “impulsoras” de la restauración. Según nuestros resultados, los países con mayor cantidad de estudios que relacionan a las lagartijas con la restauración son Australia, Estados Unidos y Nueva Zelanda. Consideramos que estos trabajos pueden influenciar el avance sobre esta temática en las zonas áridas de Latinoamérica, en muchas de las cuales estos animales posiblemente exhiban un rol fundamental.

ABSTRACT

The aspects of biodiversity addressed have focused mainly on the vegetation, assuming that the fauna would return after the return of the flora. Fauna could participate in restoration in two ways: as “passengers”, responding passively to the developing habitat provided by plant regeneration, or as “drivers”, determining the trajectories of plant regeneration. In this framework, the goal of our work was to evaluate in the scientific literature the current state of knowledge about the relationship of lizards with ecological restoration, with special emphasis on arid zones. From a bibliographic search with the keywords “lizard” and “restoration” we found 72 publications that reported the



lizards as “passengers”, and only three publications as “drivers” of ecological restoration. According to our results, the countries with the highest number of studies linking lizards to restoration are Australia, the United States and New Zealand. We consider that these works may influence progress on this issue in the arid zones of Latin America, in many of which these animals possibly exhibit a fundamental role.

Palabras clave: zonas áridas, reptiles, regeneración natural, regeneración asistida, saurios

Keywords: arid zones, assisted regeneration, natural regeneration, reptiles, sauria

INTRODUCCIÓN

En los últimos 500 años, los seres humanos han desencadenado una ola de extinciones, amenazas y disminución de la biodiversidad que puede ser comparable, tanto en velocidad como en magnitud, con las cinco extinciones masivas anteriores de la historia de la Tierra (Barnosky et al., 2011). Tal es el impacto en la biota que se ha propuesto el nombre de “Antropoceno” a nuestra etapa geológica (Dirzo et al., 2014). Este complejo panorama fue avizorado por Aldo Leopold en la década de 1930, quien fue iniciador de una propuesta muy amplia del cambio de la relación sociedad-naturaleza que incluyó la restauración ecológica (Jordan III, 2003).

Si bien el desarrollo de la restauración ecológica ha crecido hasta el punto de ser considerada una prioridad para la próxima década (UN, 2020), los aspectos de biodiversidad abordados hasta el momento han sido “flora-céntricos”, y fuertemente asociados a la revegetación (Cross et al., 2019). Los investigadores han asumido que la fauna asociada volvería a los valores de abundancia y diversidad pre-disturbios, después del regreso de la flora (Catterall, 2018), lo que comúnmente se conoce como la hipótesis del “campo de los sueños”, que se ilustra con la expresión “constrúyalo y

ellos vendrán” (Palmer et al., 1997). Sin embargo, la evidencia actual muestra que esto solo es parcialmente válido para un subconjunto de especies, en algunos sitios potenciales y que las respuestas de la fauna a las técnicas de restauración a menudo se pasan por alto, sin considerar la importancia de la misma dentro de los ecosistemas (McAlpine et al., 2016).

La fauna podría participar de la restauración al menos en dos formas, como “pasajera”, respondiendo pasivamente al hábitat en desarrollo proporcionado por la recuperación de la vegetación, o como “impulsora”, determinando activamente las trayectorias de la regeneración de las plantas a través de sus interacciones ecológicas (Catterall, 2018). En este último caso los animales son considerados ingenieros ecológicos, a partir de procesos en los que intervienen como la polinización, la dispersión de semillas, o la biopedturbación (Valencia-Aguilar et al., 2013; Torres-Paucar et al., 2017).

Las lagartijas en zonas áridas: hacia la comprensión de su importancia en los procesos de restauración de ecosistemas

Las lagartijas se consideran elementos esenciales de los ecosistemas áridos y presentan mayor diversidad y abundancia en estos ambientes (Roll et al., 2017);

exhiben características de comportamiento, morfológicas y fisiológicas que mejoran los procesos biológicos de termorregulación, equilibrio agua-osmótico y locomoción, lo cual les permite vivir exitosamente en ambientes áridos (Bradshaw, 2018). Los reptiles, y en particular las lagartijas, son reconocidos como una parte integral de los ecosistemas naturales e indicadores de la calidad ambiental (Gibbons et al., 2000; Valencia-Aguilar et al., 2013). Es bien sabido que juegan un papel clave en los ecosistemas como depredadores de artrópodos terrestres (Whitford & Bestelmeyer, 2006) y presas de vertebrados (Pianka, 1986). Además, se desempeñan como polinizadores y dispersores de semillas de una gran diversidad de plantas (Godinez-Alvarez, 2004) y, gracias a sus hábitos fosoriales y semifosoriales, tienen una vasta influencia en las propiedades del suelo y en el desarrollo de la vegetación (Jackson et al., 2003). Asimismo, son organismos modelo en investigaciones ecológicas y evolutivas (Huey et al., 1983; Pianka, 1986).

Dada la importancia de este grupo faunístico en diversos procesos ecosistémicos, el objetivo de nuestro trabajo fue evaluar, en la literatura científica revisada por pares, el estado actual de conocimiento en la relación de las lagartijas con la restauración ecológica, con especial énfasis en zonas áridas. Específicamente, evaluamos: a) el balance entre trabajos que consideran a las lagartijas como “impulsoras” o “pasajeras” en la restauración ecológica; b) el tipo de investigación más frecuente en estudios de lagartijas y restauración (ecología de la restauración, regeneración natural prescripta, regeneración natural asistida o reconstrucción); c) patrones de origen y año de

estudio; d) patrones de tipo de disturbio (caza, desastres naturales, supresión del fuego, urbanización, ganadería, actividades extractivas y contaminaciones, agricultura e invasiones biológicas); e) patrones del tipo de estudio (estudios de riqueza, abundancia y/o diversidad, de densidades poblacionales o de persistencia, establecimiento y/o uso del hábitat).

MATERIAL Y MÉTODO

Para identificar las publicaciones que incluyan lagartijas en la restauración ecológica, se utilizó el buscador de libre acceso *Google scholar* (GS) con las palabras claves en inglés “lizard” y “restoration” en la búsqueda. A pesar de existir otras bases de datos académicas, se escogió GS debido a su preferencia de uso evidenciada en trabajos comparativos de bases de datos (Gusenbauer, 2019). A partir de las palabras utilizadas, GS brindó 800 títulos de artículos, aunque luego de su revisión solo 75 incluyeron dichas palabras en el título, resumen, palabras clave, o presentaban resultados relacionados a las dos palabras claves.

Análisis de datos

Se cuantificó el número de publicaciones por año hasta agosto del 2020, se registró el país donde se realizó el estudio y se clasificaron los trabajos en zonas áridas y no áridas. Los trabajos a su vez fueron agrupados en los que consideraron a las lagartijas bajo el concepto de “pasajeras” o “impulsoras”.

Además, los trabajos se diferenciaron en dos grandes categorías: los que referían a la ecología de la restauración, es decir estudios que buscan construir conceptos ecológicos a partir de la experimentación; y los que referían a la res-

tauración ecológica, que abarca aquellas investigaciones con objetivos prácticos (Gann, 2019). Estos últimos se diferenciaron en tres categorías: regeneración natural prescripta, regeneración natural asistida y reconstrucción (Clewell & Aronson, 2013). La regeneración natural prescripta en el presente trabajo hace referencia a la eliminación o exclusión del agente de disturbio sin ulterior manipulación; la regeneración natural asistida, a la eliminación o exclusión del agente degradante con manipulaciones biofísicas de baja intervención (ej. la implementación de refugios artificiales); y la reconstrucción, a soluciones técnicas como manipulaciones del ambiente biofísico en todas las fases de la recuperación (ej. reconstrucción del hábitat, translocaciones). Asimismo, los artículos se clasificaron según el tipo de disturbio (caza, desastres naturales, supresión del fuego, urbanización, ganadería, actividades extractivas y contaminaciones, agricultu-

ra e invasiones biológicas), y el tipo de metodología implementada para el monitoreo del grupo (es decir, estudios de riqueza, abundancia y/o diversidad, de densidades poblacionales o de persistencia, establecimiento y/o uso del hábitat).

Se realizaron pruebas de Chi-cuadrado de Pearson para comparar las diferencias entre las variables categóricas. Los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico R 3.6.1, implementado utilizando RStudio 1.2.1335.

RESULTADOS

Lagartijas como “pasajeras” en la restauración ecológica

En esta categoría se encontraron un total de 72 publicaciones comprendidas entre los años 1992 a 2020 (**Figura 1, Tabla 1**). Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda fueron los países con mayor probabilidad de presentar mayor número de publicaciones sobre restauración y

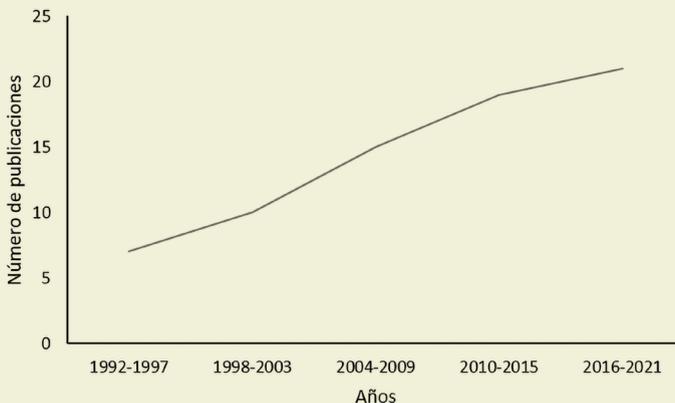


Figura 1. Cantidad de publicaciones por quinquenio desde 1992 hasta 2020 que representan el rol de las lagartijas como “pasajeras” en la restauración ecológica
Figure 1. Number of publications per five-year period from 1992 to 2020 that represent the role of lizards as “passengers” in ecological restoration

Tabla 1. Resumen de las 75 publicaciones utilizadas en esta revisión
Table 1. Summary of the 75 publications used in this review

Autores	Año	Ecosistema	Amenaza	Restauración	Países
LAGARTIJAS COMO PASAJERAS					
Alvarez & Guida-Johnson	2019	A	actividades extractivas/contaminaciones	Reg. Asistida	Argentina
Amo et al.	2007	NA	urbanización	Ecología	España
Angeli et al.	2018	NA	invasiones biológicas	Reconstrucción	EEUU
Arnaud et al.	1993	NA	invasiones biológicas	Ecología	México
Baling et al.	2013	NA	invasiones biológicas	Reconstrucción	Nueva Zelanda
Barrows et al.	2008	A	urbanización	Ecología	EEUU
Bateman et al.	2008	A	invasiones biológicas	Reg. Natural Prescripta	EEUU
Bowers et al.	2000	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reconstrucción	EEUU
Brito et al.	1999	NA	urbanización	Ecología	Portugal
Rueda et al.	2019	NA	invasiones biológicas	Reg. Natural Prescripta	Ecuador
Cosentino et al.	2013	A	ganadería	Reg. Natural Prescripta	EEUU
Craig et al.	2011	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reconstrucción	Australia
Croak et al.	2013	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reg. Asistida	Australia
Cross et al.	2020	A	actividades extractivas/contaminaciones	Reg. Natural Prescripta	Australia
Cross et al.	2020	A	actividades extractivas/contaminaciones	Reg. Natural Prescripta	Australia
East et al.	1995	NA	ganadería-agricultura/plantaciones	Ecología	Nueva Zelanda
Fitzgerald et al.	2015	NA	invasiones biológicas	Reconstrucción	EEUU

Autores	Año	Ecosistema	Amenaza	Restauración	Países
Gainsbury & Colli	2014	NA	agricultura/plantaciones	Reg. Natural Prescripta	Brasil
Gainsbury & Colli	2019	NA	agricultura/plantaciones	Reg. Natural Prescripta	Brasil
Gardner-Gee & Beggs	2010	NA	invasiones biológicas	Reconstrucción	Nueva Zelanda
Genet & Burrows	1999	NA	invasiones-agricultura/plantaciones	Reconstrucción	Nueva Zelanda
Green	2019	NA	invasiones biológicas	Reg. Natural Prescripta	Nueva Zelanda
Grillet et al.	2010	NA	agricultura/plantaciones-caza humana	Reg. Asistida	Francia
Guerrero & da Rocha	2010	NA	agricultura/plantaciones	Reg. Natural Prescripta	Brasil
Haby & Brandle	2018	A	ganadería	Reg. Natural Prescripta	Australia
Hanlin et al.	1994	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reconstrucción	EEUU
Hansen et al.	2018	NA	agricultura/plantaciones	Ecología	Australia
Heinen	1992	NA	agricultura/plantaciones	Reg. Natural Prescripta	Costa Rica
Herrera-guiraldo	2019	NA	invasiones biológicas	Reg. Natural Prescripta	Puerto Rico
Hitchen et al.	2011	NA	urbanización	Ecología	Australia
Houston et al.	2018	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reconstrucción	Australia
Ishwar et al.	2003	NA	agricultura/plantaciones	Ecología	India
Kanowski et al.	2006	NA	agricultura/plantaciones	Reconstrucción	Australia
Knox et al.	2001	NA	invasiones biológicas	Reg. Natural Prescripta	EEUU
Lettink & Cree	2007	NA	ganadería	Reg. Asistida	Nueva Zelanda
Leynaud & Bucher	2005	A	agricultura/plantaciones-ganadería	Reg. Natural Prescripta	Argentina
Litt et al.	2001	NA	agricultura/plantaciones	Reg. Natural Prescripta	EEUU
Márquez-Ferrando et al.	2009	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reconstrucción	España

Autores	Año	Ecosistema	Amenaza	Restauración	Países
Márquez-Ferrando et al.	2009	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reg. Asistida	España
McDougall et al.	2016	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reconstrucción	Australia
McIntyre	2003	A	agricultura/plantaciones	Reconstrucción	EEUU
Michael et al.	2018	NA	ganadería	Ecología	Australia
Miller et al.	2020	NA	urbanización-invasiones biológicas	Reconstrucción	EEUU
Morrison et al.	1994	NA	agricultura/plantaciones	Ecología	EEUU
Morrison et al.	1994	NA	agricultura/plantaciones	Ecología	EEUU
Mosher & Bateman	2016	A	invasiones biológicas	Reconstrucción	EEUU
Neuwald & Templeton	2013	NA	supresión fuego	Reconstrucción	EEUU
O'donnell et al.	2018	NA	invasiones biológicas	Ecología	EEUU
Ortriz-Alcaraz et al.	2019	NA	invasiones biológicas	Reg. Natural Prescripta	México
Perry et al.	2009	NA	supresión fuego	Reg. Asistida	EEUU
Pinto et al.	2006	NA	desastres naturales	Reg. Asistida	Italia
Popgeorgiev & Mollov	2005	NA	desastres naturales	Reg. Natural Prescripta	Bulgaria
Rocha et al.	2009	NA	urbanización	Ecología	Brasil
Schoener et al.	2001	NA	desastres naturales	Reg. Natural Prescripta	Bahamas
Sites	2013	NA	supresión de fuego	Reconstrucción	EEUU
Somaweera et al.	2012	NA	invasiones biológicas	Ecología	Sri Lanka
Steen et al.	2013	NA	supresión fuego	Reg. Natural Prescripta	EEUU
Stewart et al.	2018	A	agricultura/plantaciones	Ecología	EEUU
Stewart et al.	2019	A	agricultura/plantaciones	Ecología	EEUU

Autores	Año	Ecosistema	Amenaza	Restauración	Países
Templeton et al.	2011	NA	supresión fuego	Reg. Asistida	EEUU
Thierry et al.	2009	NA	ganadería	Ecología	Nueva Zelanda
Thompson et al.	2008	A	actividades extractivas/contaminaciones	Reconstrucción	Australia
Towns & Ferreira	2001	NA	invasiones biológicas	Reconstrucción	Nueva Zelanda
Towns, D. R.	1994	NA	invasiones biológicas	Reconstrucción	Nueva Zelanda
van Schingen et al.	2014	NA	caza humana	Ecología	Vietnam
van Winkel et al.	2010	NA	invasiones biológicas	Reconstrucción	Nueva Zelanda
Van Zandt et al.	2005	NA	supresión fuego	Reconstrucción	EEUU
Webb & Shine	2000	NA	actividades extractivas/contaminaciones	Reg. Asistida	Australia
Westphal et al.	2018	A	invasiones biológicas	Ecología	EEUU
Wolf et al.	2013	NA	urbanización	Reconstrucción	EEUU
Wouters et al.	2012	NA	ganadería	Ecología	Países bajos
Zeng et al.	2014	A	agricultura/plantaciones	Reconstrucción	China
LAGARTIJAS COMO IMPULSORAS					
Moldowan	2019	NA	invasiones biológicas	Nota	Mauritania
Neghme et al.	2017	A	invasiones biológicas	Ecología	España
Zuel et al.	2012	NA	invasiones biológicas	Ecología	Mauritania

lagartijas (67%, $X^2= 23.03$, $P < 0.001$; **Figura 2**). El 50% de las publicaciones se refirieron a dos tipos de disturbios principales, la agricultura y las invasiones biológicas (**Figura 3**). Dentro de las categorías de restauración ecológica (52 trabajos), el 50% realizó acciones de monitoreo con índices de riqueza, abundancia y/o diversidad ($n= 26$).

El total de los trabajos analizados tuvieron una probabilidad significativamente menor de realizarse en ambientes áridos (22%, $X^2= 8.56$, $P < 0.005$). De los 15 estudios identificados en zonas áridas, Estados Unidos y Australia fueron los países con mayor probabilidad de presentar mayor número de publicaciones (80%, $X^2= 36$, $P < 0.005$). En estos ecosistemas, la urbanización fue el disturbio con menor predominancia y la regeneración asistida la menos frecuen-

te (ambas con 6%, $X^2= 77.44$, $P < 0.005$, **Figura 4**). Dentro de la categoría de restauración ecológica (práctica) en zonas áridas (11 trabajos), el 64% de los trabajos tuvieron como objetivo las acciones de monitoreo con índices de riqueza, abundancia y/o diversidad ($n= 7$).

Lagartijas como “impulsoras” en la restauración ecológica

La búsqueda bibliográfica arrojó sólo tres trabajos que relacionan a las lagartijas como posibles impulsoras de la restauración ecológica, entre los años 2012 y 2019 (**Tabla 1**). Dos trabajos correspondieron a la ecología de la restauración en ambientes insulares de Mauritania y España, de los cuales solo el último correspondió a zonas áridas. El tercer trabajo consistió en una nota de divulgación en una revista científica.

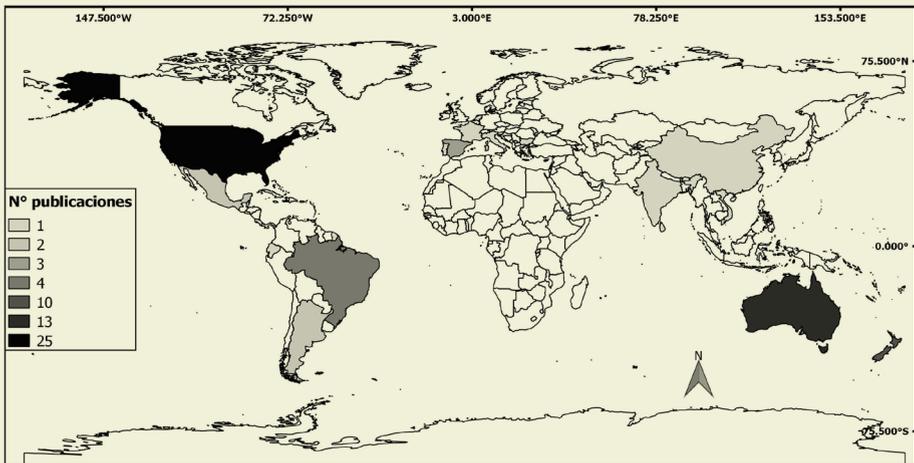


Figura 2. Número de publicaciones encontradas por país de lagartijas como “pasajeras” en la restauración ecológica

Figure 2. Number of publications found by country of lizards as “passengers” in ecological restoration

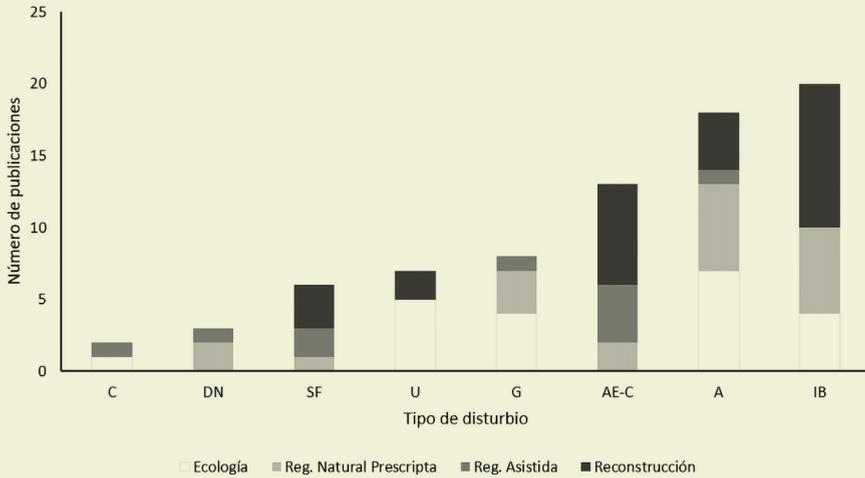


Figura 3. Cantidad de publicaciones según tipo de disturbio (C: caza, DN: desastres naturales, SF: supresión del fuego, U: urbanización, G: ganadería, AE-C: actividades extractivas y contaminación, A: agricultura, IB: invasiones biológicas). Para cada tipo de disturbio se indica el abordaje de la restauración

Figure 3. Number of publications according to disturbance type (C: hunting, DN: natural disasters, SF: fire suppression, U: urbanization, G: livestock, AE-C: extractive activities and pollution, A: agriculture, IB: biological invasions). The restoration approach is indicated for each type of disturbance

DISCUSIÓN

En esta revisión detectamos un déficit a nivel mundial de estudios que evalúen el rol que ocupan las lagartijas, en la restauración ecológica. Analizamos un período de 28 años, en el cual encontramos 72 publicaciones revisadas por pares que informan sobre las lagartijas como “pasajeras” en las actividades de restauración, y solo 3 publicaciones en un periodo de 8 años que informan a las lagartijas como “impulsoras” de la restauración ecológica.

Lagartijas como “pasajeras” en la restauración ecológica

En nuestros resultados podemos apreciar un incremento en el número de publicaciones a lo largo de los años estudiados (**Figura 1**), lo que denota cómo los estudios ecológicos sobre reptiles y la importancia de este grupo ha ido captando más interés por parte de los investigadores en las últimas décadas (Gibbon et al., 2000). Además, de acuerdo con nuestros resultados, Australia y Estados Unidos fueron los países con mayor número de publicaciones. Podría esto relacionarse con que Australia es el país con mayor diversidad de lagartijas a nivel mundial y Estados Unidos el país con mayor diversidad en

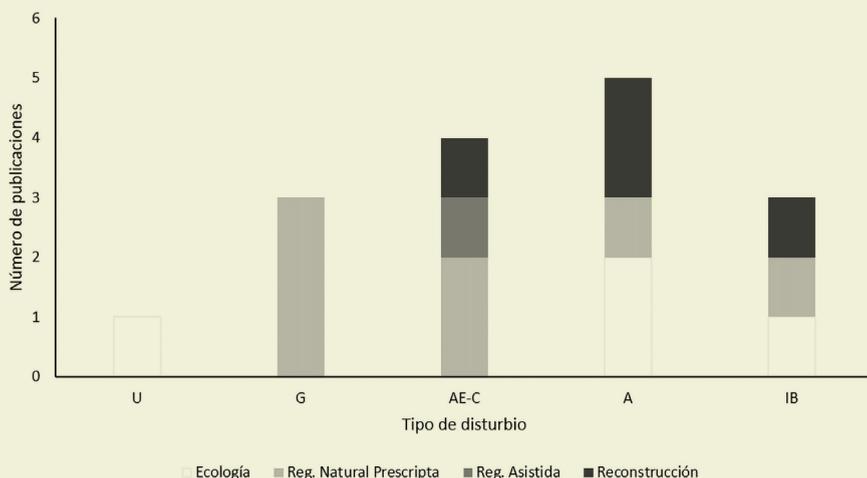


Figura 4. Cantidad de publicaciones de zonas áridas según tipo de disturbio (C: caza, DN: desastres naturales, SF: supresión del fuego, U: urbanización, G: ganadería, AE-C: actividades extractivas y contaminación, A: agricultura, IB: invasiones biológicas). Para cada tipo de disturbio se indica el abordaje de la restauración

Figure 4. Number of publications from arid zones according to disturbance type (C: hunting, DN: natural disasters, SF: fire suppression, U: urbanization, G: livestock, AE-C: extractive activities and pollution, A: agriculture, IB: invasions biological). The restoration approach is indicated for each disturbance type

América del Norte (Uetz et al., 2020). Para Australia el principal disturbio considerado fue el causado por las actividades extractivas. En consecuencia, este país está a la vanguardia en la implementación de estándares mundiales de procedimientos ambientales apropiados tras el cierre de minas y pozos petroleros (Cristescu et al., 2012). En cambio, en Estados Unidos la minería y el petróleo se encontraron entre los disturbios menos estudiados. Los disturbios dominantes en este caso fueron las invasiones biológicas, el avance de la agricultura y la supresión del fuego en ambientes con periodos incendiarios. Por otro lado, a pesar que Argentina presenta una alta diversidad de especies de lagartijas, se lo-

calizó entre los países con menor número de trabajos en la temática (dos), en los cuales los disturbios presentados fueron las actividades extractivas y el avance de la agricultura y la ganadería. Esto indica la necesidad que hay en nuestro país de avanzar en la promoción de esta línea de trabajo, lo cual podría estimularse con nuevas legislaciones ambientales que consideren a la fauna en los procesos de restauración (Simberloff et al., 2013).

En la presente revisión podemos observar que los mayores disturbios abordados en general fueron las invasiones biológicas y el avance de la agricultura. Asimismo, a nivel mundial ambos también son considerados las principales causas de pérdida de biodiversidad (Rey

Benayas & Bullock, 2012; Courchamp et al., 2017).

En cuanto al tipo de metodología empleada, la mitad de los estudios identificados midieron la riqueza, abundancia y/o diversidad de especies. Si bien estos índices proporcionan datos ecológicos importantes, tienen varios inconvenientes y es posible que no proporcionen información sobre la funcionalidad del ecosistema completo o que no sean medidas adecuadas para determinar si un sitio ha sido restaurado de manera efectiva y ha recuperado sus servicios ecosistémicos. Además, pueden presentar un sesgo hacia especies raras o crípticas, o considerar como parte de la estructura de la comunidad a especies accidentales o exóticas (Cristescu et al., 2012; Cross et al., 2019).

Con relación a los estudios que se efectuaron en zonas áridas, los trabajos encontrados fueron escasos en relación al total. Estas zonas, como las tierras secas en general, se suelen percibir como sistemas de bajo valor biológico (Hoover et al., 2020). Sin embargo, las mismas son consideradas áreas de extrema riqueza biológica (Mittermeier et al., 2005), y las lagartijas, en particular, el grupo mejor representado (Thompson et al., 2008). Dado que estos ambientes y su fauna se encuentran constantemente bajo amenazas con el avance de la agricultura, ganadería y las actividades extractivas (Walkup et al., 2017; Gaur & Squires, 2018), el incremento de estudios de conservación y restauración de los mismos es crucial en el futuro próximo (Roll et al., 2017).

Lagartijas como “impulsoras” en la restauración ecológica

El hecho de que varias especies de lagartijas se alimentan de néctar y frutos de plantas, y que las mismas podrían polinizar flores o dispersar semillas a sitios alejados de las plantas madre, ha sido estudiado desde hace varias décadas (Godinez-Alvarez, 2004; Valido & Olesen, 2007). Además, podemos citar numerosos trabajos de zonas áridas donde la herbivoría es bastante significativa en la dieta de lagartijas que se distribuyen en áreas con baja disponibilidad de alimentos (Pietruszka et al., 1986; Adamopoulou & Legakis, 2002; Nagy & Shemanski, 2009). Asimismo, otro proceso importante en zonas áridas que no identificamos en nuestra búsqueda es la bioperturbación, donde los animales fósoriales y semifósoriales modifican propiedades del suelo como textura, densidad aparente, macroporosidad, heterogeneidad de nutrientes y pedogénesis. Este proceso influye sustancialmente en el régimen de renovación de plantas y la humedad relativa del suelo (Jackson et al., 2003; Torres-Paucar et al., 2017). Desafortunadamente, a pesar de la evidencia presentada, detectamos un déficit a nivel mundial de estudios que consideren el rol “impulsor” o los mecanismos de arriba hacia abajo (“*top down*”) de las lagartijas en la restauración ecológica (Hayward, 2019).

CONCLUSIONES

En base a nuestro trabajo, podemos evidenciar el rol fundamental que podrían exhibir las lagartijas como impulsoras de la restauración ecológica. Lamentablemente, los trabajos que relacionan estos dos tópicos son escasos y son ne-

cesarios más estudios para comprender los diferentes aspectos que vinculan a este grupo faunístico con los procesos de regeneración natural, asistida y reconstrucción. La información presentada en esta revisión sugiere que las lagartijas en zonas áridas podrían tener un rol en la restauración mucho más importante que el que indicaría el reducido número de publicaciones hasta el momento.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a M. E. Rodríguez Araujo y a los revisores anónimos que contribuyeron con sus sugerencias a mejorar el manuscrito. A la Universidad Nacional del Comahue (PGI= 04/U021).

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMOPOULOU, C. & A. LEGAKIS, 2002. Diet of a lacertid lizard (*Podarcis milensis*) in an insular dune ecosystem. *Israel Journal of Ecology and Evolution* 48(3): 207-219.
- BARNOSKY, A. D., N. MATZKE, S. TOMIYA, G. O. U. WOGAN, B. SWARTZ, T. B. QUENTAL, et al., 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471(7336): 51-57.
- BRADSHAW, S. D., 2018. Ecophysiology of Australian Arid-Zone Reptiles. En: *On the Ecology of Australia's Arid Zone*. Springer, Cham.
- CATTERALL, C P., 2018. Fauna as passengers and drivers in vegetation restoration: A synthesis of processes and evidence. *Ecological Management & Restoration* 19: 54-62.
- CLEWELL, A. F. & J. ARONSON, 2013. *Ecological restoration: principles, values, and structure of an emerging profession*. Island Press.
- COURCHAMP, F., A. FOURNIER, C. BELLARD, C. BERTELSMEIER, E. BONNAUD, J. M. JESCHKE, et al., 2017. Invasion biology: specific problems and possible solutions. *Trends in Ecology & Evolution* 32(1): 13-22.
- CRISTESCU, R.H., C. FRERE & P.B. BANKS, 2012. A review of fauna in mine rehabilitation in Australia: current state and future directions. *Biological Conservation* 149: 60-72.
- CROSS, S. L., S. TOMLINSON, M.D. CRAIG, K W. DIXON & P.W. BATEMAN, 2019. Overlooked and undervalued: the neglected role of fauna and a global bias in ecological restoration assessments. *Pacific Conservation Biology* 25(4): 331-341.
- DIRZO, R., H.S. YOUNG, M. GALETTI, G. CEBALLOS, N.J.B. ISAAC & B. COLLEN, 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345: 401-406.
- GANN, G.D., T. MC DONALD, B. WALTER, J. ARONSON, C.R. NELSON, J. JONSON, et al., 2019. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology* 27(S1): S1-S46.
- GAUR, M. K. & V.R. SQUIRES, 2018. *Climate variability impacts on land use and livelihoods in drylands*. Springer International Publishing.
- GIBBONS, J.W., D.E. SCOTT, T. J. RYAN, K.A. BUHLMANN, K.A., T.D. TUBERVILLE, B.S. METTS, et al., 2000. The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians. *BioScience* 50(8): 653-666.
- GODÍNEZ-ÁLVAREZ, H., 2004. Pollination and seed dispersal by lizards: a review. *Revista Chilena de Historia Natural* 77(3): 569-577.
- GUSENBAUER, M., 2019. Google Scholar to overshadow them all? Comparing the sizes of 12 academic search engines and bibliographic databases. *Scientometrics* 118(1): 177-214.
- HAYWARD, M.W., S. EDWARDS, B.A. FAN-COURT, J.D. LINNELL & E.B. NILSEN, 2019. Top-down control of ecosystems and the case for rewilding: does it all add up? En: *Pettorelli, N., S. M. Duran & J. T. du Toit (Eds.). Rewilding*.
- HOOVER, D.L., B. BESTELMEYER, N.B. GRIMM, T.E. HUXMAN, S.C. REED, O.

- SALA, T. R. SEASTEDT, H. WILMER & S. FERRENBURG, 2020. Traversing the wasteland: a framework for assessing ecological threats to drylands. *Bioscience* 70(1):35-47.
- HUEY, R. B., E.R. PIANKA & T. W. SCHOENER, 1983. Lizard ecology: studies of a model organism. Harvard University Press, Cambridge.
- JACKSON, E. C., S.N. KROGH & W.G. WHITFORD, 2003. Desertification and biopedturbation in the northern Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* 53(1): 1-14.
- JORDAN III, W.R., 2003. The sunflower forest. Berkeley, CA: University of California Press.
- MCALPINE, C., C.P. CATTERALL, R.M. NALLY, D. LINDENMAYER, J.L. REID, K.D. HOLL, et al., 2016. Integrating plant- and animal-based perspectives for more effective restoration of biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14(1): 37-45.
- MITTERMEIER R.A., P.R. GIL, M. HOFFMANN, J. PILGRIM, T. BROOKS, C. G. MITTERMEIER, et al., 2005. Hotspots revisited. Conservation International, Washington, DC
- NAGY, K.A. & D.R. SHEMANSKI, 2009. Observations on diet and seed digestion in a sand dune lizard, *Meroles anchietae*. *African Journal of Herpetology* 58(1), 39-43.
- PALMER, M.A., R.F. AMBROSE & N.L. POFF, 1997. Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology* 5: 291-300.
- PIANKA, E.R., 1986. Ecology and natural history of desert lizards: analyses of the ecological niche and community structure. Princeton University Press, New Jersey.
- PIETRUSZKA, R.D., S. A. HANRAHAN, D. MITCHELL & M.K. SEELY, 1986. Lizard herbivory in a sand dune environment: the diet of *Angolosaurus skoogi*. *Oecologia* 70: 587-591.
- REY BENAYAS, J.M. & J.M. BULLOCK, 2012. Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems* 15(6): 883-899.
- ROLL, U., A. FELDMAN, M. NOVOSOLOV, A. ALLISON, A.M., BAUER, R. BERNARD, et al., 2017. The global distribution of tetrapods reveals a need for targeted reptile conservation. *Nature Ecology & Evolution* 1(11): 1677-1682.
- SIMBERLOFF, D., J.L. MARTIN, P. GENOVESI, V. MARIS, D.A. WARDLE, J. ARONSON, et al., 2013. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution* 28(1): 58-66.
- THOMPSON, S.A., G.G. THOMPSON & P.C. WITHERS, 2008. Rehabilitation index for evaluating restoration of terrestrial ecosystems using the reptile assemblage as the bio-indicator. *Ecological Indicators* 8(5): 530-549.
- TORRES-PAUCAR, A., C. ARANA & L. PILLACA, 2017. Morfometría de las biopedturbaciones en la costra biológica de suelo en la R.N. Lachay. XXVI Reunión científica ICBAR.
- UETZ, P., P. FREED & J. HOŠEK (Eds.). The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org> (Ingreso: Dic. 2020)
- UN, 2020. United Nations. Strategy of the United Nations Decade on Ecosystem Restoration. www.decaderestoration.org (Ingreso: Oct. 2020)
- VALENCIA-AGUILAR, A., A. M. CORTÉS-GÓMEZ & C.A. RUIZ-AGUDELO, 2013. Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 9(3): 257-272.
- VALIDO, A. & J.M. OLESEN, 2007. The importance of lizards as frugivores and seed dispersers. En: Dennis, A. J. (Ed.). *Seed Dispersal: Theory and its Application in a Changing World*. Wallingford, UK.

- WALKUP, D.K., D.J. LEAVITT & L.A. FITZGERALD, 2017. Effects of habitat fragmentation on population structure of dune-dwelling lizards. *Ecosphere* 8(3): e01729.
- WHITFORD, W.G. & B.T. BESTELMEYER, 2006. Chihuahuan Desert fauna: effects on ecosystem properties and processes. En: Havstad, K. M., L. F. Huenneke & Schlesinger (eds) *Structure and function of a W. H. Chihuahuan Desert ecosystem: the Jornada Basin Long-Term Ecological Research Site*. Oxford University Press, Oxford.

Recibido: 10/2020
Aceptado: 03/2021