

# ASPECTOS ECOLÓGICOS PARASITARIOS EN *PLEURODEMA NEBULOSUM* (ANURA: LEPTODACTYLIDAE) EN LA REGIÓN DEL MONTE, SAN JUAN, ARGENTINA

## PARASITIC ECOLOGICAL ASPECTS IN *PLEURODEMA NEBULOSUM* (ANURA: LEPTODACTYLIDAE) IN THE MONTE REGION, SAN JUAN, ARGENTINA

Gabriel Natalio Castillo<sup>2,3\*</sup>, Cynthia Jesica González- Rivas<sup>4</sup> & Juan Carlos Acosta<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza 590, 5402, San Juan, Argentina.

<sup>2</sup>CIGEOBIO- CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Av. Ignacio de la Roza 590, San Juan, Argentina.

<sup>3</sup>Gabinete de investigación DIBIOVA (Diversidad y Biología de Vertebrados del Árido). Universidad Nacional de San Juan. Av. Ignacio de la Roza 590, 5402, San Juan, Argentina.

<sup>4</sup>Centro de Rehabilitación de Fauna Silvestre, Educación Ambiental y Recreación Responsable, San Juan, Argentina. Ruta Provincial N° 60 KM 14 5400 Rivadavia, San Juan, Argentina.

\*Correspondence: [liolaemusparvus@gmail.com](mailto:liolaemusparvus@gmail.com)

Received: 2023-05-08. Accepted: 2023-09-25. Published: 2023-10-09.

Editor: Felipe Rabanal, Chile.

**Abstract.**– *Pleurodema nebulosum* is a species with a wide distribution in Argentina. Parasitism and its relationship with host sex, human disturbance, and body mass were assessed. The nematode *Aplectana nebulosa* (Cosmocercidae) was identified in the large intestine. Mean parasitic abundance was found to be positively associated with size (snout-vent length), male sex and human disturbance. Larger body size led to an increase in the mean abundance of parasites. Males in both environments were more parasitized than females. The mean abundance of parasites was higher in the disturbed environment compared to the control. We discuss our results in an ecological context. Novel information is provided on parasitism in this amphibian species in the Monte Desert, Argentina.

**Key words.**– *Aplectana nebulosum*, nematode, amphibians, perturbation, San Juan.

**Resumen.**– *Pleurodema nebulosum* es una especie con amplia distribución en Argentina. Se analizó el parasitismo y su relación con el sexo del hospedador, tipos de ambientes (perturbación humana y control), masa y tamaño corporal. Se identificó al nemátodo *Aplectana nebulosa* (Cosmocercidae) en intestino largo. Encontramos que la abundancia media parasitaria se asoció positivamente con el tamaño (longitud hocico-cloaca), sexo macho del hospedador y perturbación humana en el hábitat. Un mayor tamaño corporal de *P. nebulosum* condujo a un aumento de la abundancia media de parásitos. El sexo macho de *P. nebulosum* de ambos ambientes estaban más parasitados que el sexo hembra. La abundancia media de parásitos de *Aplectana nebulosa* fue mayor en el ambiente perturbado en comparación con el control. Discutimos nuestros resultados en un contexto ecológico. Se provee información novedosa sobre el parasitismo en esta especie de anfibio en el desierto del monte de Argentina.

**Palabras claves.**– *Aplectana nebulosa*, anfibios, nemátodos, perturbación, San Juan.

## INTRODUCCIÓN

Los parásitos son una de las formas de vida más comunes y exitosas del reino animal (Cruz-Reyes, 1993; Pérez-Ponce de León & Prieto, 2001). Debido a esto, todos los vertebrados conocidos tienen asociada alguna forma de vida parasitaria (Price, 1980). Entre ellos, los anfibios constituyen el grupo de vertebrados con mayor número de estudios parasitológicos en los últimos años (Campião et al., 2014). Se han registrado 278 especies de parásitos de los grupos Acantocefala, Nematoda, Cestoda, Monogenea y Trematoda en 185 especies de anfibios en 11 países de América del Sur (Campião et al., 2014). Sólo en Argentina, se han mencionado 58 taxones de nemátodos en aproximadamente 50 especies de anfibios (Castillo, 2022). Con respecto a la provincia de San Juan, en los últimos 10 años ha habido un incremento en helmintos endoparásitos de anfibios (González et al. 2013; Piñeiro et al. 2017; Castillo, 2022). De 15 especies de anfibios mencionadas para San Juan, 7 han sido analizadas, registrándose 6 especies de endoparásitos (Castillo, 2022).

La mayoría de los investigadores se han centrado en estudiar aspectos taxonómicos de los parásitos, sin tener en cuenta el rol que estos cumplen en la historia de vida de los hospedadores. Los pocos estudios realizados evidencian que los parásitos juegan un papel fundamental en la ecología de los hospedadores (Sinclair et al., 2006; Vitt & Caldwell, 2009; Bower et al., 2018). Los parásitos alteran los aspectos reproductivos, crecimiento, movimiento, supervivencia de los hospedadores, e influyen en la organización de las comunidades y los ecosistemas (Gómez & Nichols, 2013).

Un factor interesante a analizar es la perturbación humana en los hábitats. Las acciones humanas han erradicado muchos ecosistemas locales y ejercen amenazas sobre muchos ecosistemas del mundo (Hannah et al., 1994; Sanderson et al., 2002). Además, estas alteraciones humanas han llevado al sexto evento de extinción del planeta (Chapin et al., 2000). Por lo tanto, existe evidencia de que las alteraciones de los hábitats han favorecido a ciertas especies de parásitos, mientras que han llevado a la reducción de otras (Lafferty & Kuris, 1999).

*Pleurodema nebulosum* Burmeister, 1861 se distribuye en diversas provincias de Argentina (Vaira et al., 2012) en las ecorregiones: Chaco Seco, Monte de Sierras y Bolsones, Monte de Llanuras, Mesetas y Espinal, con amplia distribución altitudinal. El rango de distribución de esta especie se sitúa en ambientes salinos y semidesérticos del centro de Argentina (Ferraro & Casagrande, 2009). La información actual sobre la ecología de esta especie es escasa, sólo se reportan datos sobre dieta (Sanabria et al., 2007), datos térmicos en estadios juveniles (Sanabria et al.,

2013) y registro de un nemátodo parásito (Piñeiro-Gómez et al., 2017). En la última categorización de anfibios de Argentina, *P. nebulosum* fue clasificado no amenazado (Vaira et al., 2012).

Debido al limitado conocimiento ecológico parasitario de los anfibios en Argentina, estudiamos el parasitismo y su relación con el sexo del hospedador, tipo de ambiente (perturbado/control), masa corporal y tamaño (longitud hocico-cloaca) en *P. nebulosum*. Aportamos información novedosa sobre el parasitismo en esta especie de anfibio en la región del monte en Argentina.

Los objetivos del siguiente trabajo son 1) identificar la especie de parásito en *P. nebulosum*, 2) determinar los índices ecológicos parasitarios (prevalencia, intensidad y abundancia media) y 3) analizar las relaciones entre el sexo del hospedador, tipos de ambientes (perturbación humana y control), masa y tamaño corporal con la abundancia media parasitaria. Proponemos como hipótesis que el ambiente perturbado, el sexo del hospedador y el tamaño (LHC) son las principales variables que influyen en la abundancia media parasitaria en *P. nebulosum*. Nuestras predicciones son mayor parasitismo en el sitio perturbado, en individuos de mayor tamaño y en el sexo macho.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se localiza en la región del Monte, centro de la provincia de San Juan, Argentina. La región del Monte tiene una superficie aproximada de 40.499 km<sup>2</sup>, que corresponde al 45% del total de la provincia de San Juan. Abarca extensas áreas áridas con un promedio de precipitaciones menor a 100 mm/año, con escasas precipitaciones estivales, algunos años sin ellas (Cabrera, 1973). Predominan plantas xerófilas adaptadas al clima cálido y seco (Morello, 1958). En el matorral del monte dominan las Zigofiláceas, Malpigiáceas y Fabáceas (Márquez et al., 2016).

### Metodología de muestreos

Se realizaron catorce muestreos en primavera y verano durante tres años consecutivos: 2017, 2018 y 2019, en dos localidades con diferente nivel de perturbación antrópica (sitios perturbados y control), ubicadas en la región fitogeográfica del Monte, provincia de San Juan, Argentina. Se realizaron siete muestreos en cada sitio de estudio: Reserva Provincial Parque Sarmiento (sitio de control) (31°55' S; 68°70' O), Departamento Zonda; y localidad Matagusanos (sitio perturbado) (31° 14' 45" S; 68° 38' 18" O), departamento de Ullum (Fig. 1A, B). Setenta y ocho ejemplares de *P. nebulosum* (Fig. 1C, D) fueron recolectados manualmente

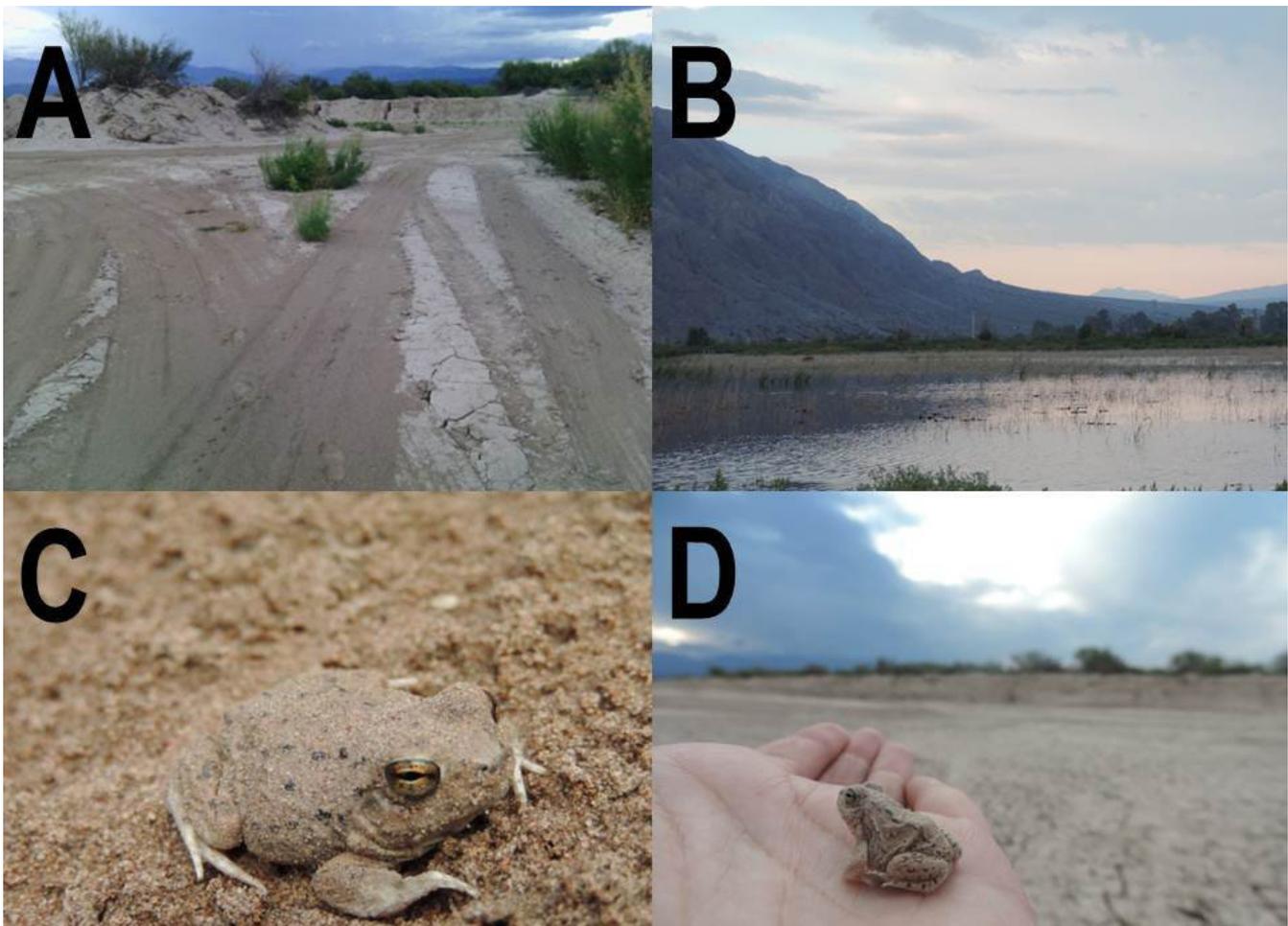
mediante encuentro visual guiado por su canto, entre las 7 pm y las 3 am durante el verano. El muestreo se intensificó en los momentos posteriores a la lluvia, cuando los individuos estaban más activos.

### Elección de áreas perturbadas y control

Para la elección de las áreas con diferentes grados de perturbación seguimos los criterios propuestos por Hannah et al. (1994) y Sanderson et al. (2002). Hannah et al. (1994) definen el disturbio humano en categorías que clasifica los ecosistemas como “no perturbados” o “perturbados”. Sanderson et al. (2002) y Hannah et al. (1994) definen la influencia humana o huella humana (“human footprint”), mediante proxies geográficos.

Estos consideran que se pueden diferenciar un sector perturbado de uno más conservado por la proximidad a puntos de accesos, como podrían ser carreteras, como así también por transformación de la tierra.

El ambiente perturbado del sitio Matagusanos se caracteriza por la presencia de asentamientos humanos, caminos y otros puntos de acceso como huellas, senderos, actividades de animales domésticos y de corral (por ejemplo, cabras, perros, caballos, burros). En este caso, el área perturbada está muy cerca de una carretera y ha perdido el 70% de su vegetación debido a la presión antrópica. El sitio de control (reserva provincial) se encuentra a 33.6 km del sitio perturbado, y se caracteriza por



**Figure 1.** Two different environments. **(A)** Matagusanos (disturbed site due to anthropic activities). **(B)** Presidente Sarmiento Park (protected environment, with less disturbances). **(C and D)** Adult specimen of *P. nebulosum*.

**Figura 1.** Dos ambientes diferentes. **(A):** Matagusanos (sitio perturbado por actividades antrópicas). **(B):** Parque Presidente Sarmiento (ambiente protegido, con menos perturbación). **(C y D)** Ejemplar adulto de *P. nebulosum*.

una vegetación densa con un 80% de cobertura vegetal, ausencia de huellas o animales domésticos.

### Análisis de datos

Exploramos el efecto de la biología del hospedador (sexos, masa y tamaño corporal) y factores ambientales como la perturbación humana sobre el parasitismo por nemátodos. Los ejemplares fueron sacrificados con inyección intraperitoneal de solución de eutanasia Euthanyle® (pentobarbital sódico), y fijados en solución de Bouin por 24 horas. Se etiquetaron y mantuvieron en alcohol etílico al 70%. Todos los especímenes se encuentran en la Colección Herpetológica del Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan (*Pleurodema nebulosum*: UNSJ 4053- 4096).

Cada ejemplar se pesó con una balanza digital y se registró su longitud hocico-cloaca con un calibre de precisión de 0,01 mm. Se extrajo el tubo digestivo y se inspeccionó con un microscopio binocular estereoscópico. Los nemátodos encontrados se mantuvieron en etanol al 70%. Para su observación e identificación se utilizó la técnica de diafanización en lactofenol. Para la identificación de parásitos se utilizó un microscopio óptico Arcano y bibliografía específica (Anderson et al., 2009; Piñeiro-Gómez et al., 2017). Se realizaron análisis morfológicos y métricos. Las medidas corresponden a micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) a menos que se indique lo contrario. Se presentan promedio,  $\pm$  desviación estándar y valores mínimo y máximo entre paréntesis. Los nemátodos estudiados se encuentran en la colección parasitológica del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan (*Aplectana nebulosa*: UNSJPar 265).

Se calcularon los siguientes indicadores parasitarios: prevalencia, abundancia e intensidad media, según lo propuesto por Bush et al. (1997). Para estudiar las relaciones entre las variables: masa corporal (gr.), tamaño (LHC, cm), sexos (machos/hembras) y ambientes (perturbado y control) con la abundancia de parásitos, se realizó un modelo lineal generalizado en el software R, versión 0.9. Los datos se ajustaron a una distribución binomial negativa. Para analizar las variaciones en los indicadores parasitarios entre sexos (machos y hembras) y ambientes (perturbado y control), se realizaron pruebas de Chi-cuadrado y análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis, siguiendo a Reiczigel et al. (2019). Para analizar si existe una tendencia entre el tamaño del hospedador (LHC) y la intensidad parasitaria se realizó una regresión lineal simple. En todos los casos se calcularon estadísticos descriptivos como mediana, desviación estándar e intervalos de confianza.

## RESULTADOS

Setenta y ocho ejemplares adultos de *P. nebulosum* fueron capturados y recolectados en dos ambientes con diferente nivel de perturbación (ambiente perturbado, localidad Matagusanos, n= 40, machos n= 28 y hembras n= 12) (ambiente control, Parque Presidente Sarmiento, n= 38, machos n= 26 y hembras n= 12). Un total de 181 nemátodos adultos fueron registrados e identificados como *Aplectana nebulosa* Piñeiro-Gómez, González & Sanabria, 2017 (ambiente perturbado, n=125; ambiente control, n=56) (Fig. 2).

**Clase Secernentea Linstow, 1905**

**Orden Ascaridida Skrjabin, 1915**

**Familia Cosmocercidae Railliet, 1916**

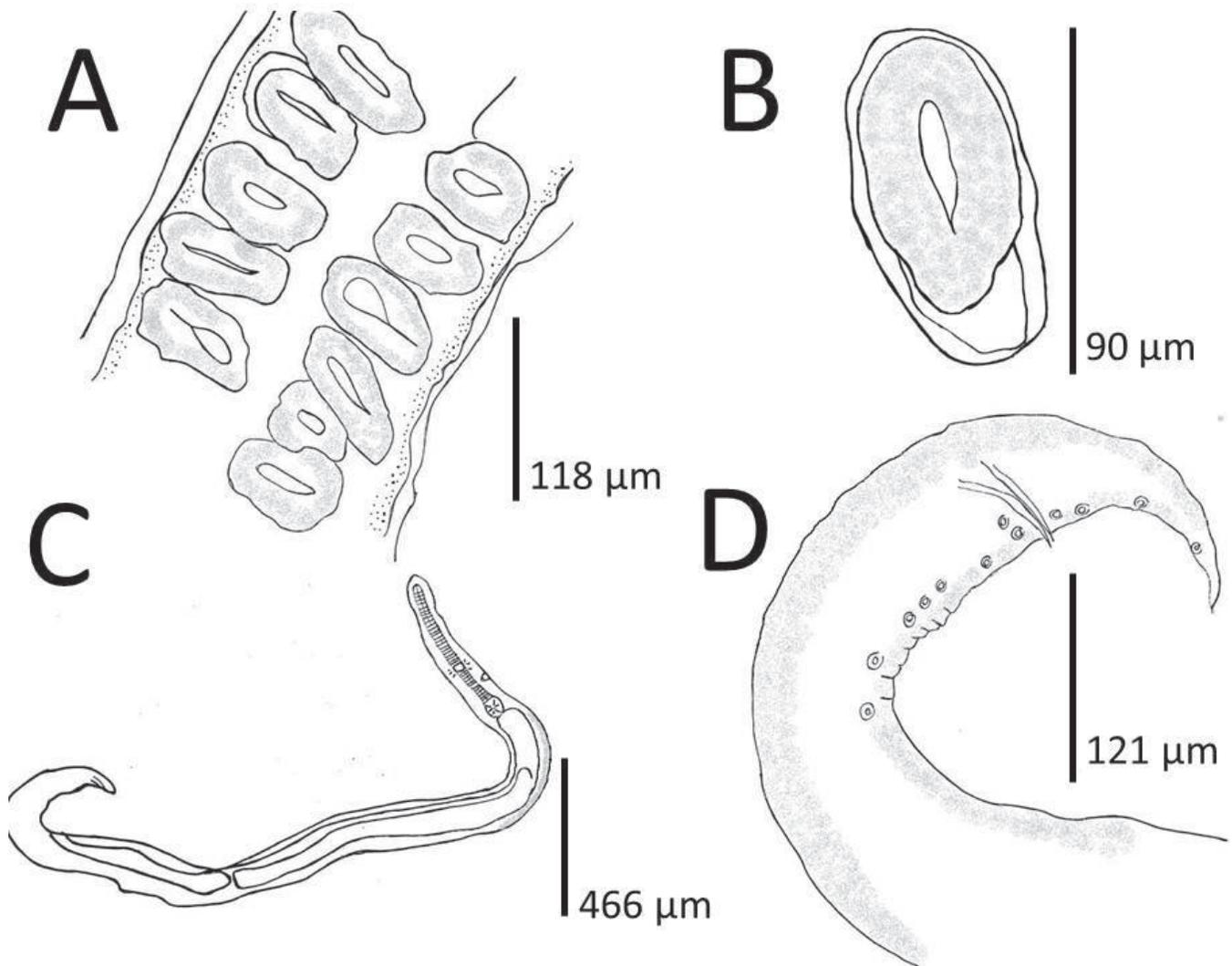
***Aplectana nebulosa***

**Características:** Nemátodos pequeños y delgados. Presentan dimorfismo sexual siendo hembras de mayor tamaño que machos. Boca con tres labios. Cutícula estriada. Presenta gubernaculum y 4 papilas adanales. Siete pares de papilas preanales. Ala lateral en ambos sexos. Presencia de pequeñas papilas somáticas. Poro excretor anterior del bulbo esofágico.

Machos (basado en 5 ejemplares adultos): Longitud total  $2.58 \pm 0.59$  mm (2- 3); ancho máximo  $121 \pm 27.9$  (94- 155); longitud de faringe  $34 \pm 5.7$  (28- 40); ancho de faringe  $29.8 \pm 6.8$  (23- 38); longitud del esófago  $283.8 \pm 64.8$  (220- 364); ancho del esófago  $30.2 \pm 5.9$  (25- 38); longitud del bulbo  $46.6 \pm 9.4$  (37- 57); ancho del bulbo  $45.6 \pm 9.07$  (36- 55); distancia del anillo nervioso al extremos anterior  $190 \pm 46$  (150- 251); distancia del poro excretor al extremo anterior  $254 \pm 58$  (200- 330) y longitud de la espícula  $77 \pm 17.6$  (60- 99).

Hembras (basado en 5 ejemplares grávidas): Longitud total  $5.5 \pm 0.5$  mm (4.9- 6); ancho máximo  $236 \pm 20.6$  (213- 260); longitud de faringe  $66 \pm 3.39$  (62- 70); ancho de faringe  $59 \pm 4.04$  (55- 65); longitud del esófago  $466 \pm 38.8$  (420- 500); ancho del esófago  $55 \pm 4.6$  (50- 60); longitud del bulbo  $76 \pm 4.1$  (72- 80); ancho del bulbo  $73 \pm 4.5$  (68- 78); distancia del anillo nervioso al extremo anterior  $244 \pm 41.6$  (200- 283); distancia del poro excretor al extremo anterior  $340 \pm 50$  (280- 400); Vulva  $3.5 \pm 0.4$  mm (3- 4); ancho huevo  $65.2 \pm 1.9$  (63- 68); y largo huevo  $91.6 \pm 1.5$  (90- 93).

No se encontraron asociaciones significativas entre la abundancia parasitaria de *A. nebulosa* con la masa corporal de



**Figure 2.** *Aplectana nebulosa*. **(A and B):** female, medium view and egg. **(C and D)** Male, entire view body and posterior region.

**Figura 2.** *Aplectana nebulosa*. **(A y B)** Ejemplar hembra, vista media y huevo. **(C y D)** Macho, vista cuerpo completo y región posterior.

*P. nebulosum* (GLM Binomial,  $Z=0.07$ ,  $p=0.9$ ). Sin embargo, la abundancia parasitaria se asoció positiva y significativamente al tamaño (LHC) (Binomial GLM,  $Z=3.7$ ,  $p=0.0002$ ), sexo macho (Binomial GLM,  $Z=2.94$ ,  $p=0.003$ ) (tanto en el sitio control como en el perturbado los machos estaban más parasitados que las hembras) y ambiente perturbado (Binomio GLM,  $Z=2.3$ ,  $p=0.02$ ), con mayores niveles de prevalencia y abundancia de parásitos en el ambiente perturbado en comparación con el control. Una mayor longitud hocico-cloaca produjo un aumento en la intensidad del parásito en *P. nebulosum* (Regresión lineal;  $r_2=0.0562$ ;  $r=0.2370$ ;  $p=0.0392$ ) ( $y = -14.2578 + 4.4337x$ ).

En las tablas 1 y 2 se observa la prevalencia, intensidad y abundancia media de parásitos en las localidades Parque Presidente Sarmiento (control) y Matagusanos (perturbado).

En las tablas 4 y 5 se observa la prevalencia, intensidad y abundancia media de parásitos entre sexos de los hospedadores en los dos ambientes estudiados. Los machos tuvieron mayores prevalencias, intensidades y abundancia media de parásitos que las hembras.

**Table 1.** Prevalence (P) and Chi-square analysis for *A. nebulosa* (Cosmocercidae).**Tabla 1.** Análisis de prevalencia (P) y Chi-cuadrado para *A. nebulosa* (Cosmocercidae).

Sitios	Ambientes	P	$\chi^2$	gl	Valor-P	Estadios	Ubicación
Parque Presidente Sarmiento	Control	15.70%	10.6	1	0.001	Adultos	Intestino
Matagusanos	Perturbado	40%				Adultos	Intestino

**Table 2.** Mean intensity (M.I), Mean abundance (M.A) and Kruskal-Wallis analysis of variance for *A. nebulosa* (Cosmocercidae).**Tabla 2.** Intensidad media (I.M), Abundancia media (A.M) y análisis de varianza de Kruskal-Wallis para *A. nebulosa* (Cosmocercidae).

Sitios	Ambientes	I.M	KW-H	Valor-P	A.M	KW-H	Valor-P	Estadios	Ubicación
Parque Presidente Sarmiento	Control	9.33	(1;22) 0.4559	0.4995	1.4	(1;78) 48639	0.0274	Adultos	Intestino
Matagusanos	Perturbado	7.8			3.1			Adultos	Intestino

## DISCUSIÓN

La comunidad de helmintos se encuentra influenciada tanto por características del hospedador, como por factores filogenéticos históricos (Brito et al., 2014), además de la dieta (Ribas et al., 1995; O'Grady & Dearing, 2006; Pereira et al., 2013; Brito et al., 2014), estrategia de forrajeo (búsqueda activa y pasiva) (Aho, 1990; Brito et al., 2014), uso de microhábitat (Brito et al., 2014), reproducción (Brito et al., 2014; Galdino et al., 2014), sexos (Ribas et al., 1995; Vrcibradic et al., 1999; Brito et al., 2014; Galdino et al., 2014), edad (Pereira et al., 2012), tamaño corporal (Van Sluys et al., 1994; Ribas et al., 1995; Vrcibradic et al., 1999; Anjos et al., 2005; Anjos et al., 2012; Macedo et al., 2017) y características ambientales, como la humedad o tipo de hábitat (Castillo et al., 2018).

Con el objetivo de explorar los principales factores que influyen en el parasitismo en una especie de anfibio en la provincia de San Juan, Argentina, estudiamos la interacción ecológica parásito-hospedador-ambiente entre el nemátodo *A. nebulosa* y el anfibio *P. nebulosum* en dos sitios con diferentes grados de perturbación. Propusimos la hipótesis que el tipo de ambiente (perturbado/control), tamaño y el sexo del hospedador influyen en la abundancia media parasitaria de *P. nebulosum*. Es oportuno mencionar que, a la fecha, la descripción del

*A. nebulosa* en el hospedador *P. nebulosum* en la localidad de Matagusanos, provincia de San Juan, Argentina, corresponde a la única información disponible sobre este parásito.

Nuestros resultados indicaron que el ambiente perturbado, tamaño y el sexo macho del hospedador son las variables significativas que influyen en la abundancia media parasitaria en *P. nebulosum* en un sector desértico del Monte Argentino.

Con respecto al medio ambiente alterado, las modificaciones del hábitat están aumentando rápidamente a escala global (Hannah et al., 1994; Chapin et al., 2000; Sanderson et al., 2002; Hillman et al., 2017), pero sus efectos sobre la salud de la vida silvestre no han sido bien documentados y con frecuencia son desconocidos (Hillman et al., 2017). Los ambientes modificados generan impactos en la ecología de la vida silvestre, incluso en especies que parecen adaptarse bien a dichas modificaciones (Tylianakis et al., 2007; Bulte et al., 2009; Rubio & Simonetti, 2009; Coates et al., 2017). Esch et al. (1975) consideran que el estrés puede ser inducido por cualquier factor (ya sea biótico o abiótico) que pueda causar un desequilibrio homeostático en un hospedador determinado. En nuestro caso de estudio, probablemente el ambiente perturbado del sitio Matagusanos podría haber generado estrés en la población de *P. nebulosum*, por lo tanto, aumentar las prevalencias y abundancias medias

parasitarias. El área perturbada de la localidad de Matagusanos se caracteriza por la presencia de un efecto antrópico que afecta a las poblaciones de anfibios que habitan este sitio. Esto podría causar altos niveles de estrés, aumentando los niveles de prevalencias y abundancias medias parasitarias en comparación con un sitio más protegido, como el Parque Presidente Sarmiento. Como uso antrópico, la urbanización puede ser perjudicial para la vida silvestre, además de generar cambios en los niveles de parásitos. Ejemplo de esto, tenemos como referencia al trabajo de Loot et al. (2008) que encontraron respuesta plástica en las estrategias reproductivas de un parásito al comparar ambientes con diferentes niveles de intervención humana. Esto indicaría que la intervención humana en los ecosistemas naturales podría provocar cambios en los índices ecológicos parasitarios de helmintos. Sin embargo, también existe la posibilidad que la actividad antrópica producida en el sitio Matagusanos, generando remoción del suelo y creando socavones que retienen agua de lluvia, sea el sitio ideal donde ocurran las infecciones por nemátodos en el anfibio *P. nebulosum*. El nemátodo *Aplectana* presenta un ciclo de vida directo. En el intestino del hospedador se localizan nemátodos machos y hembras. Los nemátodos hembras producen huevos, con cáscaras delgadas, dando lugar a larvas libres en el útero. Tanto huevos/ larvas son expulsadas y

depositadas al exterior, en el agua, con las heces del hospedador, donde continúan su desarrollo hasta L2 y L3. Una vez alcanzada la fase infectante, las L3 penetran en el hospedador definitivo. Estas larvas penetrarían por vía oral (Castillo et al. 2021). Debido a esto, la remoción del suelo y la creación de estos lugares temporales de agua favorecería las altas prevalencias y abundancias medias parasitarias de *P. nebulosum* en el sitio Matagusanos. Diferentes investigadores han demostrado en gran medida los muchos tipos de perturbaciones en los entornos naturales, y su efecto en la vida silvestre es evidente (Lazic et al., 2017; Hillman et al., 2017; Andrade et al., 2019; Leyte-Manrique et al., 2019; Mestre et al., 2019).

En cuanto al tamaño, nuestro modelo estadístico mostró que es una variable influyente en el parasitismo de *P. nebulosum*. Por lo tanto, los hospedadores de mayor tamaño tienen más posibilidades de proporcionar refugio y recursos, como así también, los hospedadores de mayor tamaño tienen un mayor período de exposición a las infecciones parasitarias (Aho, 1990; Pereira et al., 2013; Amorim & Ávila, 2019).

En cuanto al sexo (machos y hembras presentaron el mismo tamaño), los machos exhibieron mayor parasitismo que hembras

**Table 3.** Prevalence (P) and Chi-square analysis for *A. nebulosa* (Cosmocercidae) in males and females of *P. nebulosum*.

**Tabla 3.** Análisis de prevalencia (P) y Chi-cuadrado para *A. nebulosa* (Cosmocercidae) en machos y hembras de *P. nebulosum*.

Ambientes	Sexos	P	$\chi^2$	gl	Valor-P
Control	♂	23%	-	-	-
	♀	0			
Perturbado	♂	42%	1.08	1	0.29
	♀	33%			

**Table 4.** Mean intensity (M.I), Mean abundance (M.A) and Kruskal-Wallis analysis of variance for *A. nebulosa* (Cosmocercidae) in males and females of *P. nebulosum*.

**Tabla 4.** Intensidad media (I.M), Abundancia media (A.M) y análisis de varianza de Kruskal-Wallis para *A. nebulosa* (Cosmocercidae) en machos y hembras de *P. nebulosum*.

Ambientes	Sexos	I.M	KW-H	Valor-P	A.M	KW-H	Valor-P
Parque Presidente Sarmiento	♂	9.3	-	-	2.1	-	-
	♀	0			0		
Matagusanos	♂	10.33	(1;16) 29924	0.0837	4.42	(1;40) 10027	0.3
	♀	2			0.6		

en los dos ambientes analizados. Chero et al. (2016) reportaron resultados similares en *Rhinella limensis* Werner, 1901, en el cual los indicadores de infección fueron más altos en machos que hembras. Por el contrario, Amorim & Ávila (2019) no encontraron una influencia del sexo del hospedador en la infección parasitaria de *Norops brasiliensis* Vanzolini & Williams, 1970.

Las variaciones sexuales del parásito son siempre irregulares y creemos que pueden depender de factores como el tiempo de vida, la ontogenia, uso de microhábitat, madurez sexual o influencia de la testosterona. (Salvador et al., 1996; Olsson et al., 2000; Cox et al., 2007; Garrido & Pérez-Mellado, 2013). No descartamos que las diferencias entre los índices ecológicos parasitarios entre sexos en ambos sitios, a favor del sexo macho, pudieran haber estado influenciado por el número de muestras obtenidas, que en nuestro caso de estudio analizamos más ejemplares machos que hembras.

Desde la perspectiva de la conservación, la importancia del estudio del parasitismo radica en que ciertos helmintos causan daños severos a la herpetofauna (Johnson et al., 2002; Johnson & Lunde, 2005). Los diferentes estudios e investigaciones sobre parásitos, herpetofauna y conservación, indican que este importante campo ha sido escasamente abordado a nivel mundial (Bower et al., 2018; Johnson et al., 2002; Johnson & Lunde, 2005; Carlson et al., 2020).

Blaustein & Johnson (2003) mencionan el parasitismo como una de las principales causas de anomalías en los anfibios. Por ejemplo, se ha demostrado que *Ribeiroia ondatrae* Looss, 1907 está asociada con la aparición de malformaciones en anfibios (Jonson et al., 2002). Además, los quistes internos causados por parásitos alteran la posición de los grupos de células que participan en el crecimiento y liberan sustancias químicas que provocan un crecimiento anormal (Bosch, 2003). Por otro lado, actualmente hay pocos datos que asocien anomalías con disminuciones en el tamaño de la población de anfibios (Blaustein & Johnson, 2003).

Finalmente, este estudio sugiere que la perturbación antrópica tendría una influencia negativa en *P. nebulosum* y podría representar una amenaza futura para su conservación. Aunque el parasitismo en anfibios apenas se ha abordado, la evidencia actual muestra el daño que causa a las poblaciones hospedadoras. Los posibles efectos negativos del parasitismo incluyen anemia y rendimiento reducido, seguidos de supervivencia reducida, disminución de competitividad, bajo estatus social, reducción en la capacidad para seleccionar parejas y en hembras, fecundidad reducida (Vitt & Caldwell, 2009).

Coincidimos con otros autores, en que las principales causas del aumento de las prevalencias y abundancias parasitarias animales, generada por diferentes fuentes de estrés, tales como la modificación del hábitat a través de la pérdida de vegetación (usada por anfibios como micro hábitat), asentamientos humanos, senderos y otros puntos de acceso y actividades de animales domésticos.

**Agradecimientos.**– Agradecemos al Subsecretario de Medio Ambiente por los permisos otorgados (N° 1300-3097-16), Ezequiel Salomón y guardaparques (Dante Recabarren, Cristián Piedrahita, Javier Amatta, Jorge Cayuela, Mariano Hidalgo, Jesús Quiroga y José Castro) por su ayuda en los muestreos de campo. Agradecemos a la Lic. Alejandro Gómez por su asistencia en el campo. Los autores declaran no tener conflictos de intereses. Esta investigación fue financiada por CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

## LITERATURA CITADA

- Aho, J.M. 1990. Helminth communities of amphibians and reptiles: comparative approaches to understanding patterns and processes. Pp. 157-195. En G.W. Esch, A.O. Bush & J.M. Aho (Eds.), *Parasite Communities: Patterns and Processes*. NY: Chapman and Hall.
- Amorim, D.M. & R.W. Ávila. 2019. Infection patterns of helminths in *Norops brasiliensis* (Squamata, Dactyloidea) from a humid forest, Northeastern Brazil and their relation with body mass, sex, host size, and season. *Helminthologia* 56:168-174.
- Anderson, R.C., A.G. Chabaud & S. Willmott. 2009. *Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates*. USA: CAB International, Cambridge.
- Andrade, A.C., L.D. Franzini & D.O. Mesquita. 2019. Assessing the effect of urbanization on tropical forest dwelling teiid lizards. *Ecological Indicators* 99:225-229.
- Anjos, L.A., R.W. Ávila, S.C. Ribeiro, W.O. Almeida & R.J. da Silva. 2012. Gastrointestinal nematodes of the lizard *Tropidurus hispidus* (Squamata: Tropiduridae) from a semi-arid region of north-eastern Brazil. *Journal of Helminthology* 87:443-449.
- Anjos, L.A., C.F.D. Rocha, D. Vrcibradic & J.J. Vicente. 2005. Helminths of the exotic lizard *Hemidactylus mabouia* from a rock outcrop area in southeastern Brazil. *Journal of helminthology* 79:307-313.
- Blaustein, A.R & P.T. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:87-94.



- Bosch, J. 2003. Nuevas amenazas para los anfibios: enfermedades emergentes. *Munibe* 16:56-73.
- Bower, D.S., L.A. Brannelly, C.A. McDonald, R.J. Webb, S.E. Greenspan, M. Vickers & M.J. Greenlees. 2019. A review of the role of parasites in the ecology of reptiles and amphibians. *Austral Ecology* 44:433-448.
- Brito, S.V., G. Corso, A.M. Almeida, F.S. Ferreira, W.O. Almeida, L.A. Anjos & A. Vasconcellos. 2014. Phylogeny and microhabitats utilized by lizards determine the composition of their endoparasites in the semiarid Caatinga of Northeast Brazil. *Parasitology Research* 113:3963-3972.
- Bulté, G., A.C. Plummer, A. Thibaudeau & G. Blouin-Demers. 2009. Infection of yarrow's spiny lizards (*Sceloporus jarrovi*) by chiggers and malaria in the Chiricahua mountains, Arizona. *The Southwestern Naturalist* 54:204-207.
- Bush, A.O., K.D. Lafferty, J.M. Lotz & A.W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 83:575-583.
- Cabrera, A.L. & A. Willink. 1973. Biogeografía de América Latina. Monografía 13. Serie de Biología. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington DC. EEUU.
- Campião, K.M., D.H. Morais, O.T. Dias, A. Aguiar, G. Toledo, L.E.R. Tavares & R.J. da Silva. 2014. Checklist of helminth parasites of amphibians from South America. *Zootaxa* 3843:1-93.
- Castillo, G.N., J.C. Acosta, G. Ramallo & J. Pizarro. 2018. Pattern of infection by *Parapharyngodon riojensis* Ramallo, Bursey, Goldberg 2002 (Nematoda: Pharyngodonidae) in the lizard *Phymaturus extrilidus* from Puna region, Argentina. *Annals of Parasitology* 64:83-88.
- Castillo, G.N., C.J. González-Rivas & J.C. Acosta. 2021. El rol del sexo en la estructura de la población de nematodos en una especie de anfibio del Monte de Argentina. *Iheringia, Serie Zoología* 111:1-9.
- Castillo, G.N. 2022. Comunidad parasitaria y análisis de asimetría fluctuante; dos herramientas para evaluar estrés ambiental en la fauna herpetológica de ambientes con distintos grado de perturbación en el centro- oeste de Argentina. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas, Departamento de Biología, Universidad Nacional de San Juan. Argentina.
- Cox, R.M. & H.B. John-Alder. 2007. Increased mite parasitism as a cost of testosterone in male striped plateau lizards *Sceloporus virgatus*. *Functional Ecology* 21:327-334.
- Chapin, I., F.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack & S. Díaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405:234-242.
- Chero, J., C. Cruces, J. Iannacone, G. Sáez, L. Alvaríño, J. Luque & V. Morales. 2016. Comunidad de helmintos parásitos del sapo espinoso *Rhinella spinulosa* (Wiegmann, 1834) (Anura: Bufonidae) de Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 27:114-129.
- Carlson, C.J., S. Hopkins, K.C. Bell, J. Doña, S.S. Godfrey, M.L. Kwak & M. Torchin. 2020. A global parasite conservation plan. *Biological Conservation* 250:108596.
- Coates, A., L.K. Barnett, C. Hoskin & B.L. Phillips. 2017. Living on the edge: parasite prevalence changes dramatically across a range edge in an invasive gecko. *The American Naturalist* 189:178-183.
- Cruz-Reyes, A. 1993. Parasitismo y Biodiversidad en el Reino Animal. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44:59-66.
- Eberhardt, A.T., A. Costa, M.R. Marini, A. Racca, C.J. Baldi, M.R. Robles, P.G. Moreno & P.M. Beldomenico. 2013. Parasitism and physiological trade-offs in stressed capybaras. *Plos ONE* 8:1-12.
- Esch, G.W., J.W. Gibbons & J.E. Bourque. 1975. An analysis of the relationship between stress and parasitism. *The American Midland Naturalist* 339-353.
- Ferraro, D.P. & M.D. Casagrande. 2009. Geographic distribution of the genus *Pleurodema* in Argentina (Anura: Leiuperidae). *Zootaxa* 2024:33-55.
- Garrido, M. & V. Pérez-Mellado. 2013. Patterns of parasitism in insular lizards: effects of body size, condition and resource availability. *Zoology* 116:106-112.
- Galdino, C.A., R.W. Ávila, C.H. Bezerra, D.C. Passos, G.C. Melo & D. Zanchi-Silva. 2014. Helminths infection patterns in a lizard (*Tropidurus hispidus*) population from a semiarid Neotropical area: associations between female reproductive allocation and parasite loads. *Journal of Parasitology* 100:864-867.



- Gómez, A. & E. Nichols. 2013. Neglected wild life: parasitic biodiversity as a conservation target. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* 2:222-227.
- González, C.E., L.B. Quiroga, D. Moreno & E.A. Sanabria. 2013. Primer registro de *Aplectana hylambatis* (Nematoda, Cosmocercidae) para anfibios de la provincia de San Juan. *Cuadernos de Herpetología* 27:155-159.
- Hannah, L., D. Lohse, C. Hutchinson, J.L. Carr & A. Lankerani. 1994. A preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems. *Ambio* 23:246-250.
- Hillman, A.E., A.J. Lymbery, A.D. Elliot & R.A. Thompson. 2017. Urban environments alter parasite fauna, weight and reproductive activity in the quenda (*Isodon obesulus*). *Science of the Total Environment* 607:1466-1478.
- Johnson, P.T., K.B. Lunde, E.M. Thurman, E.G. Ritchie, S.N. Wray, D.R. Sutherland & A.R. Blaustein. 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs* 72:151-168.
- Johnson, P.T.J. & K.B. Lunde. 2005. Parasite infection and limb malformations: a growing problem in amphibian conservation. Pp. 124-138. En Lannoo, M.J. (Ed.), *Amphibian Declines: The Conservation Status of United States Species*, California, University of California Press.
- Lafferty, K.D. & A.M. Kuris. 1999. How environmental stress affects the impacts of parasites. *Limnology and Oceanography* 44:925-931.
- Lazić, M.M., M.A. Carretero, U. Živković & J. Crnobrnja-Isailović. 2017. City life has fitness costs: reduced body condition and increased parasite load in urban common wall lizards, *Podarcis muralis*. *Salamandra* 53:10-17.
- Leyte-Manrique, A., A.B.C. Abel, T.D. Alejandro, C. Berriozabal-Islas & C.A. Maciel-Mata. 2019. A comparison of amphibian and reptile diversity between disturbed and undisturbed environments of Salvatierra, Guanajuato, Mexico. *Tropical Conservation Science* 12:1-12.
- Loot, G., S. Blanchet, M. Aldana & S.A. Navarrete. 2008. Evidence of plasticity in the reproduction of a trematode parasite: the effect of host removal. *Journal of Parasitology* 94:23-27.
- Márquez, J., E.M. Carretero & A. Dalmaso. 2016. Provincias fitogeográficas de la provincia de San Juan. Pp. 187-197. En Carretero, E.M. & A. García, (Edts), San Juan Ambiental. Editorial Universidad Nacional de San Juan.
- Macedo, L.C., S.L. Gardner, F.T.V. Melo, E.G. Giese & J.N. Santos. 2017. Nematodes parasites of teiid lizards from the Brazilian amazon rainforest. *Journal of Parasitology* 103:176-182.
- Mestre, A.P., P.S. Amavet, A.I. Vanzetti, M.S. Moleón, M.V.P. Marcó, G.L. Poletta & P.A. Siroski. 2019. Effects of cypermethrin (pyrethroid), glyphosate and chlorpyrifos (organophosphorus) on the endocrine and immune system of *Salvator merianae* (Argentine tegu). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 169:61-67.
- Morello, J. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* 2:1-155.
- O'Grady, S.P. & M.D. Dearing. 2006. Isotopic insight into host-endosymbiont relationships in *Liolaemidae* lizards. *Oecologia* 150:355-361.
- Oppliger, A., J. Clobert, J. Lecomte, P. Lorenzon, K. Boudjemadi & H.B. John-Alder. 1998. Environmental stress increases the prevalence and intensity of blood parasite infection in the common lizard *Lacerta vivipara*. *Ecology Letters* 1:129-138.
- Olsson, M., E. Wapstra, T. Madsen & B. Silverin. 2000. Testosterone ticks and travels: a test of the immunocompetence-handicap hypothesis in free-ranging male sand lizards. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 267:2339-2343.
- Pereira, F.B., S.C. Gomides, B.M. Sousa, S. de Souza-Lima & J.L. Luque. 2013. The relationship between nematode infections and ontogeny and diet of the lizard *Tropidurus torquatus* (Wied, 1820) (Squamata: Tropiduridae) from the Atlantic Rainforest in south-eastern Brazil. *Journal of Helminthology* 87:364-370.
- Pereira, F.B., B.M. Sousa & S. de Souza-Lima. 2012. Helminth community structure of *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) in a rocky outcrop area of Minas Gerais state, southeastern Brazil. *Journal of Parasitology* 98:6-10.
- Pérez-Ponce de León, G. & L. García-Prieto. 2001. Los parásitos en el contexto de la biodiversidad y la conservación. *Biodiversitas* 34:11-15.
- Piñeiro-Gómez, M.D., C.E. González & E.A. Sanabria. 2017. A new species of *Aplectana* (Nematoda: Cosmocercidae) parasite of *Pleurodema nebulosum* (Anura: Leptodactylidae) from the Monte



- desert, Argentina, with a key to Neotropical species of the genus *Aplectana*. *Zootaxa* 4247:121-130.
- Price, P.W. 1980. *Evolutionary Biology of Parasite*. University press. Princeton, New Jersey.
- Reiczigel, J, M. Marozzi, I. Fábíán & L. Rózsa. 2019. Biostatistics for parasitologists—a primer to quantitative parasitology. *Trends in Parasitology* 35:277-281.
- Ribas, S.C., C.F.D. Rocha, P.F. Teixeira-Filho & J.J. Vicente. 1995. Helminths (Nematoda) of the lizard *Cnemidophorus ocellifer* (Sauria: Teiidae): assessing the effect of rainfall, body size and sex in the nematode infection rates. *Ciencia e Cultura* 47:88-91.
- Rubio, A.V. & J.A. Simonetti. 2009. Ectoparasitism by *Eutrombicula alfreddugesi* larvae (Acari: Trombiculidae) on *Liolaemus tenuis* lizard in a Chilean fragmented temperate forest. *Journal of Parasitology* 95:244-245.
- Salvador, A., J.P. Veiga, J. Martin, P. López, M. Abelenda & M. Puertac. 1996. The cost of producing a sexual signal: testosterone increases the susceptibility of male lizards to ectoparasitic infestation. *Behavioral Ecology* 7:145-150.
- Sanabria, E., L. Quiroga & J.C. Acosta. 2007. Hábitos alimentarios de infantiles de *Pleurodema nebulosum* (Anura: Leptodactylidae), en Matagusanos, San Juan, Argentina. *Revista Peruana de Biología* 14:295-296.
- Sanderson, E.W., M. Jaiteh, M.A. Levy, K.H. Redford, A.V. Wannebo & G. Woolmer. 2002. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience* 52:891-904.
- Sinclair, A.R., J.M. Fryxell & G. Caughley. 2006. *Wildlife Ecology, Conservation, and Management*. Blackwell Publishing.
- Tylianakis, J.M., T. Tscharnkte & O.T. Lewis. 2007. Habitat modification alters the structure of tropical host–parasitoid food webs. *Nature* 445:202-205.
- Vaira, M., M. Akmentins, M. Attademo, D. Baldo, D.A. Barrasso, S. Barrionuevo, B. Basso, S. Cairo, R.N. Cajade, J.A. Cespidez, V. Corbalán, P. Chilote, M. Duré, C. Falcione, D. Ferraro, F.R. Gutierrez, M.R. Ingaramo, C. Junges, R. Lajmanovich, J.N. Lescano, F. Marangoni, L. Martinazzo, R. Marti, L. Moreno, G.S. Natale, J.M. Pérez-Iglesias, P. Peltzer, L. Quiroga, S. Rosset, E. Sanabria, L. Sanchez, E. Schaefer, C. Úbeda & V. Zaracho. 2012. Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26:131-159.
- Van Sluys, M., C.F.D. Rocha & S.C. Ribas. 1994. Nematodes infecting the lizard *Tropidurus itambere* in southeastern Brazil. *Amphibia-reptilia* 15:405-408.
- Vitt, L.J. & P. Caldwell. 2009. *Herpetology: an Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Academic Press.
- Vrcibradic, D., C.F.D. Rocha, S.C. Ribas & J.J. Vicente. 1999. Nematodes infecting the skink *Mabuya frenata* in Valinhos, São Paulo state, southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 20:333-339.

