

HERPETOFAUNA EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA SUR DE MANAGUA

HERPETOFAUNA IN THE UPPER PART OF THE SOUTHERN MANAGUA BASIN

Lester I. Fonseca-Gonzalez^{1*} & Heiner D. Acevedo-Vasquez²

¹Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), Facultad de Ciencia e Ingeniería, Departamento de Biología. Rotonda Universitaria Rigoberto López Pérez 150 metros al este, Managua, Nicaragua.

²Personal de seguridad en Finca Las Delicias. Bo. Daniel Roa Padilla, Puente Las Pilas 300 vrs. N., Nicaragua.

*Correspondence: lesterisaacsonseca@gmail.com

Received: 2023-08-31. Accepted: 2024-05-14. Published: 2024-06-03.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Abstract.— Central America is an important region for herpetofauna. It has been considered a hotspot worldwide and contains a high number of endemism. However, the herpetofauna of Nicaragua is one of the least studied in the region. A nine-month study of amphibians and reptiles was carried out in an ecotourism farm in the upper part of the southern basin of Managua, using visual encounter sampling (VES). A total of 37 species were reported, divided into nine amphibians and 28 reptiles. The effective numbers of species (Hill numbers) indicated a higher diversity for site SFL2 and a lower diversity in SFL1 and SFL3, the latter being more similar. These differences were caused by biotic and abiotic factors. The most dominant species was *Agalychnis callidryas* ($n = 228$). The microhabitats with the highest and lowest number of individuals were Pools with Water ($n = 369$) and Buildings ($n = 26$). Six species are in some degree threatened. Finally, we emphasize conservation activities for *Craugastor laevisimus* and propose *A. callidryas* as a flagship species in the area.

Keywords.— Amphibians, El Crucero, Nicaragua, reptiles, premontane forest, Sierras of Managua.

Resumen.— Centroamérica es una región importante para la herpetofauna, tanto así que ha sido considerada un hotspot a nivel mundial y contiene un alto número de endemismo. Sin embargo, la herpetofauna de Nicaragua es una de las menos estudiadas en la región. Se llevó a cabo un estudio de los anfibios y reptiles durante nueve meses en una finca ecoturística en la parte alta de la cuenca sur de Managua, mediante muestreos por encuentro visual (VES). Se reporta un total de 37 especies, divididas en nueve anfibios y 28 reptiles. Los números efectivos de especies (números de Hill) indicaron mayor diversidad para el sitio SFL2 y menor diversidad en SFL1 y SFL3, siendo estos últimos, más similares, dichas diferencias fueron causa de factores bióticos y abióticos. La especie más dominante fue: *Agalychnis callidryas* ($n = 228$). Los microhábitats con mayor y menor número de individuos fueron piletas con agua ($n = 369$) y edificaciones ($n = 26$), respectivamente. Se destacan seis especies que se encuentran en algún grado de amenaza, por último, se enfatiza llevar a cabo actividades de conservación para *Craugastor laevisimus* y se propone *A. callidryas* como especie bandera en la zona.

Palabras clave.— Anfibios, bosque premontano, El Crucero, Nicaragua, reptiles, Sierras de Managua.

INTRODUCCIÓN

Centroamérica es la conexión entre Norteamérica y Sudamérica, siendo una zona biogeográfica importante debido a que contiene flora y fauna de ambos extremos del continente, en el

caso particular de la herpetofauna, esta zona contiene una alta diversidad (Köhler, 2003). Es además, considerada un hotspot a nivel mundial (Mittermeier et al., 2011) con 623 especies



endémicas de una herpetofauna de 1,095 especies (Mata-Silva et al., 2019). A pesar de ser una región sujeta a investigaciones biológicas desde el siglo XIX (Gunther, 1902), Nicaragua ha sido uno de los países menos estudiados en la región, situación que ha empezado a cambiar solo hasta el presente siglo (Sunyer, 2014).

Al mismo tiempo, las amenazas en América Central, son exclusivas del área y otras son más indicativas de fenómenos globales (Spangler, 2015). Por ejemplo, los anfibios enfrentan amenazas como introducción de especies exóticas, la sobreexplotación, el cambio de uso de suelo, el cambio climático, el calentamiento global, las enfermedades infecciosas emergentes, el aumento en el uso de pesticidas y otros químicos tóxicos (Collins & Storer, 2003). Anexo a esto, una de cada cinco especies de reptiles están amenazada de extinción y una de cada cinco especies está clasificada con datos insuficientes, especialmente en los trópicos (Böhm et al., 2013).

Hasta el momento se han registrado 261 especies de anfibios y reptiles en Nicaragua (Sunyer & Martínez-Fonseca, 2019), de las cuales 13 son endémicas al país (HerpetoNica, 2015; Koch et al., 2019) y tres sub especies endémicas (Sunyer et al., 2013; Meza-Lázaro & Nieto-Montes de Oca, 2015). Dicho endemismo tiene elementos asociados a las zonas de altura e islas en el territorio nacional (Pérez et al., 2013).

En el caso del departamento de Managua, existen pocos estudios sistemáticos de anfibios y reptiles, resaltando sitios puntuales en Las Sierras de Managua, específicamente en la Reserva Natural "Chocoyero - El Brujo" (Salgado & Páiz, 2004) y las evaluaciones biológicas llevadas a cabo en la reserva privada "Habitarte - El Bajo" (Medina-Fitoria et al., 2020). Asimismo, se cuenta con una evaluación ecológica rápida (EER) realizada por Gaitán et al. (2005) en el sitio de interés.

La parte alta de la cuenca sur de Managua representa una zona singular ya que ostenta un microclima más húmedo, diferente al resto del trópico seco del Pacífico (Gaitán et al., 2005), el cual se encuentra en alto riesgo de desaparecer a nivel regional (Dinerstein, 1995; MARENA, 1999). Por lo que su flora y fauna se torna de interés, en consecuencia, este estudio tiene como objetivo contribuir al acervo científico de la herpetofauna en el departamento de Managua, a través de la descripción de los anfibios y reptiles en una de las zonas más perturbadas e influenciadas por la cañicultura en el pacífico del país (Fonseca, 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la denominada parte alta de la cuenca sur de Managua, comprendida en la unidad hídrica 69-95291 (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales et al., 2014), en Finca "Las Delicias" ubicada entre las coordenadas 11°58'23.91" N, 86°17'18.35" W, con un área de 84.53 ha y una altitud de hasta 910 m s.n.m. (CCN - FUNDENIC, 2014). El clima es fresco, con temperaturas promedio anuales entre 18° - 22° C con una precipitación promedio anual entre 1,500-1,600 mm³/año, de los 800 m s.n.m. a mayor altitud no hay presencia de cañícula, además hay un aporte e influencia de humedad proveniente de las nubes y neblina de forma constante casi en todo el año (CCN - FUNDENIC, 2014). Los suelos son de origen volcánicos (Girard & van Wyk de Vries, 2005).

El área presenta un ecosistema premontano tropical con bosques húmedos (Holdridge, 1978; Velásquez et al., 2014). De acuerdo al mapa de uso de suelo proyectado para el municipio de Managua, la zona se considera ambientalmente sensible (ALMA, 2018). Debido a que en el área de estudio el 51.86% de la superficie total tiene pendientes arriba del 40%, por lo cual el relieve es irregular y de acceso limitado en algunos sectores de la finca (CCN - FUNDENIC, 2014).

En el área predominan remanentes de bosques secundarios en regeneración natural, vestigios de bosques maduros, cañadas con riachuelos y áreas asociadas con cultivos de café (Fonseca, 2023). En el sotobosque se pueden encontrar especies de la familia Arecaceae, Heliconiaceae, Urticaceae, Piperaceae, Rubiaceae y hacia el sur carrizo (*Chusquea* sp.), así como diferentes helechos (*Nephrolepis* sp.) y trepadoras (*Montreras* sp.). Esta diversidad de flora en el sotobosque, presta las condiciones para el desarrollo de la herpetofauna en la finca y sus alrededores, donde existen algunas piletas y estanques que mantienen agua de manera permanente facilitando la ovoposición para anfibios, además de ser puntos de abastecimiento de agua para la fauna convirtiéndose en sitios de socialización, alimentación y/o depredación.

Recolecta de Datos

El análisis se basó en un muestreo aleatorio simple (Otzen & Manterola, 2017; Porras-Velásquez, 2017), entre los meses de marzo a noviembre del año 2022, realizando dos salidas al campo por mes, cada recorrido fue de dos horas y media por una sola persona en dos momentos; nocturno (20:00 - 22:30 h) y diurno (07:00 - 09:30 h). La búsqueda de individuos fue realizada mediante muestreos por encuentro visual (Visual

Encounter Surveys, VES; Heyer, et al., 1994; McDiarmid et al., 2012). Adicionalmente, en los recorridos nocturnos se realizaron búsquedas e identificación de anfibios a través de su canto (específico para ranas), (Zimmerman, 1994). Los recorridos se llevaron a cabo en tres senderos ecoturísticos preestablecidos dentro de la finca: Sendero Ruta Educativa del Café (SFLD1), Café Tuco (SFLD2) y Sendero de las Oropéndolas (SFLD3), conjuntamente se determinó la búsqueda de especies en ambas franjas de los senderos con una amplitud estándar de cuatro metros a cada lado. Para cada especie se contabilizó el número de individuos por cada día de monitoreado.

Se definieron seis tipos de microhábitats considerados de acuerdo a la ecología del lugar y aspectos propios de la finca, estos se encuentran en los senderos y contiguo a estos, siendo: Suelo/Hojarasca (S.H.), Piletas con Agua (P.A.), Sotobosque (SO.), Rocas y Troncos (R.T.), Cafetal (CA.) y Edificaciones (ED.).

La identificación taxonómica, distribución y hábitat de las especies se basó en las guías de anfibios y reptiles de Nicaragua (HerpetoNica, 2015; Köhler, 2001), considerando posteriores recomendaciones (McCranie et al., 2019). De igual manera, se consultaron las guías de Costa Rica (Leenders, 2017; Leenders, 2019) e incluimos arreglos taxonómicos como el cambio de *Rhinella marina* a *R. horribilis* (Acevedo et al., 2016), *Iguana rhinolopha* reconocida para gran parte de Centroamérica (Breuil, et al., 2022) y el cambio de *Oxibelis aeneus* a *O. koehleri* (Jadin et al., 2020).

Análisis de datos

Se realizó una curva de acumulación de especies con los estimadores Chao1 y ACE, que han demostrado tener un buen desempeño (Walther & Moore, 2005) y se tomó en cuenta la valoración de los singletons para identificar las especies con un único ejemplar y doubletons para las especies con dos ejemplares (Colwell & Coddington, 1994; Chao, 1984), bajo el supuesto de que al cruzarse estas dos líneas el inventario podría estar completo (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Se analizó la información mediante el programa estadístico Estimates versión 9.1 (Colwell, 2013).

Para conocer la riqueza y diversidad de especies en cada sitio estudiado, se empleó el número efectivo de especies, de los primeros tres órdenes de la serie de números de Hill (Hill, 1973). Los cuales son una medida práctica para conocer la diversidad de especies y sus valores son directamente comparables (Jost, 2006; Moreno, 2001); donde $q = 0$, equivale a la riqueza de especies, $q = 1$, es equivalente al exponencial del índice de Shannon ($q1 = \exp [H']$) y $q = 2$, al inverso del índice de Simpson ($q2 = 1 / \lambda$) que representa a las especies dominantes en una comunidad (Jost, 2006). Las comparaciones de estos datos se calcularon en el programa iNEXT online (Chao et al., 2016) con un intervalo de confianza de 95%.

Finalmente, se revisó el estado de conservación de las especies reportadas y se identificó su grado de amenaza, de acuerdo a disposiciones legales como las descritas en el Reglamento de

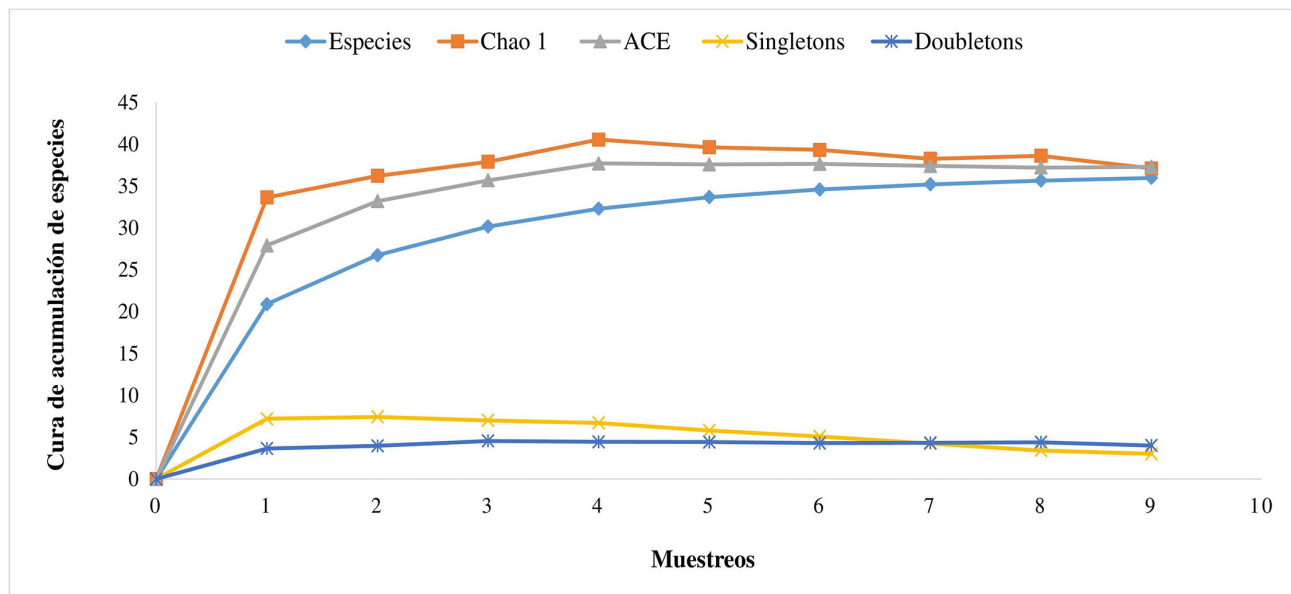


Figure 1. Species accumulation curve. / Figure 1. Curva de acumulación de especies.

Vedas Nacional del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA, 2022) y las contenidas en la lista roja de Vertebrados de Nicaragua (CICFA, 2018). Adicionalmente se incluyó la información presentada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022; IUCN, 2023) y por último se consideraron las que se encuentran en la lista regional de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CITES (CCAD, 2010) y posteriores actualizaciones luego de su publicación.

RESULTADOS

Se registró un total de 37 especies, divididas en nueve anfibios y 28 reptiles con un total de 1,009 individuos, los anfibios representaron el 51% y los reptiles el 49% de la abundancia total durante el estudio. La composición de anfibios se dividió en seis familias: tres representadas por una especie cada una y tres familias incorporadas por dos especies cada una (Tabla 1). Los reptiles registrados representaron a 15 familias: 11 con una especie cada una y dos familias con dos especies cada una, la familia Dipsadidae, fue representada por cuatro especies y finalmente Colubridae estuvo compuesta por nueve especies (Tabla 2).

La curva de acumulación de especies muestra que el número de especies aumentó en función del esfuerzo de muestreo, por lo tanto, los estimadores muestran una tendencia hacia la asíntota. Esto sugiere que el esfuerzo de muestreo fue representativo para conocer la diversidad de anfibios y reptiles con intervalos

de confianza de 96.98% para Chao1 y 96.48% para ACE, de igual manera los singletones y doubletones fueron consistente con los estimadores antes mencionados (Fig. 1).

La herpetofauna presentó diferencias en cuanto a la cantidad de individuos reportados durante el periodo de monitoreo, presentando mayor actividad durante la temporada de invierno. Los meses con mayor número de registros fueron entre agosto a octubre para los tres sitios. SFL1 y SFL2 presentaron un aumento gradual en el número de individuos a partir del mes de junio (Fig. 2).

La riqueza de especies fue mayor en SFL2 ($q_0 = 30$), seguido de SFL1 ($q_0 = 28$) y SFL3 ($q_0 = 24$) respectivamente, estos no presentaron diferencias significativas. Por su parte, en términos de especies comunes (q_1), SFL2 obtuvo los resultados más altos con diferencias significativas respecto a SFL1 y SFL3. De acuerdo a las especies dominantes (q_2), SFL2 y SFL1 tuvieron diferencias significativas, en cambio, SFL3 no obtuvo diferencias significativas con los demás sitios (Fig. 3). El microhábitat con mayor presencia de la herpetofauna fue P.A. ($n = 369$), seguido por S.H. ($n = 350$). Los microhábitats menos representativos fueron C.A. y ED con igual cantidad de individuos reportados en cada microhábitat ($n = 30$) (Fig. 4).

Conservación de especies

Entre los anfibios, la Ranita de tierra (*Craugastor laevis*) se encuentra en peligro de extinción (IUCN, 2023) y es la única especie que se encuentra catalogada como "vulnerable" a nivel

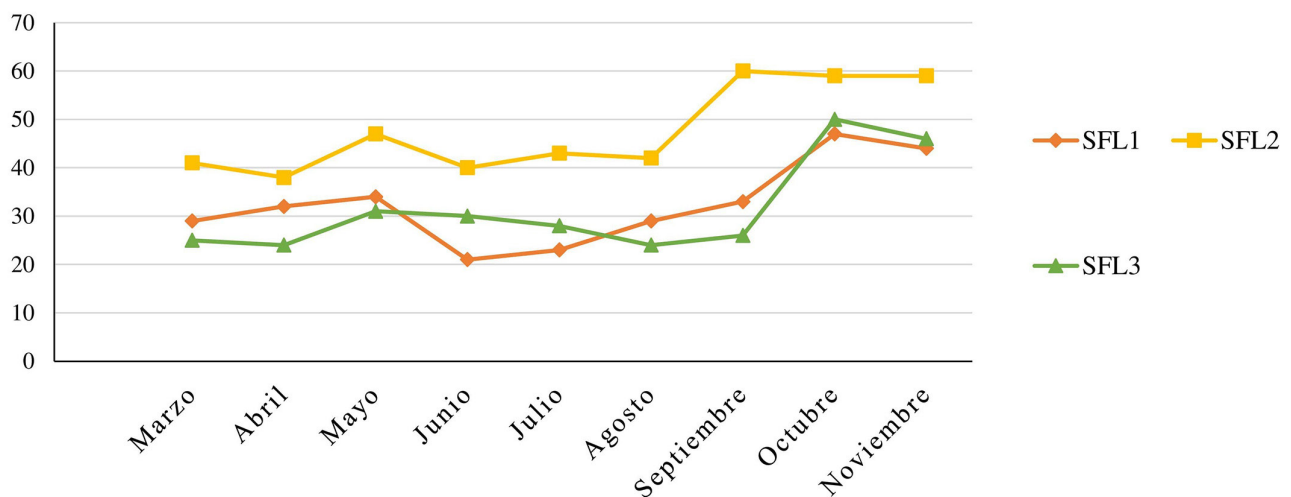


Figure 2. Monthly variation in the number of individuals per trail. / Figura 2. Variación mensual de la cantidad de individuos por sendero.

Table 1. Amphibian composition and number of individuals per trail studied with their conservation status. SFL: Trails “Finca Las Delicias” 1, 2 and 3. Conservation status: LC: Least Concern, EN: Endangered, VU: Vulnerable. CITES Appendices: II. VPN: National Partial Ban.

Tabla 1. Composición de anfibios, número de individuos y su estado de conservación por sendero estudiado. SFL: Senderos “Finca Las Delicias” 1, 2 y 3. Estado de Conservación: LC: Preocupación menor, EN: En Peligro, VU: Vulnerable. Apéndices CITES: II. VPN: Veda Parcial Nacional.

Especies	Áreas estudiadas			Estado de conservación			
	SFL1	SFL2	SFL3	IUCN	CITES	Vedas	Lista roja
Dermophiidae							
<i>Dermophis mexicanus</i>	1	0	2	LC			
Bufonidae							
<i>Rhinella horribilis</i>	8	9	8	-			
<i>Incilius luetkenii</i>	3	0	6	LC			
Craugastoridae							
<i>Craugastor laevisimus</i>	0	0	1	EN			VU
Hylidae							
<i>Smilisca baudinii</i>	9	43	31	LC			
<i>Agalychnis callidryas</i>	89	112	87	LC	II	VPN	
Leptodactylidae							
<i>Engystomops pustulosus</i>	7	6	0	LC			
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	8	19	6	LC			
Microhylidae							
<i>Hypopachus variolosus</i>	6	24	28	LC			

nacional (CICFA, 2018). En otro sentido, la Rana ojos rojos (*Agalychnis callidryas*), el Garrobo Negro (*Ctenosaura similis*), la Iguana Verde (*Iguana rhinolopha*), la Boa (*Boa imperator*) y el Coral Verdadero (*Micrurus nigrocinctus*) se encuentran enlistadas en los apéndices de CITES (CCAD, 2010) y en la categoría de veda parcial nacional (MARENA, 2022), a excepción de *M. nigrocinctus*.

DISCUSIÓN

Las 37 especies reportadas, representan el 14.17% de la herpetofauna más reciente en Nicaragua (Sunyer & Martínez-Fonseca, 2019). En los anfibios (Fig. 5), la familia Bufonidae es considerada como la familia más común en el Pacífico de Nicaragua y presente en todo el país (HerpetoNica, 2015). Entre los reptiles (Figs.6 y 7), la familia Colubridae es la más numerosa en Nicaragua y diversa en tamaño, formas, colores y comportamiento (HerpetoNica, 2015). De acuerdo a la curva de acumulación de especies, ambos estimadores obtuvieron resultados consistentes con los intervalos de confianza ($\geq 90\%$).

Los singletones y doubletones se cruzaron entre sí, lo que sugiere que el muestreo fue representativo para conocer la herpetofauna. Sin embargo, aún podrían encontrarse más especies, debido a que la completitud no fue del 100%.

La variación en las precipitaciones tiende a influir en la movilidad y cotidianidad de la fauna silvestre (Moreno-Rueda & Pizarro, 2009; Milanovich et al., 2006; Hernández et al., 2005) esta influencia es aún más perceptible en la herpetofauna (Huey, et al., 2009; García & Cabrera-Reyes, 2008). En los tres senderos se observó una disminución de individuos en los dos primeros meses de monitoreo, los cuales coinciden con la estación seca e inicio de la temporada de lluvias en Nicaragua. Se reportó un leve aumento en el número de individuos encontrados en el mes de mayo con fluctuación en los meses posteriores. El hecho de que SFL2 presente un comportamiento distinto, podría atribuirse a las características propias de la finca, debido a que es una zona con topografía irregular, por tal motivo este sitio presenta más altura y humedad en comparación con los demás, lo que podría

Table 2. Composition of reptiles and number of individuals per trail studied with their conservation status. SFL: Finca “Las Delicias” Trails 1, 2 and 3. Conservation status: LC: Least Concern, EN: Endangered, VU: Vulnerable. CITES Appendices: II. VPN: National Partial Ban.

Tabla 2. Composición de reptiles y número de individuos por sendero estudiado con su estado de conservación. SFL: Senderos “Finca Las Delicias” 1, 2 y 3. Estado de Conservación: LC: Preocupación menor, EN: En Peligro, VU: Vulnerable. Apéndices CITES: II. VPN: Veda Parcial Nacional.

Especies	Áreas estudiadas			Estado de conservación			
	SFL1	SFL2	SFL3	IUCN	CITES	Vedas	Lista roja
Kinosternidae							
<i>Kinosternon scorpioides</i>	0	1	0	-			
Dactyloidae							
<i>Anolis cupreus</i>	0	4	0	LC			
<i>Anolis biporcatus</i>	23	36	9	LC			
Eublepharidae							
<i>Coleonyx mitratus</i>	1	0	0	LC			
Gekkonidae							
<i>Hemidactylus frenatus</i>	0	21	2	LC			
Phyllodactylidae							
<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>	0	2	0	LC			
Gymnophthalmidae							
<i>Gymnophthalmus speciosus</i>	4	16	8	LC			
Iguanidae							
<i>Ctenosaura similis</i>	4	13	0	LC	II	VPN	
<i>Iguana rhinolopha</i>	6	7	0	LC	II	VPN	
Scincidae							
<i>Marisora brachypoda</i>	2	0	0	LC			
Phrynosomatidae							
<i>Sceloporus variabilis</i>	56	47	17	LC			
Sphaerodactylidae							
<i>Gonatodes albogularis</i>	0	11	11	LC			
Teiidae							
<i>Holcosus undulatus</i>	39	21	47	LC			
Boidae							
<i>Boa imperator</i>	1	3	0	LC	II	VPN	
Colubridae							
<i>Scolecophis atrocinctus</i>	0	2	0	LC			
<i>Stenorrhina freminvillei</i>	3	5	1	LC			
<i>Tantilla vermiformis</i>	0	1	0	LC			

Table 2 (cont.). Composition of reptiles and number of individuals per trail studied with their conservation status. SFL: Finca “Las Delicias” Trails 1, 2 and 3. Conservation status: LC: Least Concern, EN: Endangered, VU: Vulnerable. CITES Appendices: II. VPN: National Partial Ban.

Tabla 2 (cont.). Composición de reptiles y número de individuos por sendero estudiado con su estado de conservación. SFL: Senderos “Finca Las Delicias” 1, 2 y 3. Estado de Conservación: LC: Preocupación menor, EN: En Peligro, VU: Vulnerable. Apéndices CITES: II. VPN: Veda Parcial Nacional.

Especies	Áreas estudiadas			Estado de conservación			
	SFL1	SFL2	SFL3	IUCN	CITES	Vedas	Lista roja
<i>Masticophis mentovarius</i>	1	2	5	LC			
<i>Lampropeltis abnormalis</i>	2	4	0	LC			
<i>Mastigodryas melanolomus</i>	6	1	1	LC			
<i>Senticolis triaspis</i>	2	0	1	LC			
<i>Spilotes pullatus</i>	1	0	4	LC			
<i>Trimorphodon quadruplex</i>	0	2	1	LC			
Dipsadidae							
<i>Imantodes gemmistratus</i>	9	6	2	LC			
<i>Ninia sebae</i>	1	3	2	LC			
<i>Sibon nebulatus</i>	1	5	2	LC			
<i>Leptodeira nigrofasciata</i>	1	1	0	LC			
Elapidae							
<i>Micrurus nigrocinctus</i>	1	3	2	LC	III		

promover un hábitat más idóneo para la herpetofauna, sobre todo para los anfibios (Wilson & McCranie, 2003).

En la estación seca, la presencia de lagartijas terrestres como Piche común (*Sceloporus variabilis*) y Lagartija o Chomba lucia (*Holcosus undulatus*) fue más distintiva, por el contrario, durante la estación lluviosa, los anfibios fueron más representativos, en especial por una sola especie (*A. callidryas*), dichas especies fueron observadas en todos los meses de monitoreo.

El sitio SFL1 fue el segundo con mayor riqueza de especies, sin embargo, su diversidad fue significativamente similar a SFL3 que SFL2, esto, influenciado por registrar mayor abundancia en el microhábitat S.H. (representado en su mayoría por lagartijas). SFL2 fue el sitio que obtuvo mayor riqueza y abundancia, este se vio influenciado por ser el sendero con mayor altura y por albergar, casi de manera exclusiva, las especies del microhábitat ED., asimismo, fue determinante la abundancia de anfibios, principalmente por el microhábitat P.A., y también presentó la mayor abundancia de reptiles en los tres sitios. Este resultado es similar al trabajo de Medina-Fitoria et al. (2020), quienes mencionan que en la parte alta, de su zona de estudio, reportaron

mayor diversidad y mayor número de individuos durante su monitoreo.

El sitio SFL3 fue el que presentó menor riqueza de especies, aun con esto, la abundancia de este sitio fue significativamente similar con SFL1 y en dicho sitio se reportó el único individuo de *C. laevisimus*. Estudios han demostrado que las comunidades de anfibios y reptiles son diferentes de acuerdo a los microhábitats y que existen diferencias causadas por características geográficas a pequeña escala como la hidrología local, topografía, tipos de suelos y repoblaciones (Doan & Arriaga, 2002; Urbina-Cardona et al., 2006; Folt & Reider, 2013), por lo tanto estos espacios son importantes para la herpetofauna (Bentz et al., 2011).

Entre los anfibios, la especie con mayor abundancia relativa (dominancia) en los tres sitios fue *A. callidryas* ($n = 228$), sin tomar en cuenta la abundante cantidad de huevos que se encontraron durante la mayoría de los meses de estudio. La especie menos común, con solo un reporte, fue *C. laevisimus*. En reptiles las especies más abundantes fueron *S. variabilis* ($n = 120$) y *H. undulatus* ($n = 107$). Las especies menos comunes fueron la Tortuga pecho quebrado (*Kinosternon scorpioides*), el

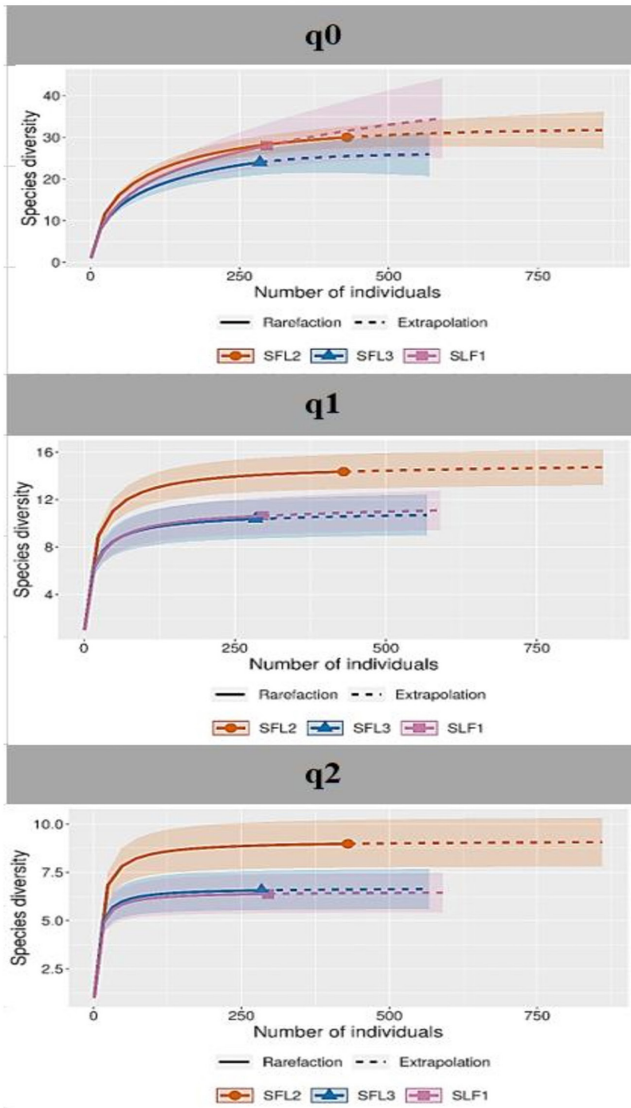


Figure 3 (left). Effective number of species (q0, q1, q2) from the iNEXT. 95% confidence intervals.

Figura 3 (izquierda). Número efectivo de especies (q0, q1, q2) a partir del programa iNEXT. Intervalos de confianza del 95%.

Gecko tigreado (*Coleonyx mitratus*) y la Culebra de tierra (*Tantilla vermiformis*) con un reporte cada una. Las tres especies más abundantes, representaron el 33.9% del total de individuos durante el estudio.

P.A. representó el microhábitat con mayor abundancia, principalmente por anfibios que cohabitan en estos espacios producto de la intervención humana. Al contrario, S.H. fue uno de los microhábitats más distintivos debido a que estos espacios son abiertos y favorecen la presencia de reptiles (lagartijas y ciertas serpientes), las cuales buscan espacios más cálidos con el fin de regular su temperatura corporal (Smith & Ballinger, 2001), por ser animales ectodérmicos (Huey, 1982), dicho microhábitat fue representado principalmente por lagartijas y concurda con Salgado & Páiz (2004) como el microhábitat de mayor abundancia para reptiles en la cuenca sur de Managua.

El microhábitat C.A. fue el menos representativo, posiblemente porque son agroecosistemas, que a pesar de que el café bajo sombra permite un dosel (Moraga et al., 2011; Guido et al., 2008), éste no fue significativo para la presencia de la herpetofauna, además de la presencia de trabajadores de

Figure 4 (below). Microhabitats per studied trail. S.H.: Soil/leaves, P.A.: Water pools, SO: Understory (natural), R.T.: Rock and/or Log, CA: Coffee plantations and ED: Buildings

Figura 4 (abajo). Microhábitats por sendero estudiado. S.H.: Suelo/hojarasca, P.A.: Piletas de Agua, SO.: Sotobosque (natural), R.T.: Roca y/o Tronco, CA.: Cafetales y ED: Edificaciones

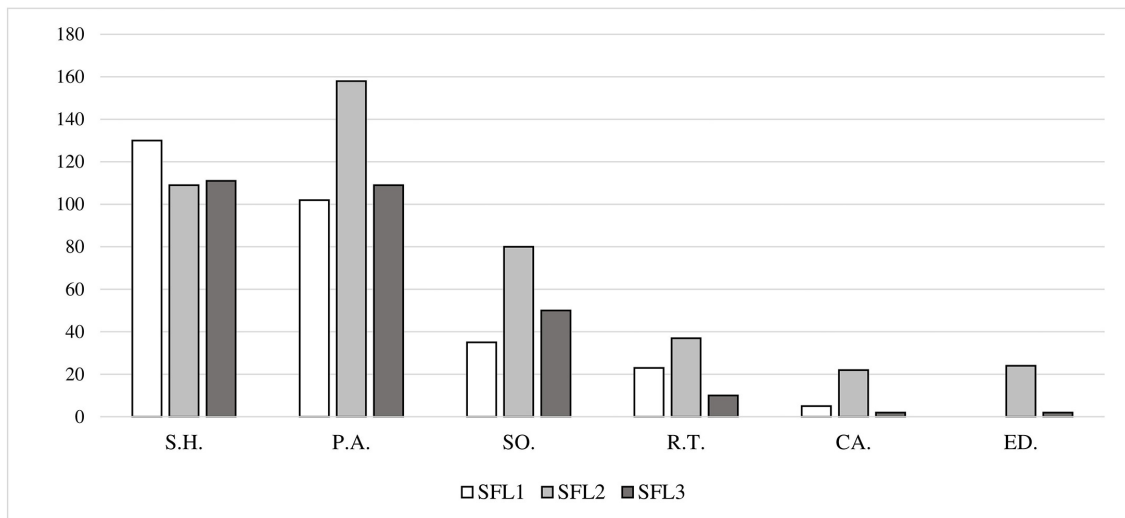




Figure 5. Amphibians observed in the Finca "Las Delicias" located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Dermophis mexicanus*, B) *Rhinella horribilis*, C) *Incilius luetkenii*, D) *Craugastor laevisimus*, E) *Agalychnis callidryas*, F) *Agalychnis callidryas* eggs G) *Smilisca baudinii*, H) *Leptodactylus melanonotus*, I) *Engysptomops pustulosus*, and J) *Hypopachus variolosus*.

Figura 5. Anfibios observados en la Finca "Las Delicias" ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Dermophis mexicanus*, B) *Rhinella horribilis*, C) *Incilius luetkenii*, D) *Craugastor laevisimus*, E) *Agalychnis callidryas*, F) huevos de *Agalychnis callidryas* G) *Smilisca baudinii*, H) *Leptodactylus melanonotus*, I) *Engysptomops pustulosus*, y J) *Hypopachus variolosus*.

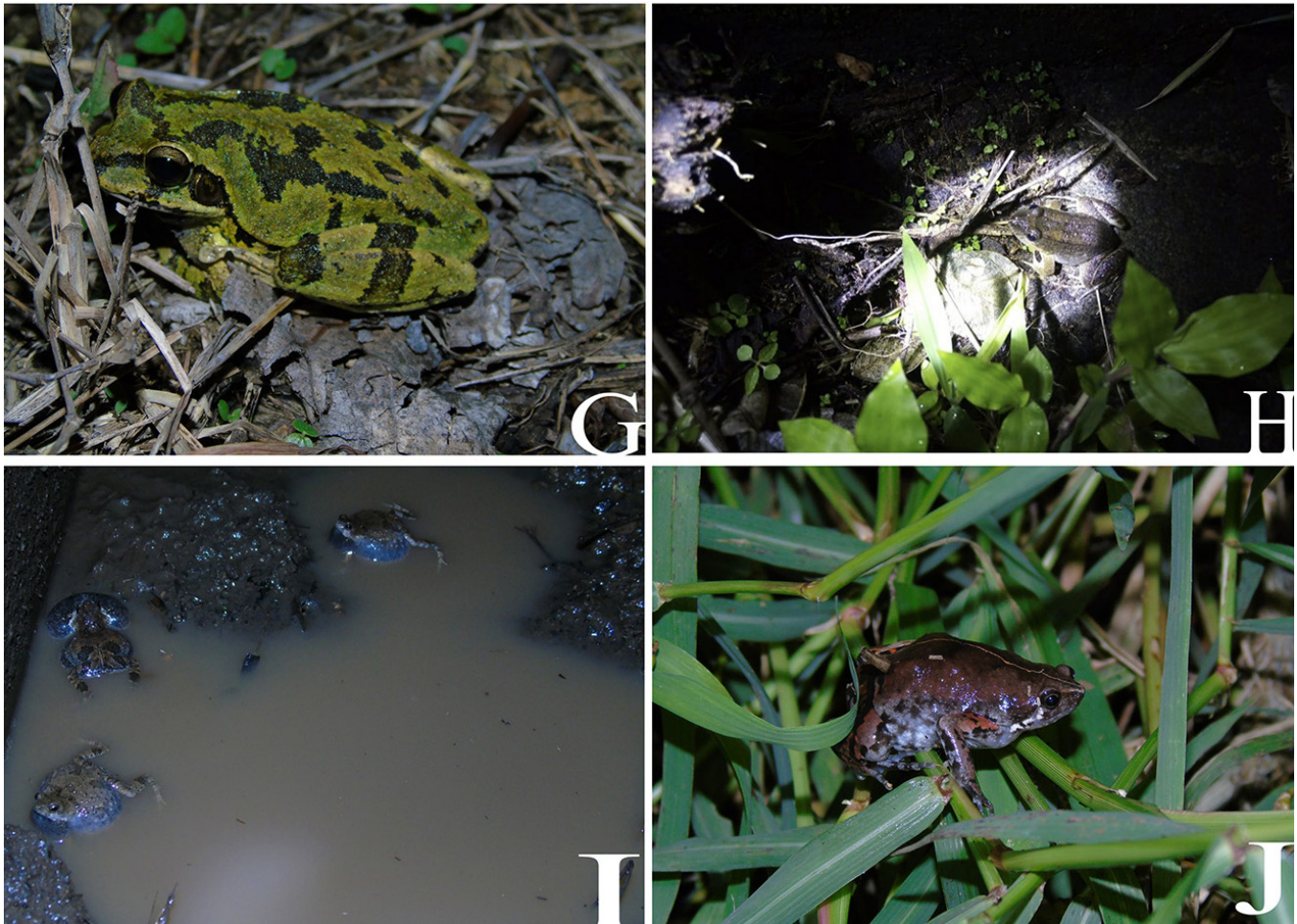


Figure 5 (cont.). Amphibians observed in the Finca “Las Delicias” located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Dermophis mexicanus*, B) *Rhinella horribilis*, C) *Incilius luetkenii*, D) *Craugastor laevisissimus*, E) *Agalychnis callidryas*, F) *Agalychnis callidryas* eggs G) *Smilisca baudinii*, H) *Leptodactylus melanonotus*, I) *Engysptomops pustulosus*, and J) *Hypopachus variolosus*.

Figura 5 (cont.). Anfibios observados en la Finca “Las Delicias” ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Dermophis mexicanus*, B) *Rhinella horribilis*, C) *Incilius luetkenii*, D) *Craugastor laevisissimus*, E) *Agalychnis callidryas*, F) huevos de *Agalychnis callidryas* G) *Smilisca baudinii*, H) *Leptodactylus melanonotus*, I) *Engysptomops pustulosus*, y J) *Hypopachus variolosus*.

manera constante y la falta de conectividad entre los cafetos y remanentes de bosques. Las únicas excepciones fueron: la Culebra Hilo (*Imantodes gemmistratus*), el Cherepo verde (*Anolis biporcatus*) y *A. callidryas*, las cuales se reportaron en algunos cafetos contiguos a piletas de aguas o cercanos a lianas y otras coberturas boscosas a fines. En cambio, ED obtuvo una baja presencia de individuos debido a que es un microhábitat en donde interviene con frecuencia el ser humano. El Chiston o Salamanesca (*Hemidactylus frenatus*) fue el más común, seguido de reportes aislados de algunas serpientes como *B. imperator* y el Falso coral (*Leptodeira nigrofasciata*), cabe destacar que la finca presta las condiciones para el ecoturismo con grupos considerables de personas y estructuras como habitaciones,

ranchos y pasillos, por lo tanto, era de esperar, poca actividad de la herpetofauna en este microhábitat.

En la Reserva Natural “Chocoyero – El Brujo” a 4.4 km de distancia, Salgado & Páiz (2004) reportaron 39 especies, lo que significa un aumento de dos especies en comparación con este estudio, así mismo, registraron mayores datos de riqueza en reptiles que anfibios. No obstante, a diferencia de lo mencionado por estos autores, reportamos mayor abundancia de anfibios que reptiles, esto puede explicarse a la diferente configuración climática de ambos sitios, debido que la finca presenta una zona más húmeda (CCN - FUNDENIC, 2014). Los resultados obtenidos en la mayoría de los microhábitats no fueron

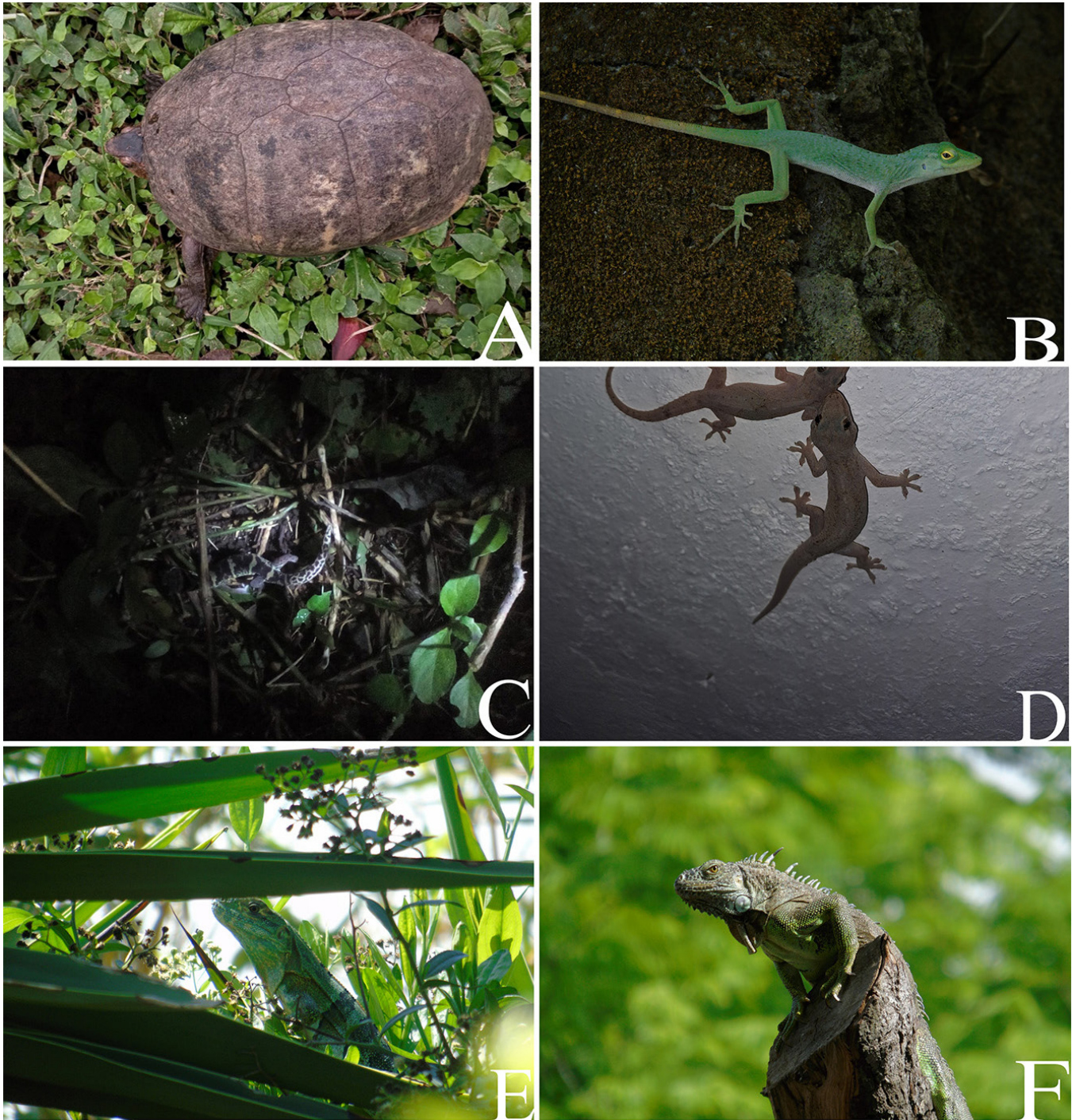


Figure 6. Lizards and turtles observed in the Finca “Las Delicias” located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Kinosternon scorpioides*, B) *Anolis biporcatus*, C) *Coleonyx mitratus*, D) *Hemidactylus frenatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Iguana rhinolopha*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Sceloporus variabilis*, I) *Gonatodes albagularis*, and J) *Holcosus undultus*.

Figura 6. Lagartijas y tortugas observadas en la Finca “Las Delicias” ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Kinosternon scorpioides*, B) *Anolis biporcatus*, C) *Coleonyx mitratus*, D) *Hemidactylus frenatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Iguana rhinolopha*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Sceloporus variabilis*, I) *Gonatodes albagularis*, y J) *Holcosus undultus*.



Figure 6 (cont.). Lizards and turtles observed in the Finca “Las Delicias” located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Kinosternon scorpioides*, B) *Anolis biporcatus*, C) *Coleonyx mitratus*, D) *Hemidactylus frenatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Iguana rhinolopha*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Sceloporus variabilis*, I) *Gonatodes albagularis*, and J) *Holcosus undultus*.

Figura 6 (cont.). Lagartijas y tortugas observadas en la Finca “Las Delicias” ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Kinosternon scorpioides*, B) *Anolis biporcatus*, C) *Coleonyx mitratus*, D) *Hemidactylus frenatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Iguana rhinolopha*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Sceloporus variabilis*, I) *Gonatodes albagularis*, y J) *Holcosus undultus*.

similares, debido a la influencia positiva (Piletas con agua) y negativa (mayor actividad) del ser humano en la finca de estudio. En “Habitarde – El Bajo” a 4.41 km, Medina-Fitoria et al. (2020) reportaron 50 especies, lo que significa un aumento del 25% de especies e indican que los anfibios fueron los más abundantes y *H. undulatus* fue el reptil más abundante.

Respecto a la conservación de especies; según reportes recientes las poblaciones de *C. laevisimus* están decreciendo (IUCN, 2023), y *A. callidryas* se incluye en los apéndices de CITES (CCAD, 2010) y en veda parcial nacional (MARENA, 2022), debido al comercio internacional de dicha especie. Ambos anfibios presentan amenazas por la pérdida de hábitat, cambio de uso de suelo y la presencia de especies y enfermedades invasivas

(IUCN, 2022). En cambio, *B. imperator* se encuentra amenazada por ser comercializada como mascota exótica, por uso de su piel en prendas de vestir y como animal de consumo (IUCN, 2023).

Micrurus nigrocinctus se ve en constante asedio al igual que otras especies venenosas por los temores infundados en las personas (Sánchez-Paniagua et al., 2017). Finalmente, *I. rhinolopha* y *C. similis* se encuentran amenazadas por la caza indiscriminada de individuos para consumo humano (IUCN, 2022).

Al igual que las especies en algún grado de amenaza, las especies con distribución endémica regional, deberían tener prioridad de conservación. El único anfibio con distribución restringida es *C. laevisimus* con distribución binacional entre



Figure 7. Snakes observed in the Finca "Las Delicias" located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Boa imperator*, B) *Tantilla vermiformis*, C) *Lampropeltis abnorma*, D) *Mastigodryas melanolomus*, E) *Imantodes gemmistratus*, F) *Ninia sebae*, G) *Sibon nebulatus*, H) *Geophis satorii*, I) *Micrurus nigrocinctus*.

Figura 7. Serpientes observadas en la Finca "Las Delicias" ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Boa imperator*, B) *Tantilla vermiformis*, C) *Lampropeltis abnorma*, D) *Mastigodryas melanolomus*, E) *Imantodes gemmistratus*, F) *Ninia sebae*, G) *Sibon nebulatus*, H) *Geophis satorii*, I) *Micrurus nigrocinctus*.

Nicaragua y Honduras (Lovich, et al., 2010; Mata-Silva et al., 2019). Las demás especies con distribución restringida en la región Centroamérica, corresponde a reptiles: *Anolis cupreus*,

Scolecophis atrocinctus, *Trimorphodon quadruplex*, *C. mitratus* y *T. vermiformis* (Savage, 2002; Wilson & Williams, 2002; Chaves et al., 2013; Leenders, 2019; Mata-Silva et al., 2019).

Es imperativo aumentar esfuerzos para el estudio, conservación y promoción de estas especies. Actividades como la inclusión en las políticas públicas y la educación ambiental podrían favorecer la conservación de estos anfibios y reptiles en la parte alta de la cuenca sur de Managua, asimismo hacemos énfasis en que se debería de contemplar actividades de investigación y conservación puntuales para *C. laevisimus*.

La percepción carismática de algunas especies puede influir en el estudio y conocimiento de ciertos anfibios (Guerra et al., 2018), tal es el caso de la familia Hylidae (Rivera-Correa et al., 2021). En este sentido, se propone *A. callidryas* como especie bandera en la parte alta de la cuenca sur de Managua, la cual ha sido acogida en Costa Rica y Panamá como especie bandera para la protección de la biodiversidad (De la Cruz, 2004; Fallas, 2016), además, su abundancia en la zona permitirá impulsar el turismo ecológico en la finca y zonas aledañas.

En otro sentido, Nicaragua no está exenta a las externalidades como la presencia de especies exóticas, en México y Centroamérica se han contabilizado 24 especies, reportándose seis en el país (González-Sánchez et al., 2021). De las cuales, solo documentamos la presencia de *H. frenatus*.

Por último, de acuerdo a nuestro análisis documental, indicamos algunas especies, mencionadas previamente en la finca por Gaitán et al. (2005), como *Craugastor cerasinus*, *Drymarchon melanurus*, *Rhinoclemmys pulcherrima*, *Mesoscincus managuae*, *Agkistrodon howardgloydi* y *Crotalus simus*, las primeras dos especies señaladas, fueron anteriormente reportadas en la Reserva Natural “Chocoyero - El Brujo” (Salgado & Páiz, 2004), de la misma manera, en “Habitarde – El Bajo” han sido reportadas las siguientes cuatro especies (Medina-Fitoria et al., 2020). No obstante, ninguna de estas fue divisada en la finca, algunas de éstas potencialmente pudieron desaparecer del sitio (p. ej. *A. howardgloydi* y *C. simus*).

CONCLUSIÓN

Las 37 especies reportadas constituyen una séptima parte de la herpetofauna del país, la riqueza de especies fue mayor en reptiles que anfibios; sin embargo, estos últimos, fueron más abundantes, principalmente por una especie que fue la más dominante (*A. callidryas*), siendo la parte alta de la cuenca sur de Managua uno de los sitios con mayor abundancia de esta especie en el pacífico de Nicaragua.

SFL2 presentó mayor número efectivo de especies (q0, q1, q2), al contrario, SFL1 y SFL3 presentaron resultados similares

pero más bajos en comparación a SFL2. La composición de especies fue diferente en cada sitio en función a factores como la topografía, microhábitats y la presencia humana. Los resultados sugieren que es importante conservar los sitios con mayor altura y los microhábitats: Piletas con Agua y Suelo/Hojarasca.

Finalmente, la zona es relevante para la conservación de anfibios y reptiles que se encuentran en peligro de extinción y otros que son especies endémicas en la región, por lo tanto, se insta en promover mecanismos que favorezcan la conservación de la herpetofauna, tomando en cuenta los aspectos sociales, ambientales y económicos de la zona.

Agradecimientos.— Este estudio fue financiado por fondos propios de los autores, se agradece el apoyo y las contribuciones realizadas por los colaboradores de Finca las Delicias.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, A.A., M. Lampo & R. Cipriani. 2016. The cane or marine toad, *Rhinella marina* (Anura, Bufonidae): two genetically and morphologically distinct species. *Zootaxa* 4103:574-586.
- ALMA (Alcaldía de Managua). 2018. Mapa de Uso de Suelo Proyectado para el Municipio de Managua. <https://urbanismo.managua.gob.ni/wp-content/uploads/2020/10/Mapa-de-Zonificacion-y-Uso-de-Suelo-4.pdf> Nicaragua. [Consultado en enero 2023].
- Bentz, E.J., M. Rodríguez, R.R. John, R.W. Henderson & R. Powell. 2011. Population densities, activity, microhabitats, and thermal biology of a unique crevice- and litter-dwelling assemblage of reptiles on union island, st. vincent and the grenadines. *Herpetological Conservation and Biology* 6:40-50.
- Breuil, M., D. Schikorski, B. Vuillaume, U. Krauss, J.C. Daltry, G. Gaymes, J. Gaymes, O. Lepais, N. Bech, M. Jelić, T. Becking & F. Grandjean. 2022. *Iguana insularis* (Iguanidae) from the southern Lesser Antilles: an endemic lineage endangered by hybridization. *ZooKeys* 1086:137-161.
- Böhm, M., B. Collen, J.E. Baillie, P. Bowles, J. Chanson, N. Cox, G. Hammerson, M. Hoffmann, S.R. Livingstone, M. Ram, A.G. Rhodin, S.N. Stuart, P.P. Van Dijk, B.E. Young, L.E. Afuang, A. Aghasyan, A. Garcia, C. Aguilar, R. Ajtic & G. Zug. 2013. The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation* 157:372-385.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo). 2010. Listados Actualizados de las Especies de Fauna y Flora. Incluidas

- en los Apéndices de la CITES, distribuidas en Centroamérica y República Dominicana. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
- CCN - FUNDENIC (Compañía Cervecera de Nicaragua - Fundación Nicaraguense para el Desarrollo Sostenible). 2014. Plan de manejo de la finca las Delicias. Programa Compensación de la Huella Hídrica de Compañía Cervecera de Nicaragua. FUNDENIC-SOS. Nicaragua.
- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11:265-270.
- Chao, A., K.H. Ma & T.C. Hsieh. 2016. iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation for Species Diversity. http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/ [Consultado en diciembre 2023].
- Chaves, G., L.W. Porras & A. Solórzano. 2013. *Coleonyx mitratus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013. e.T203047A2759368. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T203047A2759368.en> [Consultado en agosto 2023].
- CICFA (Centro de Investigación y Capacitación y Formación Ambiental). 2018. Lista Roja 2da Edición. Especies vertebradas en riesgo de extinción de Nicaragua. Nicaragua.
- Collins, J.P. & A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9:89-98.
- Colwell, R.K., D.T. Margarita & B.V. Romero. 2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1 <http://purl.oclc.org/estimates>
- Colwell, R. & J. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through exploration. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B)* 345:101-118.
- De la Cruz, R. 2004. Valoración Económica de la Actividad Recreativa del Parque Natural Metropolitano, con el Método de Costo de Viaje. Tesis de Maestría. Universidad de Panamá. Panamá.
- Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder & G. Ledec. 1995. A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank. Washington, USA.
- Doan, T. M. & W. A. Arriaga. 2002. Microgeographic variation in species composition of the herpetofaunal communities of Tambopata region, Peru. *Biotropica* 34:101-117.
- Fallas, M. 2016. Capacidad de Carga Turística (CCT) para los Senderos más Transitados en el Centro Biológico Las Quebradas en Pérez Zeledón, San José, Costa Rica. Tesis de Maestría. Área Académica Agroforestal. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
- Folt, B., & K. E. Reider. 2013. Leaf-litter herpetofaunal richness, abundance, and community assembly in mono-dominant plantations and primary forest of northeastern Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 22:2057-2070.
- Fonseca, L.I. 2023. Avifauna en la parte alta de la cuenca sur de Managua: una mirada hacia su gestión. *Revista Nicaraguense de Biodiversidad* 9:1-41.
- Gaitán, O., I. Duarte, A. Gómez, H. Salgado, S. Vilchez, & M. Arana. 2005. Evaluación Ecológica Rápida en Finca Las Delicias, Municipio de El Crucero. Nicaragua.
- García, A. & A. Cabrera-Reyes. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta zoológica Mexicana* 24:91-115.
- Girard, G. & B. Van Wyk de Vries. 2005. The Managua Graben and Las Sierras-Masaya volcanic complex (Nicaragua); pull-apart localization by an intrusive complex: results from analogue modeling. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 144:37-57.
- González-Sánchez, V.H., J.D. Johnson, D. González-Solís, L.A. Fucsko & L.D. Wilson. 2021. A review of the introduced herpetofauna of México and Central America, with comments on the effects of invasive species and biosecurity methodology. *ZooKeys* 1022:79-154.
- Guerra, V., D. Llusia, P.G. Gambale, A.R. Morais, R. Márquez & R.P. Bastos. 2018. The advertisement calls of Brazilian anurans: historical review, current knowledge and future directions. *PLoS ONE* 13:e0191691
- Gunther, A.C.L.G. 1902. *Biologia Centrali-Americana. Reptilia and Batrachia (1885-1902)*. London, Inglaterra.
- Guido I., C. Rodríguez & J. Sancho. 2008. Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación



- de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón, 2003. *Revista Pensamiento Actual*, Universidad de Costa Rica 8:74-81.
- Hernández, F., F. Hernández, J.A. Arredondo, F.C. Bryant, L.A. Brennan & R.L. Bingham. 2005. Influence of precipitation on demographics of northern bobwhites in southern Texas. *Wildlife Society Bulletin* 33:1071-1079.
- HerpetoNica. 2015. *Guía Ilustrada de los Anfibios y Reptiles de Nicaragua*. MARENA. Nicaragua.
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington DC, USA.
- Hill, M. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427-432.
- Holdridge, L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). San José, Costa Rica.
- Huey, R.B., C.A. Deustsch, J.J. Tewksbury, L.J. Vitt, P.E. Hertz, H.J. Alvarez-Perez & T. Garland. 2009. Why tropical forest lizard are vulnerable to climate warming? *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences* 276:1939-1948.
- Huey, R.B., 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. In Gans, C., Pough, F.H. (Eds.), *Biology of the Reptilia*, Vol. 12. Academic Press, New York, pp. 25-74.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Autoridad Nacional del Agua, Universidad Nacional de Ingeniería, & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit: Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento. 2014. *Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter*. Nicaragua.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2022. The IUCN red list of threatened species. Versión 2022-2. <http://www.iucnredlist.org/> [Consultado en diciembre 2022].
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2023. The IUCN red list of threatened species. Versión 2023-2. <http://www.iucnredlist.org/> [Consultado en febrero 2023].
- Jadin, R.C., C. Blair, S.A. Orlofske, M.J. Jowers, G.A. Rivas, L.J. Vitt, J.M. Ray, E.N. Smith & J.C. Murphy. 2020. Not withering on the evolutionary vine: Systematic revision of the Brown Vine Snake (Reptilian: Squamata: *Oxybelis*) from its northern distribution. *Organisms Diversity and Evolution* 20:723-746.
- Jiménez-Valverde A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8:151-161.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Koch, C., A. Martins & S. Schweiger. 2019. A century of waiting: Description of a new *Epictia* Gray, 1845 (Serpentes: Leptotyphlopidae) based on specimens housed for more than 100 years in the collection of the Natural History Museum Vienna (NMW). *PeerJ* 7:1-37.
- Köhler, G. 2001. *Anfibios y Reptiles de Nicaragua*. Herpeton. Offenbach, Alemania.
- Köhler, G. 2003. *Reptiles of Central America*. Herpeton. Offenbach, Alemania.
- Leenders, T. 2017. *Amphibians of Costa Rica. A field Guide. A zonal Tropical Publications*. Costa Rica.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica. A field Guide. A zonal Tropical Publications*. Costa Rica.
- Lovich, R.E., T. Akre, M.J. Ryan, S. Nuñez, G. Cruz, G. Borjas, N.J. Scott, S. Flores, W. Del Cid, A. Flores, C. Rodriguez, I.R. Luque-Montes & R. Ford. 2010. New Herpetofaunal records from southern Honduras. *Herpetological Review* 41:112-115.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales). 1999. *Biodiversidad En Nicaragua - Un estudio país*. MARENA. Managua, Nicaragua.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales). 2022. *Actualización del sistema de vedas*. La Gaceta, Nicaragua.
- Mata-Silva V., D. De Santis, E. García-Padilla, D.J. Johnson & L. Wilson. 2019. The endemic herpetofauna of Central America: A casualty of anthropocentrism. *Amphibian & Reptile Conservation* 13:3-64.



- McCranie, J.R., J. Sunyer & J.M. Fonseca. 2019. Comments and updates to “Guía Ilustrada de Anfibios y Reptiles de Nicaragua” along with taxonomic and related suggestions associated with the herpetofauna of Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Biodiversidad* 52:1-44.
- McDiarmid, R.W., M.S. Foster, C. Guyer, J.W. Gibbons & N. Chernoff. 2012. *Reptiles Biodiversity: Standard Methods for Inventory and Monitoring*. University of California Press, USA.
- Medina-Fitoria, A., J. M. Maes, B. Walsh, I. Coronado, S. Morales, M. Salazar, B. Hernández & O. Guerreo. 2020. Diversidad Biológica de la Reserva Ecológica El Bajo. Nicaragua.
- Meza-Lázaro, R.N. & A. Nieto-Montes de Oca. 2015. Long forsaken species diversity in the Middle American lizard *Holcosus undulatus* (Teiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 175:189-210
- Milanovich, J.R., S.E. Trauth, D.A. Saugey & R.R. Jordan. 2006. Fecundity, reproductive ecology, and influence of precipitation on clutch size in the western slimy salamander (*Plethodon albagula*). *Herpetologica* 62:292-301.
- Mittermeier, R., W. Turner, F. Larsen, T. Brooks, & C. Gascon. 2011. *Global Biodiversity Conservation: the Critical Role of Hotspots*. Biodiversity hotspots. Springer. New York, USA.
- Moraga, P., R. Bolaños, M. Pilz, R. Munguía, A. Jürguen, M. Barrios, J. Hagger & W. Gamboa. 2011. Árboles de sombra e intensidad del cultivo afectan el rendimiento de café (*Coffea arabica* L.) y la valoración ecológica en Masatepe, Nicaragua. *La Calera* 11:41-47
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para Medir la Biodiversidad*. Zaragoza: M&T – Manuales y Tesis SEA. Madrid, España.
- Moreno-Rueda, G. & M. Pizarro. 2009. Relative influence of habitat heterogeneity, climate, human disturbance, and spatial structure on vertebrate species richness in Spain. *Ecological Research* 24:335-344.
- Otzen, T. & C. Manterola. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* 35:227-232.
- Pérez, M., A. Meyrat, J. Zolotoff, O. Saldaña, A. Medina, G. A. Ruiz & M. Sotelo. 2013. Conservation of endemic species in the national system of protected areas from Nicaragua. *UNED Research Journal* 5:271-278.
- Porrás-Velázquez, G. A. 2017. *Diplomado en Análisis de Información Geoespacial (Tipos de muestreo)*. Centro de Investigación en Geografía y Geomática, México.
- Rivera-Correa, M., A. M Ospina-L, M. Rojas-Montoya, K. Venegas-Valencia, L. A. Rueda-Solano, P. D. A. Gutiérrez-Cárdenas & F. Vargas-Salinas. 2021. Cantos de las ranas y los sapos de Colombia: Estado actual del conocimiento y perspectivas de investigación en ecoacústica. *Neotropical Biodiversity* 7:350-363.
- Salgado, H.R. & G.J. Páiz. 2004. Diversidad de la Herpetofauna en la Reserva Natural Chocoyero, El Brujo- Ticuantepe, Managua. *Revista Encuentro* 69:25-32
- Sánchez-Paniagua, K., K. González-Villalobos & J.G. Abarca. 2017. Percepción social y encuentros con serpientes en Costa Rica: un análisis a través de la red social Facebook. *Revista de Ciencias Ambientales* 52:190-208
- Spangler, M. 2015. *Conservation of a Neotropical Herpetofauna: An Introduction to the Crisis of Amphibians and Reptiles in Central America and Beyond*. F. Huettmann (Ed.), Central American Biodiversity. Springer. New York, USA.
- Savage J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: a Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Smith, G. R., & R. E. Ballinger. 2001. The ecological consequences of habitat and microhabitat use in lizards: a review. *Contemporary Herpetology*. 3:1-28.
- Sunyer, J. 2014. An updated checklist of the amphibians and reptiles of Nicaragua. *Mesoamerican Herpetology* 1:186-202.
- Sunyer, J., K.E Nicholson, J.G. Phillips, J.A. Gubler & L.A. Obando. 2013. Lizards (Reptilia: Squamata) of the Corn Islands, Caribbean Nicaragua. *Check List* 9:1383-1390.
- Sunyer J. & J. Martínez-Fonseca. 2019. Fichas de las especies de anfibios y reptiles que han sido registradas para Nicaragua posterior a HerpetoNica (2015). *Revista de Temas Nicaragüenses* 139:36-62.
- Urbina-Cardona, J.N., M. Olivares-Pérez & V.H. Reynoso. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge-interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 132:61-75.



- Velásquez, G., I. Alcántara-Ayala, J.R. Hernández-Santana, & R.J. Garnica-Peña. 2014. La zonificación morfotectónica-volcánica en el análisis morfoestructural del relieve: el caso del municipio de Managua, Nicaragua. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 87:118-140.
- Walther, B.A. & J.L. Moore. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator abundance. *Ecography* 28:815-829.
- Wilson, L.D. & K.L. Williams. 2002. *Scolecophis, S. atrocinctus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 758:1-3.
- Wilson, L.D. & J. McCraime. 2003. The herpetofauna of the Cloud forest in Honduras. *Amphibian & Reptile Conservation* 3:34-48
- Zimmerman, B.L. 1994. Audio strip transects. In Heyer, W.R., A.M., Donnelly, R.W., McDiarmid, L.C. Hayek, & M.S. Foster (Eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington and London, Inglaterra.

