



# El Colegio de la Frontera Sur

Talla, condición corporal y complejidad trófica de  
*Trachycephalus typhonius* en un paisaje fragmentado en el  
sur de Quintana Roo, México

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de Maestría en  
Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por:

**Raymundo Mineros Ramírez**

2016

A mis padres

A mi hermana

Y especialmente, a quienes se interesan en el estudio de los anfibios...

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas, instituciones y dependencias que colaboraron directa o indirectamente en la realización de esta investigación.

A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y la Universidad de Quintana Roo (UQROO) por el financiamiento y facilidades logísticas otorgadas para la realización del trabajo de campo y de laboratorio.

A José Rogelio Cedeño Vázquez por su ayuda incondicional escolar y extraescolar, durante y previo a la realización de esta investigación y por el apoyo recibido en mi adaptación y llegada al estado de Quintana Roo.

A José Rogelio Cedeño Vázquez, Ma. Magdalena Vázquez González y David González Solís, por su asesoría durante la investigación y por brindar el apoyo económico y moral durante la realización de este trabajo.

A Pablo M. Beutelspacher García por su colaboración como guía de campo en los muestreos.

A Mónica Cristina Rodríguez Salas por su colaboración en el análisis del contenido estomacal y su invaluable ayuda en las salidas a campo.

A Glendi Y. Vázquez Cetina por su colaboración en el procesamiento de muestras en laboratorio.

A Christian Martín García Balderas, Dulce Mariel Noriega Flores, Glendi Y. Vázquez Cetina y Penélope Ruth Téllez Rodríguez por su ayuda en las salidas de campo.

A Pablo Roberto Salazar Gómez y a la comunidad Menonita del ejido Nuevo Salamanca por brindar el permiso y las facilidades para realizar parte del trabajo de campo en sus predios.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1	
CAPÍTULO II. PUBLICACIÓN		
Talla, condición corporal y complejidad trófica de la rana lechera <i>Trachycephalus typhonius</i> (Anura: Hylidae) en un paisaje antropizado en el sureste de México .....		4
MATERIALES Y MÉTODOS .....	7	
ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	10	
RESULTADOS .....	12	
DISCUSIÓN .....	14	
REFERENCIAS.....	20	
CUADROS Y FIGURAS .....	26	
CAPÍTULO III. CONCLUSIONES.....		32
LITERATURA CITADA.....	34	

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En los años 90's, comenzaron los informes acerca de la disminución y extinción acelerada aceleradas en grupos de anfibios (Young et al., 2004). Posteriormente, se advirtió que la pérdida del hábitat es una de las principales amenazas y agentes causales de la reducción de sus poblaciones o la desaparición de algunas especies (Stuart et al., 2004; Young et al., 2004). Del total de especies de anfibios conocidas (5743), cerca del 32% están clasificadas como "amenazadas", y 7.4% (427 especies) están críticamente amenazados (Stuart et al., 2004). Además de la pérdida de hábitat, otros factores potencian la amenaza para este grupo, tales como las enfermedades fúngicas, plaguicidas, cambio climático y comercio ilegal (Stuart et al., 2004; Young et al., 2004; Brühl et al., 2013). En lo concerniente a la transformación y alteración del hábitat, la cercanía a carreteras o áreas urbanas incrementa la mortalidad, además de ser barreras entre los cuerpos de agua y los bosques, lo que impide el acceso a los sitios de reproducción (Dodd y Smith, 2003).

La perturbación del hábitat provocada por actividades antropogénicas afecta puede reducir o incrementar la biodiversidad, afectando la estructura y función de los ecosistemas (Morris, 2010) ya que se crean gradientes en las variables ambientales como consecuencia de la alteración en la cobertura del dosel, distancia a cuerpos de agua, densidad de plantas leñosas, grosor de la capa de hojarasca y la temperatura del microhábitat, afectan la estructura y composición de los ensambles (Pearman 1997; Urbina-Cardona et al., 2006; Cortés-Gómez et al., 2013). En ambientes fragmentados, la dinámica y estructura de la vegetación se ven afectadas por el incremento del efecto de borde, donde se incrementa la luminosidad, temperatura, así como la incidencia del viento (Murcia 1995; Laurance, 1997; Laurance et al., 1998), afectando la calidad del hábitat.

Como consecuencia de las alteraciones microclimáticas, los efectos ecológicos derivados del cambio en el uso de suelo no se limitan al nivel de comunidades, ya que pueden afectar a nivel poblacional e individual, repercutiendo en gastos metabólicos, condición corporal, cambios en la dieta, talla, peso, disponibilidad de presas y supervivencia, con lo cual se afectan las poblaciones en el largo plazo (Lauck, 2006; Delgado & Restrepo,

2008; Menin, 2015). En este sentido, cambios en la talla y la condición corporal de anfibios se han propuesto como indicadores del deterioro ambiental, en respuesta a las transformaciones del hábitat y como medidas indirectas de salud individual o poblacional en anfibios (Neckel-Oliveira & Gascón, 2006; Lauck, 2006; Delgado-Acevedo & Restrepo, 2008; MacCracken & Stebbings, 2012. Matías & Escalante, 2015).

En México, la vegetación primaria de las selvas húmedas ha desaparecido a un ritmo acelerado, al pasar de 7.9 a 4.4 millones de hectáreas de 1970 a 2002, como consecuencia de cambios en el uso de suelo por actividades antropogénicas (Sánchez et al., 2009). A pesar de ello, el estado de Quintana Roo conserva una alta riqueza de especies de anfibios (Lee, 1996; Köhler, 2011; Cedeño-Vázquez et al., 2014), siendo la familia Hylidae la mejor representada, con nueve especies. Esta familia se encuentra entre las más amenazadas por la pérdida y perturbación de la cobertura boscosa nativa (Stuart et al., 2004), dado que están estrechamente asociados a la vida arborícola (Lee, 1996). Sin embargo, algunos anuros pertenecientes a esta familia suelen adaptarse a ambientes perturbados debido a sus características morfológicas y biológicas, lo que les hace tener amplia plasticidad trófica (López et al., 2015), en contraste con anfibios pertenecientes a otras familias de menor tamaño y menor longitud de la comisura de la boca y de hábitos terrestres o fosoriales (ej. Microhylidae) (Parmelee, 1999). Debido a la plasticidad trófica, que se consideren generalistas en su dieta y hábitos arborícolas, el análisis del contenido estomacal será un buen indicador de la complejidad de la red trófica en el estrato arbóreo de la selva.

La rana lechera (*Trachycephalus typhonius*) es un hílido ampliamente distribuido en el Neotrópico, y se le puede encontrar, tanto en ambientes con diferente grado de perturbación (ej. cultivos y árboles nativos inmersos en pastizales), como en el interior de grandes extensiones de selvas conservadas (La Marca et al., 2010). El hecho de que esta especie tenga amplia distribución geográfica, habite una gran diversidad de coberturas vegetales naturales y antropogénicas y sea abundante en la mayoría de sitios donde habita nos habla de la plasticidad y alta capacidad de adaptación de la especie ante perturbaciones y disturbios. En este trabajo, se evaluaron los cambios en la talla, condición corporal y dieta en una población de *T. typhonius* entre cuatro tipos de

cobertura de suelo con diferente cobertura del dosel y diferente grado de perturbación en el sur de Quintana Roo, México. Para ello, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: (1) ¿Cómo varía la relación talla y condición corporal de los individuos entre, temporadas climáticas del año y sexo-estadios?, (2) ¿En qué medida, la variación en la talla y condición corporal, puede ser explicada por las diferencias en las variables del paisaje?, (3) ¿Cómo varía la composición y diversidad de la dieta consumida entre coberturas, temporadas climáticas y sexo-estadios? y (4) ¿Cómo varía la estructuración de las redes tróficas entre coberturas, temporadas climáticas y sexo-estadios?.

La hipótesis del estudio supone que los cambios de uso de suelo afectan la talla y condición corporal de *T. typhoni*, así como la complejidad trófica del hábitat. Por lo tanto, se espera encontrar valores más bajos en la talla y la condición corporal en las coberturas más perturbadas con menor estructura vegetal y menor cobertura del dosel, así como redes tróficas menos complejas

## CAPÍTULO II. PUBLICACIÓN ENVIADA

1 **Talla, condición corporal y complejidad trófica de la rana lechera *Trachycephalus***  
2 ***typhonius* (Anura: Hylidae) en un paisaje antropizado en el sureste de México**

3 **Size, body condition and trophic complexity of the Veined Treefrog *Trachycephalus***  
4 ***typhonius* (Anura: Hylidae) in an anthropized landscape in southeastern Mexico**

5

6 Raymundo Mineros-Ramirez<sup>1</sup>, J. Rogelio Cedeño-Vázquez<sup>1\*</sup>, David González-Solis<sup>1</sup>,  
7 Ma. Magdalena Vázquez-González<sup>2</sup> & J. Nicolás Urbina-Cardona<sup>3</sup>

8 <sup>1</sup>Departamento de Sistemática y Ecología Acuática. El Colegio de la Frontera Sur,  
9 Unidad Chetumal. C.P. 77014. Chetumal, Quintana Roo, México.  
10 [ramineros@ecosur.edu.mx](mailto:ramineros@ecosur.edu.mx), [dgonzale@ecosur.mx](mailto:dgonzale@ecosur.mx)

11 <sup>2</sup>Departamento de Ciencias. Universidad de Quintana Roo. C.P. 77000. Chetumal,  
12 Quintana Roo, México; [marvazqu@correo.uqroo.mx](mailto:marvazqu@correo.uqroo.mx)

13 <sup>3</sup>Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales,  
14 Pontificia Universidad Javeriana. C. P. 110231. Bogotá, Colombia;  
15 [urbinaj@javeriana.edu.co](mailto:urbinaj@javeriana.edu.co)

16 \*Autor para correspondencia ([rcedenov@ecosur.mx](mailto:rcedenov@ecosur.mx))

17

18 **Abstract:** Anthropogenic activities cause changes in land use, altering the amount and  
19 quality of available resources in the habitat. In general, the studies that pursue to evaluate  
20 the effects of ecosystem transformation in amphibians, have focused on changes in the  
21 abundance of sensitive, rare and habitat specialist species. However, generalist species  
22 represent an opportunity to study parameters beyond the abundance, allowing to go in  
23 depth in morphological aspects and diet as a closeness to habitat quality. In this study we  
24 evaluated the effect of land use changes in the size, body condition and diet of the veined  
25 treefrog (*Trachycephalus typhonius*) in an anthropized landscape in southern Quintana

26 Roo State, Mexico. With this aim we conducted ten fieldwork campaigns to collect frogs  
27 in four soil coverages (forest, banana plantation, agroecosystem and road) during the dry  
28 and rainy seasons. The size of adult males was lower in the agroecosystem, and the  
29 changes in the size were explained by the distance to smallholdings with native  
30 vegetation, distance to an affluent to Laguna San Felipe, and the canopy coverage of each  
31 vegetation coverage. In turn, males and juveniles with the lower body condition were  
32 collected in the agroecosystem and the road. Although there were not significant  
33 differences in the proportion of Orders consumed between coverage types, Blattodea and  
34 Coleoptera were more frequent in the agroecosystem, whereas Coleoptera and  
35 Hymenoptera were more represented in the forest, banana plantation and road. This  
36 pattern was strengthened by the trophic webs, considering that the agroecosystem had the  
37 lowest number of Orders and the highest connectance in the interaction predator-prey.  
38 Furthermore, changes in the composition of the diet were explained by the distance to  
39 smallholdings (milpas) with traditional management, and canopy coverage. Our findings  
40 suggest that although the changes in land use can affect the size, body condition, and diet  
41 of generalist hylids, there are some environments (e.g., agroecosystems with extensive  
42 mechanized farming) that represent a risk for the survival even to the more resistant  
43 amphibian species, such as *T. typhonius*. In addition, we found that the road is not a  
44 dispersal barrier for the species, and banana plantation (although the frequent use of  
45 pesticides) constitutes a suitable habitat. Future studies must be directed to the effects of  
46 pesticides and fertilizers on body condition of anurans, and the role of smallholdings with  
47 traditional management in the connectivity of population throughout the landscape.

48 **Key words:** ecological network, veined treefrog, land use changes, generalist species.

49 Total Word: 8727

50 Las actividades antropogénicas afectan la estructura y función de los ecosistemas, ya que  
51 ocasionan cambios en el uso de suelo y pueden reducir o incrementar la biodiversidad, a  
52 través de la adaptación de los organismos al espacio que habitan y sus interacciones  
53 (Morris, 2010). En ambientes fragmentados, la dinámica y estructura de la vegetación se  
54 ven afectadas al incrementar el efecto de borde (Murcia, 1995; Laurance, 1997; Laurance  
55 et al., 1998), lo cual reduce la calidad del hábitat, ya que se crean gradientes en las

56 variables ambientales (Urbina-Cardona et al., 2006). En este sentido, los cambios  
57 microambientales someten a las poblaciones a situaciones de estrés, ya sea por aumento  
58 en la radiación solar, o por la disponibilidad de agua y cantidad de nutrientes (Laurance  
59 & Yensen, 1991; Turton & Freiburger, 1997).

60 Como resultado de la transformación del paisaje, se han documentado diversas  
61 afectaciones en los ensamblajes de la herpetofauna, al reducir o aumentar la riqueza y en la  
62 diversidad funcional (Rice & Greenberg 2000; Asare, 2005; Irwin et al., 2010;  
63 Gillespie et al., 2012). Para el caso de los anfibios que habitan en selvas tropicales, se ha  
64 documentado que cambios en la cobertura del dosel, distancia a cuerpos de agua, efecto  
65 de borde, densidad de plantas leñosas, grosor de la capa de hojarasca y la temperatura del  
66 microhábitat, afectan la estructura y composición de los ensamblajes (Pearman 1997;  
67 Urbina-Cardona et al., 2006; Cortés-Gómez et al., 2013). Sin embargo, los efectos  
68 ecológicos derivados del cambio en el uso de suelo no se limitan al nivel de  
69 comunidades, ya que pueden afectar a nivel poblacional e individual, repercutiendo en  
70 gastos metabólicos, condición corporal, cambios en la dieta, talla, peso, disponibilidad de  
71 presas y supervivencia, con lo cual se afectan las poblaciones en el largo plazo (Lauck,  
72 2006; Neckel-Oliveira & Gascón, 2006; Delgado & Restrepo, 2008; Menin, 2015).

73 La familia Hylidae se encuentra entre las más amenazadas por la pérdida de la cobertura  
74 boscosa nativa (Stuart et al., 2004), dado que están estrechamente asociados a la vida  
75 arborícola (Lee, 1996). Los miembros de esta familia son considerados generalistas en  
76 cuanto a su dieta, a diferencia de especies de hábitos terrestres o fosoriales, cuya longitud  
77 de la comisura de la boca es más pequeña (Parmelee, 1999). En este sentido, el análisis  
78 del contenido estomacal de hílidos sería un buen indicador de la oferta de artrópodos en  
79 el estrato arbóreo (López et al., 2015). Así mismo, al comparar la complejidad de redes  
80 tróficas obtenidas a través de la dieta en diferentes tipos de cobertura, se puede reflejar la  
81 resiliencia o fragilidad de un sistema al haber nodos más conectados que otros (Montoya  
82 et al., 2006).

83 La rana lechera *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758), es un hílido ampliamente  
84 distribuido en el Neotrópico. Debido a la transformación antropogénica de los  
85 ecosistemas, esta especie habita, tanto en ambientes con diferente grado de perturbación

86 (ej. cultivos y árboles nativos inmersos en pastizales), como en el interior de grandes  
87 extensiones de selvas conservadas (La Marca et al., 2010). En este trabajo, se evaluaron  
88 cambios en la talla, condición corporal y composición en la dieta de poblaciones de *T.*  
89 *typhonius* en el sur de Quintana Roo, México. Para ello, se plantearon las siguientes  
90 preguntas de investigación: (1) ¿Cómo varía la relación talla y condición corporal de los  
91 individuos entre, temporadas climáticas del año y sexo-estadios?, (2) ¿En qué medida, la  
92 variación en la talla y condición corporal, pueden ser explicadas por las diferencias en las  
93 variables del paisaje?, (3) ¿Cómo varía la composición y diversidad de las presas  
94 consumida entre coberturas de suelo, temporadas climáticas y sexo-estadios? y (4)  
95 ¿Cómo varía la estructuración de las redes tróficas entre coberturas, temporadas  
96 climáticas y sexo-estadios?.

97 La hipótesis del estudio supone que los cambios de uso y cobertura del suelo afectan la  
98 talla y condición corporal de *T. typhonius*, así como la complejidad trófica del hábitat.  
99 Por lo tanto, se espera encontrar valores más bajos en la talla y la condición corporal en  
100 las coberturas más perturbadas con menor estructura vegetal y menor cobertura del dosel,  
101 así como redes tróficas menos complejas.

102

103

## MATERIALES Y MÉTODOS

104 **Área de estudio:** El área de estudio se localiza entre los poblados de Bacalar y Reforma,  
105 en el municipio de Bacalar, Quintana Roo, México; entre las coordenadas 18°47'20" -  
106 18°39'50" N y 88°32'23"- 88°26'5" O (Fig. 1). El clima es tropical con lluvias todo el  
107 año, con mayor precipitación de mayo a octubre (lluvias) y menor precipitación de  
108 noviembre a abril (secas) con precipitaciones de 1200/1500mm al año (Torrescano-Valle  
109 & Folan, 2015). Sin embargo, las temporadas climáticas de la Península de Yucatán son  
110 dinámicas y heterogéneas, por lo que se tomó en cuenta la estación meteorológica más  
111 cercana y observaciones personales durante el muestreo donde se identificaron las  
112 temporadas de lluvias (junio-noviembre) y secas (diciembre-mayo). El paisaje se  
113 compone de un mosaico heterogéneo de grandes extensiones de selva que limitan con  
114 pastizales con diferentes tipos de manejo (ej. agroecosistemas de monocultivo intensivo,  
115 milpa tradicional de roza-tumba-quema con cercas vivas y arboles inmersos, áreas

116 semiurbanas, áreas de regeneración natural secundaria y monocultivos pequeños de  
117 diferentes especies). Se eligieron cuatro coberturas de suelo con diferente grado de  
118 perturbación, la cual se refleja en cambios en la estructura vegetal y cobertura del dosel.  
119 La cobertura mejor conservada corresponde a la selva húmeda tropical en el interior de la  
120 Reserva de San Felipe Bacalar (RSFB) y el resto de coberturas están distribuidas en las  
121 cercanías a la misma (Fig. 1) y presentan diferentes condiciones, así:

122 *Selva:* La RSFB, cuenta con una extensión de 8000 ha, y está ubicada en la Región  
123 Terrestre Prioritaria de México 149 (RTP-149), conocida como Zonas Forestales de  
124 Quintana Roo (Arriaga et al., 2000). La existencia de esta región es relevante por su papel  
125 como corredor biológico y por favorecer la presencia de especies propias del ecosistema  
126 de selva mediana subperennifolia. En esta vegetación, se observan tres estratos, uno  
127 arbóreo con 15 a 18 m de altura aproximadamente (Macario-Mendoza, 1991),  
128 representado por especies, como el chechén (*Metopium brownei*), chacá (*Burcera*  
129 *simaruba*), zapote (*Manilkara zapota*) y ramón colorado (*Trophis racemosa*). El estrato  
130 arbustivo tiene un promedio de 8 m de altura y está representado por laurel (*Nectandra*  
131 *coriacea*), elemuy (*Malmea depressa*); mientras que el estrato herbáceo está representado  
132 por plántulas de especies arbóreas y algunas hierbas, como *Serjania* sp., *Cydista* sp. y  
133 *Laciacis* sp. (Sánchez-Pérez, 1993).

134 *Platanar:* Ubicado en el Rancho Santa Lupita es un predio ejidal a 1.5 km al oeste de la  
135 RSFB, que incluye una plantación de plátano (monocultivo >3 ha). En la plantación se  
136 utilizan con frecuencia fertilizantes y plaguicidas; incluso, durante el periodo de muestreo  
137 se fumigó en una ocasión, para el control de insectos plaga (Pablo M. Beutelspacher,  
138 comunicación personal). El área aledaña al platanar incluye potreros (ganaderos y  
139 agrícolas), donde se lleva a cabo, por lo menos dos veces al año, la actividad de tumba-  
140 roza-quema, pero además existen cercas vivas, vegetación secundaria con diferente  
141 estado sucesional y remanentes de selva.

142 *Agroecosistema:* Extensión de cultivo mecanizado, ubicado a 6 km al oeste de Bacalar.  
143 Pertenece a una colonia Menonita asentada en 2002, conocida por ser autosustentable y  
144 dedicarse a la agricultura de forma extensiva. Se estima que el área de selva deforestada  
145 para actividades agrícolas se aproxima a 3000 ha (Bautista-Flores et al., 2014). La

146 vegetación arbórea es prácticamente nula, y sobresalen algunos árboles frutales y  
147 cocoteros en los patios de las casas. La cobertura predominante (>90%) corresponde a  
148 2800 ha de varios cultivos (maíz, frijol, sorgo y soya) (Bautista et al., 2014). Toda el área  
149 se encuentra rodeada por vegetación secundaria en estado sucesional temprano.

150 *Carretera:* Fue un trayecto asfaltado que va de la carretera Cancún–Chetumal al poblado  
151 de Reforma. El transecto seleccionado tiene 12 km de largo y se compone de un mosaico  
152 heterogéneo donde convergen parches de diferentes tipos de vegetación y asentamientos  
153 urbanos. Incluye remanentes de selva mediana perennifolia, potreros, cultivos, acahual,  
154 pastizal, vegetación secundaria de temprano estado sucesional y construcciones humanas,  
155 (casas y granjas). Al costado de la carretera, se forman zanjas donde se acumula agua  
156 durante la temporada de lluvias, las cuales tienen vegetación sumergida y herbácea.

157 **Diseño de muestreo:** El muestreo se realizó mensualmente entre septiembre de 2014 y  
158 junio de 2015, abarcando las temporadas de lluvias y secas. Las cuatro coberturas de  
159 suelo (selva, platanar, agroecosistema y carretera) se recorrieron en un mismo día por las  
160 noches (21:00-4:00), dos veces al mes. En cada cobertura, se recorrió a pie un transecto  
161 de 1 km, excepto en la carretera, donde se realizaron dos recorridos en un transecto de 10  
162 km a bordo de un vehículo a velocidad moderada (20 km/h) y con las luces a la máxima  
163 potencia para visualizar claramente los anuros en el asfalto. Se invirtió un esfuerzo de dos  
164 horas-hombre (h/h) por cobertura, para un esfuerzo total de 160 h/h en la selva, platanar y  
165 agroecosistema y en carretera de 400 km en 20 h. Se tomaron en cuenta todos los  
166 individuos encontrados; es decir, juveniles, machos (adultos) y hembras (adultas).  
167 Durante el muestreo, se colectaron y sacrificaron 38 individuos (seis en la carretera, ocho  
168 en la selva, cuatro en el agroecosistema y 20 en el platanar); posteriormente, se  
169 congelaron para su disección en el laboratorio a fin de obtener datos de la dieta.

170 **Variables ambientales:** Se midieron nueve variables ambientales. La distancia de cada  
171 individuo a los elementos del paisaje (de extensión mayor a 1 ha) se midió en imágenes  
172 satelitales del año 2015 en Google Earth: (1) distancia a potreros con vegetación nativa y  
173 manejo tradicional (milpa), (2) distancia a potreros con manejo intensivo y sin cobertura  
174 arbustiva o arbórea, (3) distancia al borde de selva más cercano, (4) distancia a un  
175 afluente que conduce a la Laguna San Felipe, y (5) distancia a la Laguna Bacalar. Se

176 ubicaron HOBO Pro Dataloggers (Onset Computer Corporation) en cada cobertura  
177 vegetal para medir las variables de temperatura (°C): (6) mediana de la temperatura  
178 mensual, (7) mediana de la temperatura diaria, (8) mediana de la temperatura de la hora  
179 de colecta, y finalmente, (9) porcentaje de cobertura del dosel, obtenido con un  
180 densitómetro esférico, siguiendo la metodología de Lemmon (1956).

181 **Talla y peso:** La talla (longitud hocico-cloaca [LHC]) se utilizó como una medida del  
182 tamaño del cuerpo y el peso (g), como la biomasa de los individuos. Los individuos se  
183 midieron y pesaron *in situ* con un vernier digital ( $\pm 0,01$  mm) y con una báscula digital ( $\pm$   
184  $0,01$  g), esto con el fin de no alterar las medidas por deshidratación, datos necesarios para  
185 calcular el índice de condición corporal (Peig & Green, 2009; 2010; MacCracken &  
186 Stebbins, 2012).

187 **Dieta:** El análisis de la dieta de *T. typhoni* se realizó con un total de 38 ejemplares,  
188 mediante el siguiente protocolo: 1) a todos los individuos preservados se les practicó una  
189 incisión longitudinal en el vientre, para extraer el tracto digestivo, desde el cardias hasta  
190 el extremo terminal de la cloaca, y así obtener el contenido; 2) el contenido digestivo  
191 obtenido se depositó en una red con una abertura de luz de 0.2 mm para su posterior  
192 limpieza a presión con alcohol al 90%; 3) los restos y/o partes esclerosadas se lavaron  
193 con alcohol al 90%; 4) los restos se colocaron en cajas de Petri con alcohol y se  
194 analizaron con ayuda de un microscopio estereoscópico, con zoom de 3.5-7.5 (min/max)  
195 y una distancia de trabajo de 115 mm; 5) se utilizaron guías taxonómicas de artrópodos  
196 para su identificación. La identificación se realizó a nivel de orden, debido a que la  
197 mayoría de los fragmentos se encontraban muy digeridos.

198

199

## ANÁLISIS DE LOS DATOS

200 **Talla, condición corporal (CC) y dieta:** La LHC, asociada con la biomasa, permitió  
201 calcular la condición corporal (CC) de cada individuo, para lo cual se utilizó una  
202 regresión de mínimos cuadrados ordinaria, según la metodología descrita en Peig &  
203 Green (2009; 2010) y MacCracken & Stebbins (2012). La talla corporal y CC, se  
204 promediaron por transecto por cobertura vegetal. La distribución de la normalidad y

205 homogeneidad de las varianzas de los datos de la muestra fueron probadas antes de  
206 construir el modelo lineal general. Las diferencias en la talla y CC fueron probadas  
207 utilizando un análisis multivariado de la varianza, basado en permutaciones  
208 (PERMANOVA). A partir de una matriz de similitud de Bray-Curtis, se corrió la prueba  
209 de Fisher con suma parcial de cuadrados (tipo III) y 9999 permutaciones. El diseño  
210 experimental tuvo tres factores: cobertura vegetal (fijo), con cuatro niveles (selva,  
211 platanar, agroecosistema, carretera); estacionalidad (fijo), con dos niveles (secas, lluvias);  
212 y estadio/sexo (machos, hembras, juveniles). Cuando se encontró un efecto a nivel de un  
213 factor o sus interacciones, se realizó una prueba *post hoc* utilizando comparaciones por  
214 pares con una *t* de Student.

215 **Complejidad trófica:** Se realizaron representaciones gráficas de las redes tróficas para  
216 cada cobertura vegetal y se reportaron los índices descriptores de cada grafo, utilizando el  
217 software Network3D (Yoon et al., 2004; Williams, 2010). Las redes se analizaron con los  
218 niveles depredador–presa, tomando al depredador como cada uno de los individuos de *T.*  
219 *typhoni*us, y las presas como los órdenes encontrados en el tracto digestivo. Para evaluar  
220 la complejidad se tomaron en cuenta tres atributos de las redes tróficas: 1) tamaño de la  
221 red, número de ítems o elementos de la red, en la mayoría de los estudios entre mayor sea  
222 el tamaño de la red mayor será su complejidad; 2) conectancia, valor que indica la  
223 proporción de conexiones reales del total de conexiones posibles. El valor de conectancia  
224 tiende a disminuir cuando aumenta la riqueza de especies debido al decremento en la  
225 relación depredador-presa (Dunne et al., 2002; Brose et al., 2004), por lo que los valores  
226 cercanos a 1 hablan de una amplia utilización de los recursos disponibles; 3) conexiones  
227 por especie, promedio de enlaces entre depredador-presa, este valor tiende a aumentar  
228 con una mayor riqueza.

229 **Relación entre talla y dieta con variables ambientales:** Se evaluó la correlación lineal  
230 entre las variables para describir su relación e identificar un subconjunto de variables no  
231 colineales a ser incluidas en análisis posteriores. Se identificaron diferentes modelos que  
232 explican cambios en las variables de respuesta (talla y condición corporal) en función de  
233 cambios en las variables ambientales a través de modelos lineales basados en distancias  
234 (DistLM subrutina). Se seleccionaron los mejores modelos ajustados usando el criterio de

235 Información de Akaike para muestras pequeñas (AICc) (Akaike, 1974). El Análisis se  
236 corrió con el paquete estadístico PRIMER V7 y PERMANOVA V7 (Clarke & Gorley  
237 2015).

238

239

## RESULTADOS

240 **Aspectos generales:** Se registraron 94 individuos de *T. typhoni* (33 hembras, 40  
241 machos y 21 juveniles), distribuidos en las cuatro coberturas (13 en selva, 42 en platanar,  
242 29 en agroecosistema y 10 en carretera). Se registraron 44 y 50 individuos, durante las  
243 temporadas de secas y lluvias, respectivamente. La selva presentó 23% juveniles, 23%  
244 machos y 54% hembras; mientras que en el platanar se registraron proporciones similares  
245 entre machos (52%) y hembras (45%), con muy escasos juveniles (3%). Por su parte, en  
246 el agroecosistema 48% fueron juveniles, 28% machos y 24% hembras, y en la carretera  
247 no se encontraron hembras, la mayoría fueron machos (70%), seguidos de juveniles  
248 (30%). Seis de las 33 hembras se encontraban grávidas (tres en la selva, dos en platanar y  
249 una en el agroecosistema). En el agroecosistema, no se encontraron anuros en los cultivos  
250 de maíz, frijol, sorgo y soya; solamente, se registraron individuos en el área de patio de  
251 una casa con árboles frutales y palmas menores de 6 m de altura y un diámetro a la altura  
252 del pecho (DAP) < 40 cm.

253 **Talla:** Se encontraron diferencias significativas en la talla de los individuos entre  
254 coberturas al analizar las categorías de sexo/estadio por separado (Cuadro 1). Las  
255 diferencias se presentaron en machos adultos del agroecosistema, los cuales fueron de  
256 menor talla con respecto a las otras coberturas; carretera (t= 69.47; p [MC]= 0.004), selva  
257 (t= 32.56; p [MC]= 0.01) y platanar (t= 2.48; p [MC]= 0.02). No se encontraron  
258 diferencias en la talla de los individuos entre coberturas, ni temporadas climáticas por  
259 cobertura, ni en cobertura por temporada climática considerando por separado  
260 sexo/estadio.

261 **Condición corporal:** Se encontraron diferencias significativas en la CC entre coberturas  
262 (Cuadro 1), la CC de los individuos de la carretera fue menor a la encontrada en el  
263 platanar y la selva (t= 6.35; p [MC]= 0.0001; t= 7.13; p [MC]= 0.04, respectivamente).

264 En tanto que la CC de los individuos del platanar fue mayor a la de los de la selva y  
265 agroecosistema ( $t= 3.50$ ;  $p [MC]= 0.0033$ ;  $t= 3.59$ ;  $p [MC]= 0.0017$ , respectivamente).  
266 También se encontraron diferencias al comparar las temporadas de secas y lluvias por  
267 cobertura por categoría de estadio/sexo (Cuadro 1), las diferencias se presentaron en los  
268 juveniles del agroecosistema, los cuales obtuvieron mayor CC respecto a los machos y  
269 hembras en la temporada de secas (M, H -  $t= 0.69$ ;  $p [perm]= 0.4$ ; M, J -  $t= 6.05$ ;  $p$   
270  $[perm]= 0.0001$  y H, J -  $t= 5.53$ ;  $p [perm]= 0.0001$ ) y en la temporada de lluvias, los  
271 machos presentaron mayor CC respecto a juveniles y menor que las hembras (M, H -  $t=$   
272  $14.38$ ;  $p [MC]= 0.4$ ; M, J -  $t= 32.2$ ;  $p [MC]= 0.01$ ). No se encontraron diferencias entre  
273 las categorías de estadio/sexo; ni entre temporadas por cobertura; ni entre cobertura por  
274 categoría de estadio/sexo (Cuadro 1).

275 **Dieta:** Se identificaron 15 órdenes taxonómicos presentes en la dieta de 38 individuos de  
276 *T. typhoni*. El número de órdenes consumidos varió en las cuatro coberturas: selva (12),  
277 platanar (11), carretera (9) y agroecosistema (5) (Cuadro 4). Sin embargo, no se  
278 encontraron diferencias significativas en la composición de la dieta entre coberturas,  
279 entre sexo/estadio, entre temporadas climáticas por cobertura, ni entre coberturas por  
280 sexo/estadio.

281 **Relación entre variables ambientales con la talla y dieta de *Trachycephalus***  
282 *typhoni*: Cuatro de las nueve variables ambientales y estructurales de la vegetación  
283 tomadas en cuenta para el análisis, se ajustaron al mejor modelo explicando el 28%, ( $R^2$   
284 ajustado= 0.27897), de la variación en la talla ( $AICc= 266.75$ ) (Cuadro 2). No obstante,  
285 solo tres de las cuatro resultaron significativas: distancia a potreros con manejo  
286 tradicional (pseudo-F= 13.48;  $p= 0.00$ ), distancia a afluente de la Laguna San Felipe  
287 (pseudo-F= 3.19;  $p= 0.04$ ) y la cobertura del dosel (pseudo-F= 7.9;  $p= 0.004$ ). Por su  
288 parte, las variables que mejor explicaron la composición en la dieta fueron distancia a  
289 potreros con manejo tradicional y la cobertura del dosel ( $AICc= 293.21$ ; Cuadro 3).

290

291 **Complejidad trófica entre coberturas:** Las redes tróficas variaron en su complejidad  
292 entre coberturas (Fig. 2). En cuanto al tamaño de la red, el platanar resultó ser la red más

293 grande con un total de 31 ítems, seguido de la selva con 19, la carretera 13 y el  
294 agroecosistema con 10 ítems. Tomando en cuenta solo este atributo, el platanar sería la  
295 cobertura más compleja; Posteriormente, el valor de conectancia, el cual se considera el  
296 atributo más importante para evaluar la complejidad, fue mayor en el agroecosistema y la  
297 carretera, ambos con un valor de 0.8, seguido del platanar con 0.6 y, por último, la selva  
298 con 0.5. Por último, las conexiones por especie, resultaron mayores en el platanar (1.9),  
299 seguido de la carretera (1.07), la selva (1) y el agroecosistema (0.8).

300

301

## DISCUSIÓN

302 Si bien se encontraron individuos de *T. typhoni* en las cuatro coberturas, el platanar fue  
303 la cobertura donde se encontraron con mayor frecuencia seguido del agroecosistema. Las  
304 capturas, en estas coberturas, se facilitaron debido a la escasa vegetación que interfiriera  
305 con la búsqueda, de manera que los individuos podían ser observados a mayor distancia  
306 con ayuda de lámparas. En contraste, en la selva fue difícil encontrar a los individuos, ya  
307 que perchaban a mayor altura y no se podían buscar a larga distancia. Por otra parte,  
308 coberturas con mayor humedad o cercanos a cuerpos de agua, donde se escuchaban  
309 vocalizando en temporada de lluvias, eran prácticamente inaccesibles. La presencia de  
310 hembras grávidas fue mayor en la selva, posiblemente es ahí donde tengan mayor éxito  
311 reproductivo y las variables ambientales y oferta alimenticia sean idóneas para su  
312 reproducción. Esto se ha reportado en anfibios de desarrollo directo en fragmentos de  
313 selva húmeda de mayor tamaño, donde a mayor profundidad de hojarasca, humedad  
314 relativa y distancia al borde, se presenta mayor cantidad de hembras grávidas (Urbina-  
315 Cardona & Reynoso, 2009).

316 **Talla y condición corporal:** En este estudio, se encontraron machos de menor talla en el  
317 agroecosistema, en comparación con la selva, platanar y carretera, lo cual concuerda con  
318 otros estudios donde se reportan individuos de menor talla (LHC) en ambientes  
319 perturbados (Sumner & Shine, 1999; Lauck, 2006; Neckel-Oliveira & Gascón, 2006;  
320 Delgado-Acevedo & Restrepo, 2008; Matías & Escalante, 2015). Afectaciones en la talla  
321 de anuros se atribuyen a cambios en los patrones de movimiento, estrés en el desarrollo y  
322 disponibilidad de alimento (Warkentin, 1995; Neckel-Oliveira & Gascón, 2006; Touchon

323 et al., 2013). En ambientes como el agroecosistema, los sitios de reproducción son  
324 escasos y se limitan a charcas artificiales (Knutson et al., 2004), las cuales pudieran tener  
325 mayor presencia de depredadores como peces (introducidos para cultivo). La depredación  
326 podría acelerar los tiempos de eclosión y la metamorfosis, lo que resulta en adultos con  
327 un tamaño más pequeño del cuerpo (Warkentin, 1995; Ball & Baker, 1996; Touchon et  
328 al., 2013). Por otra parte, los gastos energéticos empleados en la búsqueda de recursos en  
329 el agroecosistema, también pueden causar tallas más pequeñas. Neckel-Oliveira y Gascón  
330 (2006) encontraron que los machos en edad reproductiva de *Phyllomedusa tarsius*, un  
331 hílido de características similares a *T. typhoni*, tienen mayor movilidad en hábitats de  
332 transición y de la matriz, que en ambientes con fragmentos y vegetación continua de  
333 selva, donde existe suficiente refugio y disponibilidad de alimento.

334 Las variables que explicaron los cambios en la talla fueron la cobertura del dosel,  
335 distancia a potreros con manejo tradicional, distancia al afluente de la Laguna San Felipe,  
336 y la temperatura del día de colecta. Por lo tanto, mayor cobertura del dosel, cercanía a  
337 cuerpos de agua y bajas temperaturas son variables que contribuyen al mantenimiento de  
338 la talla de *T. typhoni*. En contraste, la cercanía a potreros con manejo tradicional  
339 implica una afectación para la talla de los individuos de esta especie, posiblemente como  
340 resultado del efecto de borde ya que la deforestación suele modificar los factores  
341 ambientales, así como las interacciones intra e interespecíficas (ej. depredación,  
342 parasitismo y competencia) (Murcia, 1995). Un aspecto a considerar en la talla es que no  
343 se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras entre coberturas (selva,  
344  $t = 0.94$ ,  $p$  (perm) = 0.37; platanar  $t = 4.7$ ,  $p$  (MC) = 0.12; agroecosistema  $t = 1.26$ ,  $p$  (MC) =  
345 0.41), aun cuando en la literatura se menciona que las hembras son más grandes que los  
346 machos (Duellman & Trueb, 1986; Lee, 1996; Fabrezi, 2011). Cabe mencionar que las  
347 tallas de juveniles, machos y hembras encontrados en el agroecosistema están  
348 ligeramente por debajo de lo reportado para la especie (Duellman & Trueb, 1986; Lee,  
349 1996; Fabrezi, 2011), posiblemente se trate de un cambio adaptativo ya que individuos de  
350 menor tamaño son menos propensos a la depredación lo cual se ha propuesto en anuros  
351 de la familia Eleutherodactylidae (Delgado-Acevedo & Restrepo, 2008).

352 En cuanto a la condición corporal, se encontraron valores más bajos en la carretera, que  
353 en el platanar y selva. Estas diferencias pueden explicarse en función de la ausencia de  
354 hembras, ya que algunas (repartidas en las otras tres coberturas) se encontraban grávidas,  
355 con repercusiones en los valores de la condición corporal. Sin embargo, el hecho de que  
356 los individuos encontrados en la carretera se encontraran desplazándose (a diferencia de  
357 los individuos encontrados en las otras coberturas donde pueden perchar), implica la  
358 búsqueda de algún recurso, como alimento o refugio o búsqueda de estanques y hembras  
359 con fines reproductivos. Esto implica gasto de energía por las actividades realizadas y  
360 disminución en la condición corporal (Neckel-Oliveira & Gascón, 2006).

361 Por otra parte, los individuos encontrados en el platanar presentaron una mayor CC que  
362 los de la selva y agroecosistema, lo cual se puede explicar en función de dos  
363 características propias de esta unidad ambiental: 1) la cercanía a la selva, ya que  
364 ambientes con suficiente estructura vegetal, cobertura de dosel y vegetación herbácea  
365 pueden permitir la supervivencia de un considerable número de especies (Saunders et al.,  
366 1991), lo cual les proporciona el suficiente alimento, y 2) las características físicas  
367 propias del platanar que ofrece refugios con humedad, aun en temporadas de escasa  
368 precipitación (Duellman, 2001) y la reducción en la densidad de depredadores, debido a  
369 que los trabajadores encargados del mantenimiento del platanar, eliminan depredadores  
370 potenciales como *Drymarchon corais*, *Leptodeira annulata* y *Leptophis ahaetulla* que  
371 depredan a *T. typhoni* a pesar de su secreción toxica (Leary & Razafindratsita, 1998;  
372 Manzanilla et al., 1998; Clegg, 2015).

373 También se encontraron diferencias en la CC de los juveniles en el agroecosistema  
374 respecto a machos y hembras, en ambas temporadas climáticas. En la temporada de  
375 lluvias, la CC de los juveniles fue baja respecto a machos y hembras, mientras que en la  
376 temporada de secas fue mayor que la de los machos. La baja CC en juveniles puede  
377 deberse a varios factores tanto ambientales como biológicos; tanto adultos como juveniles  
378 son vulnerables a ambientes más abiertos, como el agroecosistema, ya que son más  
379 propensos a cambios microclimáticos como aumento en la incidencia de la luz,  
380 disminución de la humedad del suelo y cambios en la humedad relativa del aire (Camargo  
381 y Kapos, 1995; Neckel-Oliveira & Gascón, 2006). Posiblemente, los juveniles sean más

382 vulnerables, ya que se ha demostrado que en etapas tempranas las larvas y post-  
383 metamórficos, debido a su morfología, están más expuestos a los contaminantes  
384 utilizados en agroecosistemas, como plaguicidas y herbicidas (Marco, 2002). Dichos  
385 efectos aún no están bien estudiados pero podrían incidir en su CC. Otra posible  
386 explicación sería que la tasa de pérdida y ganancia de sus reservas energéticas, grasa y  
387 proteínas, fuera más elevada que la de los adultos; de esta manera, la disminución o  
388 aumento de la precipitación afectaría en mayor medida la CC de los juveniles. Si bien, no  
389 existen estudios en hílidos que comparen la CC de juveniles entre temporadas climáticas,  
390 investigaciones en larvas y juveniles en otros grupos de anuros comprueban la eficacia  
391 del índice de CC en relación con las reservas energéticas (Peig & Green, 2009; 2010;  
392 MacCracken & Stebbins, 2012), y sugieren que dichos estadios son marcadamente más  
393 vulnerables en estos ambientes ante el cambio de los patrones de lluvia.

394 **Dieta:** No se encontraron diferencias significativas en la dieta entre coberturas,  
395 posiblemente debido al nivel taxonómico de identificación de presas (orden). Las  
396 familias, géneros y especies que comprenden a cada orden pueden ser muy diversos, por  
397 lo que si se mejora la resolución taxonómica del nivel de identificación, los análisis  
398 podrían reflejar con mayor precisión la diferenciación en la dieta de *T. typhoni* en cada  
399 ambiente (Moreno-Barbosa & Hoyos-Hoyos, 2014). La frecuencia de órdenes  
400 consumidos concuerda con estudios previos sobre la dieta de *T. typhoni*, donde se  
401 reportan a los órdenes Coleoptera e Hymenoptera como los más consumidos, siendo la  
402 primera la de mayor volumen y la segunda superior en número, principalmente de la  
403 familia Formicidae (Vaz-Silva et al., 2004; Dure & Kehr, 2006).

404 A pesar de la ausencia de diferencias en la composición de la dieta, la frecuencia de  
405 presas consumidas varió con la densidad de la cobertura del dosel. En ambientes  
406 conservados, como la selva o cercanos a remanentes de selva como el platanar, con  
407 mayor cobertura del dosel (>50%), los órdenes más consumidos fueron Coleoptera e  
408 Hymenoptera (Cuadro 3). Por otra parte, sitios con menor cobertura del dosel (<40%),  
409 como el agroecosistema y la carretera, los órdenes más consumidos fueron Blattodea y  
410 Coleoptera. Esto concuerda con otros estudios donde la dieta no cambia en composición  
411 pero si en porcentaje de cada orden consumido entre ambientes con diferentes

412 características (Menin et al., 2015). Otro aspecto a resaltar en el agroecosistema fue la  
413 mayor frecuencia de los órdenes Coleoptera, Blattodea, Orthoptera y Lepidoptera  
414 (Cuadro 3), lo que se puede explicar por la capacidad de volar, ya que esta propiedad los  
415 hace buenos recolonizadores de sitios afectados por algún disturbio (López et al., 2015).

416 Estos resultados confirman a *T. typhoni* como generalista y oportunista, lo cual  
417 concuerda con otros estudios sobre su dieta (Strüssmann & Sazima, 1991; Vaz-Silva et  
418 al., 2004; Dure & Kehr, 2006; Loebmann, 2013). La plasticidad trófica en anfibios  
419 generalistas les proporciona una ventaja en ambientes perturbados donde la  
420 disponibilidad de presas cambia (López et al., 2015). Esta facultad permite a *T. typhoni*  
421 habitar ambientes perturbados, como el agroecosistema. Sin embargo, se desconocen las  
422 afectaciones a las poblaciones sometidas al estrés constante que hay en este tipo de  
423 ambientes. Se ha propuesto que la disminución o ausencia de presas potenciales afectan  
424 negativamente a los anfibios y causan la disminución de sus poblaciones (Blaustein &  
425 Wake, 1995), lo cual podría ser una amenaza para los individuos esta cobertura.

426 **Complejidad trófica:** El platanar tuvo valores altos en el tamaño de la red y conexiones  
427 por especie, lo cual indicaría una mayor complejidad trófica. Estas diferencias están  
428 influenciadas por la abundancia en cada cobertura, ya que se consideró a cada individuo  
429 de *T. typhoni* como diferente especie, la influencia de la riqueza en estos valores ha  
430 sido bien estudiada (Dunne et al., 2002; Brose et al., 2004; Montoya et al., 2006). Por esta  
431 razón, hay que tener precaución al interpretar la complejidad trófica cuando solo se tiene  
432 una parte de la red. Si bien, la conectancia es el valor más importante al evaluar la  
433 complejidad, debemos de entender que este valor cambia dependiendo de la escala y la  
434 cantidad de interacciones que se modelen (Dunne et al., 2002). Esto es un valor de  
435 conectancia alto (cercano o igual a 1) significaría una red sumamente compleja, donde  
436 todas las especies interactúan entre sí. Sin embargo, en este estudio un valor de  
437 conectancia alto significaría una mayor proporción de presas consumidas en relación a su  
438 disponibilidad, dado que solo se consideró la relación de una especie con sus presas.

439 Teniendo en cuenta lo antes mencionado, los valores más altos de conectancia ocurrieron  
440 en el agroecosistema y carretera (0.8), lo que indica que la mayoría de los individuos de  
441 *T. typhoni* utilizan el 80% de las presas disponibles, esta proporción evidencia la falta

442 de disponibilidad y posiblemente la carencia en la cantidad de presas. Así mismo, estos  
443 resultados indican una posible fragilidad de las redes tróficas en el agroecosistema y de  
444 los lugares de origen de los individuos encontrados en la carretera, ya que se ha  
445 comprobado por medio de modelos hipotéticos que redes con nodos más conectados son  
446 más vulnerables ante un disturbio (Neutel & de Ruiter, 2002; Montoya et al., 2006).  
447 Prueba de esto es que, en la selva, a pesar del bajo número de muestras, obtuvo el valor  
448 de conectancia más bajo; sin embargo, también obtuvo el mayor número de presas. Esto  
449 sugiere que la complejidad en este ambiente es elevada, ya que las presas diferían entre  
450 individuos, dejando claro que existe una mayor disponibilidad de presas y poca  
451 competencia intraespecífica por alimento.

#### 452 AGRADECIMIENTOS

453 Agradecemos a Pablo M. Beutelspacher García, Mónica C. Rodríguez Salas y Christian  
454 M. García por su apoyo en las salidas de campo. A Pablo R. Salazar Gómez y a la  
455 comunidad Menonita del ejido Nuevo Salamanca por brindar el permiso y facilidades  
456 para realizar parte del trabajo de campo en sus predios. A la Pontificia Universidad  
457 Javeriana por el apoyo durante la estancia de investigación de R.M.R. A Janneth A.  
458 Padilla Saldívar por la elaboración del mapa del área de estudio. A Noemí Salas Suárez  
459 por la asesoría durante la realización de este trabajo y por su ayuda en los análisis de  
460 datos. A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) por el apoyo económico y a  
461 CONACyT por la beca concedida a R. M. R. para realizar la Maestría en Ciencias en  
462 Recursos Naturales y Desarrollo Rural en el posgrado de ECOSUR. Los ejemplares  
463 colectados para este estudio fueron depositados en la Colección Herpetológica de  
464 ECOSUR, Unidad Chetumal (ECO-CH-H3540-3586, Colección de Anfibios No.  
465 QNR.AN.033.0697).

#### 466 RESUMEN

467 Las actividades antropogénicas ocasionan cambios en el uso de suelo, alterando la  
468 cantidad y calidad de recursos disponibles en el hábitat. Generalmente, los estudios que  
469 buscan evaluar los efectos de la transformación del ecosistema en los anfibios, se enfocan  
470 en evaluar cambios en la abundancia de especies sensibles, raras y especialistas de  
471 hábitat. Sin embargo, las especies generalistas ofrecen una gran oportunidad para estudiar  
472 hábitat.

473 parámetros más allá de la abundancia y que permitan profundizar en aspectos  
474 morfológicos y en la dieta como una aproximación a la calidad del hábitat. En este  
475 estudio, se evaluó el efecto de los cambios en el uso de suelo en la talla, condición  
476 corporal y dieta de la rana lechera (*Trachycephalus typhonius*) en un paisaje antropizado  
477 en el sur de Quintana Roo, México. Con este fin se muestrearon cuatro coberturas de  
478 suelo (selva, platanar, agroecosistema y carretera) en diez salidas al campo, durante las  
479 temporadas de secas y lluvias. La talla en los machos adultos fue menor en el  
480 agroecosistema. Los cambios en la talla se explicaron por la distancia a potreros con  
481 vegetación nativa (milpas con manejo tradicional), distancia a afluente de la Laguna San  
482 Felipe y la cobertura del dosel de cada tipo de cobertura. A su vez, los machos y juveniles  
483 tuvieron menor condición corporal en la carretera y agroecosistema. Aunque no se  
484 encontraron diferencias en la proporción de órdenes consumidos entre coberturas,  
485 Blattodea fue el más frecuente en el agroecosistema, mientras que Coleoptera e  
486 Hymenoptera estuvieron mejor representados en la selva, platanar y carretera. Este patrón  
487 se ve reforzado en las redes tróficas, donde la cobertura con menor complejidad fue el  
488 agroecosistema por tener menor número de órdenes y mayor conectancia en la  
489 interacción depredador-presa. En este sentido, cambios en la composición de la dieta se  
490 vieron explicados por la distancia a milpas con manejo tradicional y la cobertura del  
491 dosel. Los resultados de este estudio sugieren que si bien los cambios en el uso de suelo  
492 pueden afectar la dieta, talla y condición corporal de hílidos generalistas, existen algunas  
493 coberturas como los agroecosistemas de cultivo mecanizado extensivo que ponen en  
494 peligro incluso hasta a las especies de la anfibiofauna regional más resistentes, como *T.*  
495 *typhonius*. Adicionalmente, se pudo evidenciar que la carretera no constituye una barrera  
496 para la dispersión de la especie y que los cultivos de plátano, a pesar de ser fumigados  
497 frecuentemente con plaguicidas aún constituye un hábitat para la especie. Futuros  
498 estudios deben enfocarse en los efectos de los plaguicidas y fertilizantes en la condición  
499 corporal de los anuros y el papel de los potreros con manejo tradicional en la  
500 conectividad de sus poblaciones en el paisaje.

501

502

## REFERENCIAS

503

504 Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *Automatic Control*,  
505 *IEEE Transactions on*, 19(6), 716-723.

506 Asare, R. (2006). A review on cocoa agroforestry as a means for biodiversity  
507 conservation. *In World Cocoa Foundation Partnership Conference*, Brussels (p.  
508 15).

509 Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L. & Loa, E. (2000).  
510 *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el  
511 Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

512 Ball, S. L., & Baker, R. L. (1996). Predator-induced life history changes: antipredator  
513 behavior costs or facultative life history shifts? *Ecology*, 77, 1116-1124.

514 Bautista-Flores, E., Arcos, L. A., & Llera Pacheco, F. J. (2014). El trabajo y la  
515 articulación religiosa en los asentamientos menonitas: Los contextos de  
516 Chihuahua y Quintana Roo, México. *Terr@ Plural*, 8(1), 251-267.

517 Blaustein, A. R., & Wake, D. B. (1995). The puzzle of declining amphibian populations.  
518 *Scientific American*, 272(4), 52-57.

519 Brose, U., Ostling, A., Harrison, K., & Martinez, N. D. (2004). Unified spatial scaling of  
520 species and their trophic interactions. *Nature*, 428(6979), 167-171.

521 Camargo, J. L. C., & Kapos, V. (1995). Complex edge effects on soil moisture and  
522 microclimate in central Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology*, 11(2),  
523 205-221.

524 Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2006). PRIMER v6: user manual/tutorial. PRIMER-E,  
525 Plymouth.

526 Clegg, J. R. (2015). *Leptophis ahaetulla marginatus* (Southern green parrot snake):  
527 Behaviour. *Herpetological Bulletin*, 131, 26-27.

528 Cortés-Gómez, A. M., Castro, F., Urbina-Cardona, J. N. (2013). Small changes in  
529 vegetation structure create great changes in amphibian ensembles in the  
530 Colombian Pacific rainforest. *Tropical Conservation Science*, 6(6), 749-769.

531 Delgado, A. J. & Restrepo, C. (2008). The contribution of habitat loss to changes in body  
532 size, allometry, and bilateral asymmetry in two *Eleutherodactylus* frogs from  
533 Puerto Rico. *Conservation Biology*, 22, 773-782.

534 Duellman, W. E., & Trueb, L. (1986). *Biology of amphibians*. New York: McGraw Hill.  
535 670 pp.

536 Duellman, W. E. (2001). *Hylid Frogs of Middle America: Vol. 2*. Society for the Study of  
537 Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York.

538 Dunne, J. A., Williams, R. J., & Martinez, N. D. (2002). Food-web structure and network  
539 theory: the role of connectance and size. *Proceedings of the National Academy of*  
540 *Sciences*, 99(20), 12917-12922.

541 Dure, M., & Kehr, A. I. (2006). *Phrynohyas venulosa* diet. *Herpetological Review*, 37,  
542 338-339.

543 Fabrezi, M. (2011). Heterochrony in growth and development in anurans from the Chaco  
544 of South America. *Evolutionary Biology*, 38(4), 390-411.

545 Gillespie, G. R., Ahmad, E., Elahan, B., Evans, A., Ancrenaz, M., Goossens, B., &  
546 Scroggie, M. P. (2012). Conservation of amphibians in Borneo: relative value of  
547 secondary tropical forest and non-forest habitats. *Biological Conservation*, 152,  
548 136-144.

549 Irwin, M. T., Wright, P. C., Birkinshaw, C., Fisher, B. L., Gardner, C. J., Glos, J., &  
550 Raherilalao, M. J. (2010). Patterns of species change in anthropogenically  
551 disturbed forests of Madagascar. *Biological Conservation*, 143(10), 2351-2362.

552 Knutson, M. G., Richardson, W. B., Reineke, D. M., Gray, B. R., Parmelee, J. R., &  
553 Weick, S. E. (2004). Agricultural ponds support amphibian populations.  
554 *Ecological Applications*, 14(3), 669-684.

555 La Marca, E., Azevedo-Ramos, C., Scott, N., Aquino, L., Silvano, D., Coloma, L. A.,  
556 Ron, S., Faivovich, J., Santos-Barrera, G., Solís, F., Ibáñez, R., Bolaños, F.,  
557 Wilson, L. D. & Hardy, J. (2010). *Trachycephalus venulosus*. IUCN Red List of  
558 Threatened Species. Version 2010.1. Electronic Database accessible at  
559 [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Captured on 02 May 2011.

560 Lauck, B. (2006). Fluctuating asymmetry of the frog *Crinia signifera* in response to  
561 logging. *Wildlife Research*, 33(4), 313-320.

562 Laurance, W. F. (1997). Hyper-disturbed parks; edge effects and the ecology of isolated  
563 rainforest reserves in tropical Australia. Pp. 71-83. En: Laurence, W.F &

564 Bierregaard, R. O., Jr., (eds). Tropical forest remnants: ecology, management and  
565 conservation of fragmented communities. University of Chicago Press, Chicago.

566 Laurance, W. F. (1998). A crisis in the making: responses of Amazonian forests to land  
567 use and climate change. *Trends in Ecology and Evolution*, 13, 411-415.

568 Laurance, W. F. & Yensen, E. (1991). Predicting the impacts of edge effects in  
569 fragmented habitats. *Biological Conservation*, 55, 77-92.

570 Lee, J. C. (1996). *The Amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula*. Cornell Univ.  
571 Press. Ithaca and London. 500 p.

572 Leary, C. J., & Razafindratsita, V. R. (1998). Attempted predation on a hylid frog,  
573 *Phrynohyas venulosa*, by an indigo snake, *Drymarchon corais*, and the response  
574 of conspecific frogs to distress calls. *Amphibia-Reptilia*, 19(4), 442-446.

575 Loebmann, D. (2013). A record of *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) preying  
576 upon *Dendropsophus soaresi* (Caramaschi & Jim, 1983) (Anura,  
577 Hylidae). *Herpetology Notes*, 6, 275-276.

578 López, J. A., Scarabotti, P. A., & Ghirardi, R. (2015). Amphibian trophic ecology in  
579 increasingly human-altered wetlands. *Herpetological Conservation and Biology*,  
580 10(3), 819-832.

581 Macario-Mendoza, P. A. (1991). La repoblación natural en una selva mediana  
582 subperenifolia en Quintana Roo bajo aprovechamiento forestal. Tesis de Maestría,  
583 Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Chapingo, México.

584 MacCracken, J. G., & Stebbings, J. L. (2012). Test of a body condition index with  
585 amphibians. *Journal of Herpetology*, 46(3), 346-350.

586 Marco, A. (2002). Contaminación global por nitrógeno y declive de anfibios. *Revista*  
587 *Española de Herpetología*, 16, 5-17.

588 Manzanilla, J., La Marca, E., Villareal, O., & Sánchez, D. (1998). *Phrynohyas*  
589 *venulosa*. Antipredator device. *Herpetological Review*, 29(1), 39-40.

590 Matías-Ferrer, N., & Escalante, P. (2015). Size, body condition, and limb asymmetry in  
591 two hylid frogs at different habitat disturbance levels in Veracruz, Mexico. *The*  
592 *Herpetological Journal*, 25(3), 169-176.

- 593 Menin, M., Santos, R. S., Borges, R. E., & Piatti, L. (2015). Notes on the diet of seven  
594 terrestrial frogs in three agroecosystems and forest remnants in Northwestern São  
595 Paulo State, Brazil. *Herpetology Notes*, 8, 401-405.
- 596 Montoya, J. M., Pimm, S. L., & Solé, R. V. (2006). Ecological networks and their  
597 fragility. *Nature*, 442(7100), 259-264.
- 598 Moreno-Barbosa, S. E., & Hoyos-Hoyos, J. M. (2014). Ontogeny of the diet in anurans  
599 (Amphibia) collected at La Vieja river basin in the Departamento of Quindío  
600 (Colombia). *Caldasia*, 36(2), 365-372.
- 601 Morris, R. J. (2010). Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network  
602 structure and ecosystem functioning perspective. *Philosophical Transactions of  
603 the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 365(1558), 3709-3718.
- 604 Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation.  
605 *Trends in Ecology and Evolution*, 10, 58-62.
- 606 Neckel-Oliveira, S. & Gascon, C. 2006. Abundance, body size and movement patterns of  
607 a tropical treefrog in continuous and fragmented forests in the Brazilian Amazon.  
608 *Biological Conservation*, 128, 308-315.
- 609 Neutel, A. M., Heesterbeek, J. A., & de Ruiter, P. C. (2002). Stability in real food webs:  
610 weak links in long loops. *Science*, 296(5570), 1120-1123.
- 611 Parmelee, J. R. (1999). Trophic ecology of a tropical anuran assemblage. *Scientific  
612 Papers Natural History Museum, The University of Kansas*, 11, 1-59.
- 613 Pearman, P. B. (1997). Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of  
614 Amazonian Ecuador. *Conservation Biology*, 11, 1211-1225.
- 615 Peig, J., & Green, A. J. (2009). New perspectives for estimating body condition from  
616 mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, 118(12),  
617 1883-1891.
- 618 Peig, J., & Green, A. J. (2010). The paradigm of body condition: a critical reappraisal of  
619 current methods based on mass and length. *Functional Ecology*, 24(6), 1323-  
620 1332.
- 621 Rice, R. A., & Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological  
622 diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3), 167-173.

- 623 Sánchez-Pérez, L. C. (1993). Descripción y clave botánica para plántulas y juveniles de  
624 seis especies en una selva mediana subperennifolia en San Felipe Bacalar Tesis  
625 Profesional, Instituto Tecnológico Agropecuario No. 16. Chetumal, Quintana  
626 Roo, México.
- 627 Saunders, D. A., Hobbs, R. J., & Margules, C. R. (1991). Biological consequences of  
628 ecosystem fragmentation: a review. *Conservation biology*, 5(1), 18-32.
- 629 Strüssmann, C., & Sazima, I. (1991): *Phrynohyas hebes* life history notes. *Herpetological*  
630 *Review*, 22, 97-97.
- 631 Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D.  
632 L., & Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and  
633 extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783-1786.
- 634 Sumner, J., Moritz, C., & Shine, R. (1999). Shrinking forest shrinks skink: morphological  
635 change in response to rainforest fragmentation in the prickly forest skink  
636 (*Gnypetoscincus queenslandiae*). *Biological Conservation*, 91(2-3), 159-167.
- 637 Torrescano-Valle, N., & Folan, W. J. (2015). Physical settings, environmental history  
638 with an outlook on global change. Pp. 9-37. En: *Biodiversity and Conservation of*  
639 *the Yucatán Peninsula*. Springer International Publishing.
- 640 Touchon, J. C., Jiménez, R. R., Abinette, S. H., Vonesh, J. R., & Warkentin, K. M.  
641 (2013). Behavioral plasticity mitigates risk across environments and predators  
642 during anuran metamorphosis. *Oecologia*, 173(3), 801-811.
- 643 Turton, S. M. & Freiburger, H. J. (1997). Edge and aspect effects on microclimate of a  
644 small tropical forest remnant on the Atherton Tableland, northeastern Australia.  
645 Pp 45-54. En: Laurance, W.F., Bierregaard, Jr., R.O. (ed.), *Tropical Forest*  
646 *Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented*  
647 *Communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- 648 Urbina-Cardona, J. N., Olivares-Pérez, M. & Reynoso, V. H. (2006). Herpetofauna  
649 diversity and microenvironment correlates across the pasture-edge-interior  
650 gradient in tropical rainforest fragments in the region of Los Tuxtlas, Veracruz.  
651 *Biological Conservation*, 132, 61-75.
- 652 Urbina-Cardona, J. N., & Reynoso, V. H. (2009). Uso del microhábitat por hembras  
653 grávidas de la rana de hojarasca *Craugastor loki* en la selva alta perennifolia de

654 Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(2), 571-  
655 573.

656 Vaz-Silva, W., Silva, H. L. R., & Silva Jr, N. J. (2004). *Phrynohyas venulosa* diet.  
657 *Herpetological Review*, 35, 160.

658 Warkentin, K. M. (1995). Adaptive plasticity in hatching age: a response to predation risk  
659 trade-offs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(8), 3507-3510.

660 Williams, R. J. (2010). Network3D Software. Microsoft Research, Cambridge, UK.

661 Yoon, I., Williams, R. J., Levine, E., Yoon, S., Dunne, J. A. & Martinez, N. D.  
662 (2004). Webs on the Web (WoW): 3D visualization of ecological networks on the  
663 WWW for collaborative research and education. Proceedings of the IS&T/SPIE  
664 Symposium on Electronic Imaging, Visualization and Data Analysis 5295:124-  
665 132.

666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674

675 CUADROS Y FIGURAS

676 CUADRO 1

677 Respuestas de la talla, condición corporal y dieta de *T. typhoni* en cuatro coberturas (selva,  
678 platanar, agroecosistema y carretera).

679 TABLE 1

680 Responses of size, body condition and diet of *T. typhoni* in four vegetation coverages  
681 (forest, banana plantation, agroecosystem and road).

	Talla			Condición corporal			Dieta		
Efecto	df	pseudo-	P(MC)	df	pseudo-	P(perm)	df	pseudo-	P(MC)

		F		F		F		F	
Co	3	0.692	0.5814	3	9.895	0.0094*	3	0.79	0.67
Se	2	113.28	0.0001*	4	0.57	0.3066	2	1.28	0.24
Tem-Co	3	0.726	0.5411	3	23,085	0.2525	2	1.28	0.23
Co-Se	5	72,772	0.0014*	5	0.68	0.113	3	1.36	0.16
Tem-Co-Se	4	0.353	0.8512	4	30,579	0.0324*	0	-	-

682 \*Efectos entre coberturas (**Co**), sexo/estadio (**Se**), temporadas climáticas por cobertura  
683 (**Tem-Co**), coberturas por sexo/estadio (**Co-Se**) y entre temporada climática por  
684 cobertura por sexo/estadio (**Tem-Co-Se**); Valores en donde se encontraron diferencias  
685 significativas ( $p < 0.05$ ).

686

687

688

#### CUADRO 2

689 Mejores modelos ajustados, seleccionados a partir del Criterio de Información de Akaike  
690 (AICc), que explican cambios en la talla de los individuos de *T. typhoni*us.

691

#### TABLE 2

692 Best adjusted models, selected from Akaike Information Criterion (AICc) to explain  
693 changes in size of individuals of *T. typhoni*us.

AICc	R <sup>2</sup> Ajustado	RSS	No. Var*	Selección de variables
278.09	0.11835	1733.2	1	1
274.46	0.1617	1630.1	2	1;6
265.37	0.24815	1445.9	3	1;4;9
264.07	0.26775	1392.6	4	1;4;7;9
264.23	0.26651	1394.9	4	1;4;6;9
264.69	0.2724	1368.2	5	1;4;5;8;9
273.92	0.24141	1361.6	9	All
266.75	0.27897	1432.8	4	1;4;5;9

694 \***1**= Distancia a potrero con manejo tradicional; **2**= Distancia a potrero con  
695 agroecosistema; **3**= Distancia a selva; **4**= Distancia a afluente de la Laguna San Felipe;  
696 **5**= Distancia a Laguna Bacalar; **6**= Mediana de temperatura mes; **7**= Mediana de  
697 temperatura día; **8**= Mediana de temperatura hora, **9**= Cobertura dosel.

698

699

#### CUADRO 3

700 Mejores modelos ajustados, seleccionados a partir del Criterio de Información de Akaike  
 701 (AICc), que explican la composición de la dieta de *T. typhoni*us.

702 TABLE 3

703 Best adjusted models, selected from Akaike Information Criterion (AICc) to explain diet  
 704 composition of *T. typhoni*us.

705

AICc	R <sup>2</sup> Ajustado	RSS	No. Var*	Selección de variables
292.28	0.01	1.07E+05	1	8
293.21	0.02	1.03E+05	2	3;9
293.7	0.04	97115	3	3;8;9
294.51	0.06	92140	4	3;6;8;9
294.66	0.06	92527	4	3;5;8;9
295.59	0.08	87591	5	1-3;8;9
296.73	0.06	92140	4	3;6;8;9
303.39	0.04	82337	8	2-6;8-10
308.54	0.04	75927	10	All

706

707 \*1=Peso(gr.); 2= Longitud hocico-cloaca; 3= Distancia a potrero con manejo tradicional;  
 708 4= Distancia a selva; 5= Distancia a afluyente de la Laguna San Felipe; 6= Distancia a  
 709 Laguna Bacalar; 7= Mediana de temperatura día; 8= Mediana de temperatura hora; 9=  
 710 Cobertura dosel; 10= Condición corporal.

711

712 CUADRO 4

713 Ausencia/presencia de órdenes y frecuencia de órdenes encontrados en el  
 714 contenido estomacal de *T. typhoni*us en cuatro coberturas.

715 TABLE 4

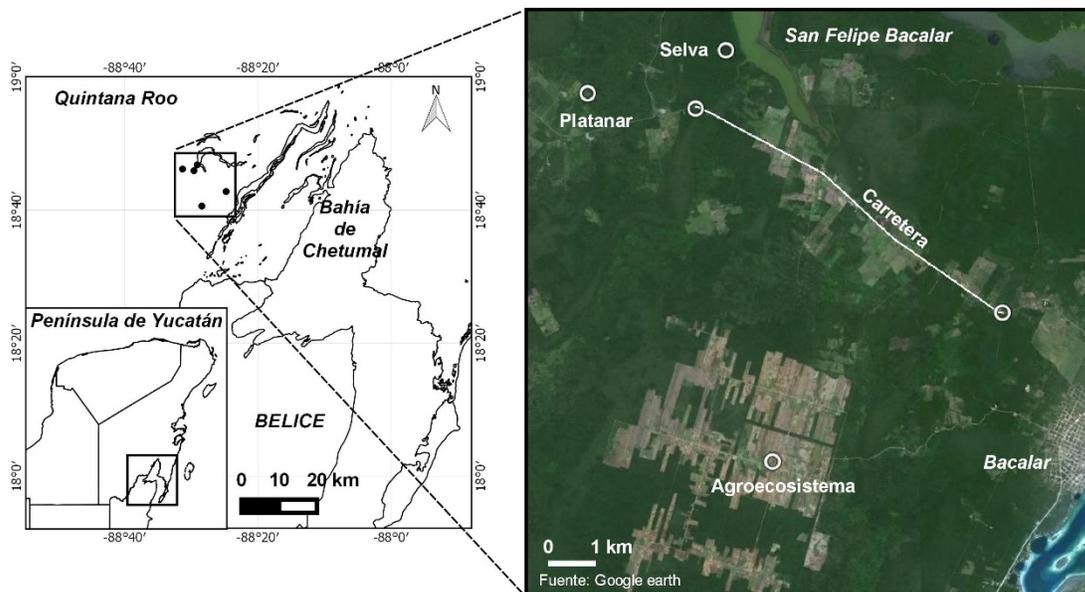
716 Absence/presence of orders and orders frequency found in the stomach  
 717 content of *T. typhoni*us in four vegetation coverages.

Orden	Total	Selva	Platanar	Carretera	Agroecosistema
Coleoptera	20	21	20	13	29
Hymenoptera	17	16	17	19	14
Hemiptera	12	11	15	6	-
Orthoptera	11	11	12	13	14

Araneae	9	5	10	6	-
Blattodea	8	5	5	13	29
Homoptera	6	5	7	6	-
Diptera	5	5	7	-	-
Lepidoptera	4	5	3	-	14
Ixodidae	4	5	2	-	-
Thysanoptera	1	-	-	6	-
Mantodea	1	5	-	-	-
Oniscidae	1	-	2	-	-
Gastropoda	1	-	-	6	-
Isopoda	1	5	-	-	-
No. Órdenes	15	12	11	9	5

718 \*Los valores numéricos están dados en porcentaje (%); ausencias (-).

719



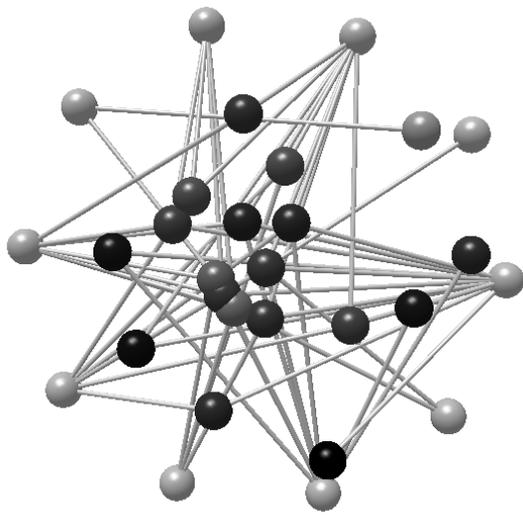
720

721 **Fig. 1.** Sitios de muestreo para la obtención de datos de talla (LHC), condición corporal y  
722 dieta de *T. typhonius*.

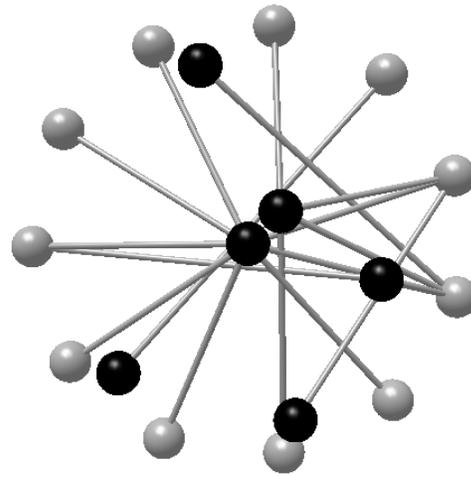
723 **Fig. 1.** Sampling sites to obtain size (snout-to-vent length [SVL]), body condition and  
724 diet of *T. typhonius*.

a)

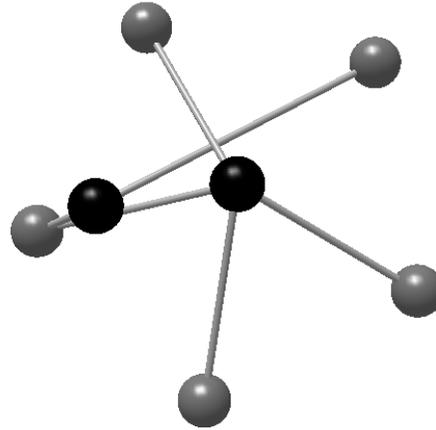
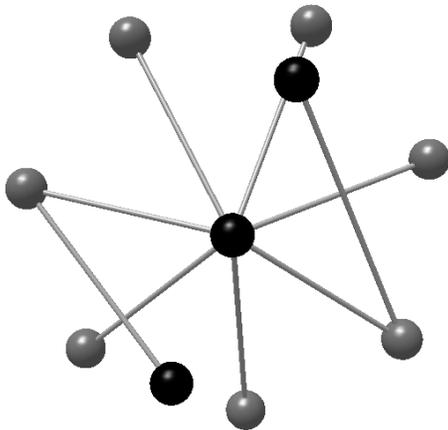
b)



c)



d)



725 **Fig. 2.** Complejidad trófica de *T. typhoni* y sus presas en cuatro coberturas de suelo: a)  
 726 Platanar; b) Selva; c) Carretera; d) Agroecosistema. Las esferas negras representan al  
 727 depredador (individuos de *T. typhoni*), mientras que las esferas grises a sus presas a  
 728 nivel de orden. Cuanto mayor es el número de conexiones de una presa hacia un  
 729 depredador, significa que fue la presa que se encontró con más frecuencia en el contenido  
 730 estomacal del depredador.

731 **Fig. 2.** Trophic complexity of *T. typhoni* and its prey in four soil coverages: a) Banana  
 732 plantation; b) Forest; c) Road; d) Agroecosystem. The predator (individuals of *T.*  
 733 *typhoni*) is represented by black spheres, whereas the preys (at order level) are

734 represented by grey spheres. The higher the number of connections of a prey with a  
735 predator, means that was the prey more frequently found in the stomach content of the  
736 predator.

## CAPÍTULO III. CONCLUSIONES

**Conclusión general.** Las respuestas en la talla, condición corporal y dieta descritas en esta investigación, advierten de la vulnerabilidad de los anfibios en el corto plazo, ante los cambios de uso de suelo, como consecuencia de la alteración del sistema trófico y ecológico del ecosistema. Los anfibios son fundamentales para el funcionamiento de ecosistemas tropicales, dado su papel en la bioturbación de ambientes acuáticos, el aporte de biomasa que realizan como presas o cadáveres y su función como depredadores (Cortés-Gómez et al., 2016). Entender la relación entre la composición de la dieta de los anuros (como medida indirecta de la complejidad trófica del ambiente) y las afectaciones en la talla y condición corporal, puede dar luces para el entendimiento del estado de salud del ecosistema; incluso en fases tempranas de la alteración antropogénica. Por otra parte, anfibios de amplia distribución, resistentes a los cambios de uso de suelo y con dietas generalistas, son piezas clave en el funcionamiento del ecosistema por el rol que juegan en el flujo de materia y energía (Cortés-Gómez et al., 2016). Análisis no invasivos, como la medición de biomasa y la talla pudieran dar mejores resultados sin afectar a las poblaciones de anfibios. Además, se propone a la relación entre la CC y la dieta como un indicador idóneo para estimar el grado de perturbación.

### Conclusiones particulares

- 1) El índice de condición corporal resultó ser la variable de respuesta más efectiva al evaluar los efectos del cambio de uso de suelo en las poblaciones de *T. typhoni*us.
- 2) Cambios en la condición corporal de esta especie, consecuencia de las temporadas climáticas, son provocados de forma indirecta por la perturbación de su hábitat y tienen mayor impacto en los primeros estadios, impactando en mayor medida a los juveniles.
- 3) La dieta de *T. typhoni*us, considerada especie generalistas de amplio espectro, resultó un buen indicador de la complejidad trófica entre ambientes.

- 4) El hecho de que los individuos encontrados en el platanar obtuvieran una buena condición corporal y tallas grandes, incluso a la par de la selva, pudiera indicar que: 1) ambientes con mayor grado de conservación, como la selva, cuentan con más refugios, pero mayor depredación; 2) ambientes perturbados y menos heterogéneos, como el platanar, donde la vegetación herbácea es removida, se aplican agroquímicos y las serpientes son eliminadas constantemente, tienen menor depredación. En ambos escenarios, los individuos de esta especie responden exitosamente a las presiones de cada ambiente.
- 5) Una resolución más fina en la identificación taxonómica del contenido estomacal será de mayor utilidad para comparar las comunidades de invertebrados presa entre ambientes con diferente grado de perturbación.
- 6) La escala espacial y los niveles tróficos son elementos importantes al evaluar la complejidad trófica en un ecosistema. Sin embargo, se pueden obtener buenos indicadores de complejidad trófica del ambiente con pocos datos, incluso con la interacción del depredador y sus presas.

**Implicaciones en la conservación.** La pérdida y fragmentación del hábitat se encuentran entre las más grandes amenazas para las poblaciones de anfibios (Stuart et al., 2004). Sin embargo, la mayoría de los estudios no logran esclarecer los mecanismos que llevan a una afectación a nivel poblacional (Cushman, 2006). Es necesario pasar de inferencias específicas a partir de un sitio en particular a evaluaciones a escala del paisaje, para determinar la influencia de la interacción de múltiples factores. Para ello, es necesario evaluar el estado de salud de una población y obtener información de las características ecológicas específicas (ej. interacciones depredador-presas) y sus interacciones con las condiciones ambientales. Esto con la finalidad de implementar estrategias de conservación a escalas múltiples a través del paisaje.

## LITERATURA CITADA

- Brühl, C. A., Schmidt, T., Pieper, S., & Alscher, A. (2013). Terrestrial pesticide exposure of amphibians: An underestimated cause of global decline?. *Scientific Reports*, 3.
- Cedeño-Vázquez, J. R., González-Vázquez, J., Martínez-Arce, A., & Canseco-Márquez, L. (2014). First record of the invasive greenhouse frog (*Eleutherodactylus planirostris*) in the Mexican Caribbean. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 650-653.
- Cortés-Gómez, A. M., Castro, F., Urbina-Cardona, J. N. (2013). Small changes in vegetation structure create great changes in amphibian ensembles in the Colombian Pacific rainforest. *Tropical Conservation Science*, 6(6), 749-769.
- Cortés-Gómez, A. M., Ramírez, M. P. & Urbina-Cardona, J. N. (2016). Protocolo de medición de rasgos funcionales en anfibios. Pp: 126-179. En: Salgado-Negret, B. (ed). 2015. *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia.
- Cushman, S. A. (2006). Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. *Biological conservation*, 128(2), 231-240.
- Delgado, A. J. & Restrepo, C. (2008). The contribution of habitat loss to changes in body size, allometry, and bilateral asymmetry in two *Eleutherodactylus* frogs from Puerto Rico. *Conservation Biology*, 22, 773-782.
- Dodd, C. K., Jr., & Smith, L. L. (2003). Habitat destruction and alteration: historical trends and future prospects for amphibians. Pp 94-112 En: R. D. Semlitsch, (ed). *Amphibian conservation*. Smithsonian Institution, Washington, D.C.

- Köhler, G. (2011). *Amphibians of Central America*. Herpeton, Offenbach, Germany.
- La Marca, E., Azevedo-Ramos, C., Scott, N., Aquino, L., Silvano, D., Coloma, L. A., Ron, S., Faivovich, J., Santos-Barrera, G., Solís, F., Ibáñez, R., Bolaños, F., Wilson, L. D. & Hardy, J. (2010). *Trachycephalus venulosus*. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1. Electronic Database accessible at [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Captured on 02 May 2011.
- Lauck, B. (2006). Fluctuating asymmetry of the frog *Crinia signifera* in response to logging. *Wildlife Research*, 33(4), 313-320.
- Laurance, W. F. (1997). Hyper-disturbed parks; edge effects and the ecology of isolated rainforest reserves in tropical Australia. Pp. 71-83. En: Laurence, W.F & Bierregaard. R. O., Jr., (eds). *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Laurance, W. F. (1998). A crisis in the making: responses of Amazonian forests to land use and climate change. *Trends in Ecology and Evolution*, 13, 411-415.
- Laurance, W. F. & Yensen, E. (1991). Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. *Biological Conservation*, 55, 77-92.
- Lee, J. C. (1996). *The Amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula*. Cornell Univ. Press. Ithaca and London. 500 p.
- López, J. A., Scarabotti, P. A., & Ghirardi, R. (2015). Amphibian trophic ecology in increasingly human-altered wetlands. *Herpetological Conservation and Biology*, 10(3), 819-832.
- MacCracken, J. G., & Stebbings, J. L. (2012). Test of a body condition index with amphibians. *Journal of Herpetology*, 46(3), 346-350.

- Matías-Ferrer, N., & Escalante, P. (2015). Size, body condition, and limb asymmetry in two hylid frogs at different habitat disturbance levels in Veracruz, Mexico. *The Herpetological Journal*, 25(3), 169-176.
- Menin, M., Santos, R. S., Borges, R. E., & Piatti, L. (2015). Notes on the diet of seven terrestrial frogs in three agroecosystems and forest remnants in Northwestern São Paulo State, Brazil. *Herpetology Notes*, 8, 401-405.
- Morris, R. J. (2010). Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network structure and ecosystem functioning perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 365(1558), 3709-3718.
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 10, 58-62.
- Neckel-Oliveira, S. & Gascon, C. 2006. Abundance, body size and movement patterns of a tropical treefrog in continuous and fragmented forests in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, 128, 308-315.
- Parmelee, J. R. (1999). Trophic ecology of a tropical anuran assemblage. *Scientific Papers Natural History Museum, The University of Kansas*, 11, 1-59.
- Pearman, P. B. (1997). Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology*, 11, 1211-1225.
- Rice, R. A., & Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3), 167-173.

- Sánchez Colón, S., Martínez, A. F., Leyva, I. C., & Velázquez, A. (2009). Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. *Capital natural de México*, 2, 75-129.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L., & Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783-1786.
- Turton, S. M. & Freiburger, H. J. (1997). Edge and aspect effects on microclimate of a small tropical forest remnant on the Atherton Tableland, northeastern Australia. Pp 45-54. En: Laurance, W.F., Bierregaard, Jr., R.O. (ed.), *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Urbina-Cardona, J. N., Olivares-Pérez, M. & Reynoso, V. H. (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across the pasture-edge-interior gradient in tropical rainforest fragments in the region of Los Tuxtlas, Veracruz. *Biological Conservation*, 132, 61-75.
- Young, B. E., Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., & Boucher, T. M. (2004). Joyas que están desapareciendo: el estado de los anfibios en el Nuevo Mundo. *NatureServe*, Arlington, Virginia.