



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**  
**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



---

---

**RIQUEZA, DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT DE  
RENACUAJOS EN UN ARROYO TROPICAL EN TABASCO, MÉXICO**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**PRESENTA**

**JENNY DEL CARMEN ESTRADA MONTIEL**

**DIRECTORES DE TESIS**

**DRA. JUDITH ANDREA RANGEL MENDOZA**

**DRA. LILIANA RÍO RODAS**

**VILLAHERMOSA, TABASCO**

**JUNIO, 2023**



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN**

Villahermosa, Tab., a 21 de Junio de 2023

**ASUNTO:** Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON  
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
P R E S E N T E**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza a la **C. JENNY DEL CARMEN ESTRADA MONTIEL** egresada de la Maestría en **CIENCIAS AMBIENTALES** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **"RIQUEZA, DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT DE RENACUAJOS EN UN ARROYO TROPICAL EN TABASCO, MÉXICO"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

**A T E N T A M E N T E**

**DR. ARTURO GARRIDO MORA  
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**U.J.A.T.  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



C.c.p. - Expediente Alumno de la División Académica  
C.c.p.- Interesado



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN**

**JUNIO 21 DE 2023**

**C. JENNY DEL CARMEN ESTRADA MONTIEL  
PAS. DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES  
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"RIQUEZA, DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT DE RENACUAJOS EN UN ARROYO TROPICAL EN TABASCO, MÉXICO"**, asesorado por la Dra. Judith Andrea Rangel Mendoza y Dra. Liliana Ríos Rodas sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado integrado por la Dra. Claudia Elena Zenteno Ruiz, MCA. María del Rosario Barragán Vázquez, Dra. Judith Andrea Rangel Mendoza, Dr. José Rogelio Cedeño Vázquez y Dr. Marco Antonio López Luna.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

**DR. ARTURO GARRIDO MORA  
DIRECTOR**

**U.J.A.T.  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**DIRECCIÓN**

C.c.p.- Expediente del Alumno.  
C.c.p.- Archivo

## CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“RIQUEZA, DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT DE RENACUAJOS EN UN ARROYO TROPICAL EN TABASCO, MÉXICO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el día 21 de junio del dos mil veintitrés

AUTORIZO



---

JENNY DEL CARMEN ESTRADA MONTIEL



UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



División Académica  
de Ciencias Biológicas.

Jefatura de Posgrado.



Villahermosa, Tabasco a 02 de junio de 2023

**C. JENNY DEL CARMEN ESTRADA MONTIEL**  
EGRESADA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES  
PRESENTE

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad, y por instrucciones de la Dirección de Posgrado, se implementó la revisión de los documentos recepcionales (tesis), a través de la plataforma Turnitin iThenticate para evitar el plagio e incrementar la calidad en los procesos académicos y de investigación en esta División Académica. Esta revisión se realizó en correspondencia con el Código de Ética de la Universidad, el Reglamento General de Estudios de Posgrado, el Código Institucional de Ética para la Investigación y con los requerimientos para los posgrados en el SNP-CONAHGYT.

Por este conducto, hago de su conocimiento las observaciones y el reporte de originalidad de su documento de tesis. Con el objetivo de fortalecer y enriquecer el programa de posgrado, el responsable del programa realizó la revisión del documento en la plataforma iThenticate, obteniendo el reporte de originalidad, el índice de similitud y emitió las siguientes sugerencias y recomendaciones para dar seguimiento en el documento de tesis del proyecto de investigación: **"Riqueza, distribución y características del hábitat de renacuajos en un arroyo tropical en Tabasco, México"**.

OBSERVACIONES:

1. **El índice de similitud obtenido fue de 01%**, el cual se ubica dentro del estándar de tolerancia de acuerdo a las Políticas y Lineamientos para el uso y manejo del Software Antiplagio de la UJAT. Se demuestra el nivel de originalidad del documento y de la investigación.
2. **Se adjunta el informe de originalidad de la tesis** obtenido a través de la herramienta Turnitin iThenticate.

C.c.p. ARCHIVO

KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA

Tel. (993) 358-1500 Ext. 6407. Correo e: [posgrado.dacbiol@ujat.mx](mailto:posgrado.dacbiol@ujat.mx)

Consortio de  
Universidades  
Mexicanas  
UNA ALIANZA DE CALIDAD PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua y ayuda a conservar los bosques

[www.ujat.mx](http://www.ujat.mx)



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**División Académica  
de Ciencias Biológicas.**

**Jefatura de Posgrado.**



**2023  
100 años  
Francisco  
VILLA  
EL REVOLUCIONARIO DEL CAMPO**

- Finalmente, se le solicita a la C. Jenny del Carmen Estrada Montiel, integrar en la versión final de tesis, este oficio y el informe de originalidad con el porcentaje de similitud de Turnitin iThenticate.

Sin otro particular al cual referirme, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.



C.C.P. Dra. Judith Andrea Rangel Mendoza. Directora de Tesis.

C.c.p. ARCHIVO

**Consortio de  
Universidades  
Mexicanas**  
UNA ALIANZA DE CALIDAD PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR

KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA  
Tel. (993) 358-1500 Ext. 6407. Correo e: [posgrado.dacbiol@ujat.mx](mailto:posgrado.dacbiol@ujat.mx)

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua y ayuda a conservar los bosques

[www.ujat.mx](http://www.ujat.mx)

# Riqueza, distribución y características del hábitat de renacuajos en un arroyo tropical en Tabasco, México

INFORME DE ORIGINALIDAD

1%

ÍNDICE DE SIMILITUD

## FUENTES PRIMARIAS

1	docplayer.es Internet	34 palabras — < 1%
2	doczz.net Internet	34 palabras — < 1%
3	core.ac.uk Internet	31 palabras — < 1%
4	hdl.handle.net Internet	19 palabras — < 1%
5	ecosur.repositorioinstitucional.mx Internet	17 palabras — < 1%
6	es.wikipedia.org Internet	17 palabras — < 1%
7	www.scielo.sa.cr Internet	16 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR PUBLICACIÓN

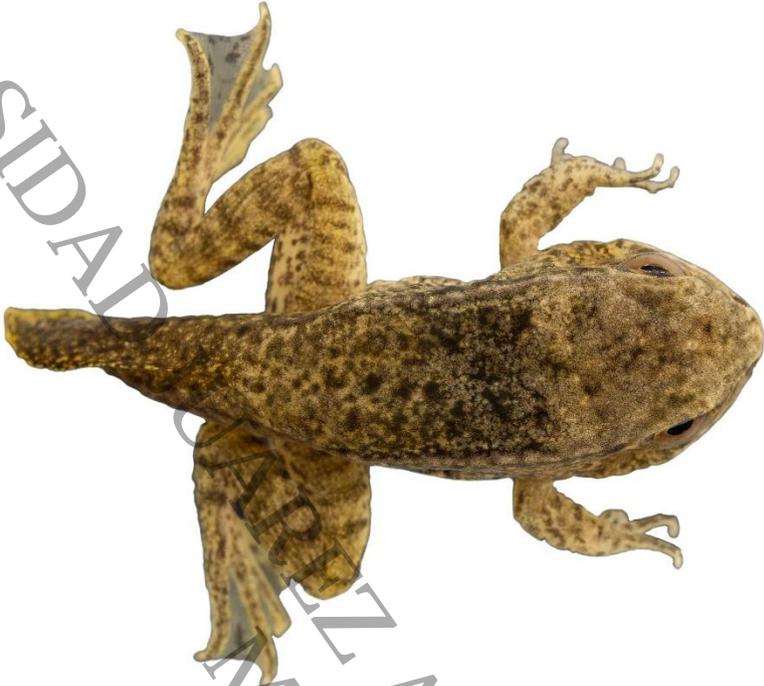
ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 15 PALABRAS

UNIVERSIDAD  
CARRIZO AUT  
MEXICO  
OMAD  
HITABASCO.



## DEDICATORIA

*A mis padres; gracias a su apoyo y consejos he logrado alcanzar una meta más en mi vida*

*A mis hermanos por creer en mí y siempre estar ahí cuando los necesito*

*A Wendy Lu por su apoyo incondicional y soportarme en mis momentos de estrés*

UNIVERSIDAD JUAREZ AUTONOMA DE TABASCO.  
MEXICO.

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por permitir que siga en esta vida para poder cumplir mis metas.*

*A mis directoras de tesis, Dra. Judith A. Rangel y Dra. Liliana Ríos Rodas, por confiar en mí y brindarme su apoyo incondicional dentro y fuera del ámbito escolar.*

*Al comité sinodal, la Dra. Claudia Elena Zenteno Ruiz y el Dr. J. Rogelio Cedeño Vázquez, por el tiempo que se tomaron para la mejora del documento y al soporte brindado.*

*Un agradecimiento especial al Dr. Nicolás Urbina Cardona por el enriquecimiento obtenido durante la estancia y sus valiosas aportaciones en los análisis estadísticos.*

*A la M. C. María del Rosario Barragán por aceptarme como servicio social durante la licenciatura y por el cariño que me ha brindado todos estos años.*

*A José Gerónimo Torres, Perla Chuc y Chucho Regil, por la ayuda incondicional que me brindaron en cada salida de campo e igual por sus observaciones durante este proceso.*

*A la comunidad de Villa de Guadalupe por el apoyo otorgado en el trabajo de campo, así como los cuidados y facilidades que nos brindaron durante cada salida.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para estudiar la Maestría en Ciencias Ambientales y por supuesto para la realización de la presente investigación.*

*Finalmente, agradezco a cada persona que me apoyó. El espacio es limitado para mencionar una por una, además soy mala expresándome, así que solo queda decir que estoy infinitamente agradecida por todo el apoyo que me han otorgado en todos estos años.*

## RESUMEN

En el arroyo tropical “La Escalera”, ubicado en Huimanguillo, Tabasco, México, se analizó el ensamble de renacuajos y su relación con las características bióticas y abióticas de su hábitat en charcas con diferente grado de perturbación antropogénica. De marzo a julio de 2021 se evaluaron charcas de agua permanentes y temporales ubicados en vegetación primaria, secundaria y recién talada, donde se registraron las especies de renacuajos. Se contabilizaron los individuos presentes en cada una de las charcas por un lapso de cinco minutos para conocer la abundancia relativa, se tomaron en cuenta atributos de la vegetación y algunas variables del cuerpo de agua como: pH, y salinidad. Se utilizó el análisis multivariante de varianza (PERMANOVA) y un análisis de coordenadas principales con la finalidad de conocer cuales variables influyen en la selección de las charcas. Se registraron tres especies, que presentaron distribución agregada en su hábitat en función del grado de perturbación de la selva y si la charca era temporal o permanente. *Exerodonta bivocata* habitó exclusivamente charcas permanentes en selva primaria, siendo la especie más vulnerable a la deforestación; su distribución en las charcas estuvo determinada por la presencia de decápodos, la altitud y la corriente del agua. *Incilius valliceps* sólo se registró en charcas temporales en selva secundaria y su abundancia dependió de las raíces y la profundidad de la charca; mientras que *Lithobates vaillanti* se distribuyó en selvas secundarias siendo la única que continuó su reproducción (en charcas temporales y permanentes) luego de la tala. La distribución de las larvas de *L. vaillanti* estuvo determinada por la ausencia de corriente en el agua, la profundidad de la hojarasca, la temperatura del agua y el sustrato limoso. Es importante continuar con el monitoreo de los ensambles de renacuajos de las especies estudiadas y la dinámica poblacional de especies especialistas en hábitats de selva primaria debido a que los anuros adultos dependen de la estructura vegetal alrededor de las charcas para mantener el equilibrio de sus poblaciones.

## ABSTRACT

In the tropical stream "La Escalera", located in Huimanguillo, Tabasco, Mexico, the tadpole assemblage, and its relationship with the biotic and abiotic characteristics of its habitat in ponds with different degrees of anthropogenic disturbance were analyzed. From March to July 2021, permanent and temporary ponds located in primary, secondary and recently logged vegetation were evaluated, where tadpole species were recorded. The individuals present in each of the ponds were counted for a period of five minutes to know the relative abundance, vegetation attributes and some variables of the water body such as pH and salinity were considered. A multivariate analysis of variance (PERMANOVA) and an analysis of principal coordinates were used to determine which variables influence the selection of ponds. Three species were recorded, which presented aggregate distribution in their habitat according to the degree of disturbance of the forest and whether the pond was temporary or permanent. *Exerodonta bivocata* exclusively inhabited permanent ponds in primary forest, being the species most vulnerable to deforestation; its distribution in the ponds was determined by the presence of decapods, altitude, and water current. *Incilius valliceps* was only recorded in temporary ponds in secondary forest and its abundance depended on the roots and depth of the pond; while *Lithobates vaillanti* was distributed in secondary forest and was the only species that continued to reproduce (in temporary and permanent pools) after logging. The distribution of *L. vaillanti* larvae was determined by the absence of current in the water, the depth of the leaf litter, the water temperature, and the silty substrate. It's important to continue monitoring the tadpole assemblages of the species studied and the population dynamics of specialist species in primary forest habitats because adult anurans depend on the vegetation structure around the ponds to maintain the equilibrium of their populations.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I: PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
MARCO TEÓRICO .....	4
DESARROLLO ONTOGÉNICO .....	5
ETAPA EMBRIONARIA .....	5
ETAPA LARVARIA .....	6
DE RENACUAJOS A METAMÓRFICOS .....	7
ALIMENTACIÓN E IMPORTANCIA ECOLÓGICA .....	8
HÁBITAT .....	9
ESTUDIOS REALIZADOS .....	10
JUSTIFICACIÓN .....	15
OBJETIVOS .....	16
GENERAL .....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
ÁREA DE ESTUDIO .....	17
LOCALIZACIÓN .....	17
CLIMA .....	18
HIDROLOGÍA .....	18

FISIOGRAFÍA .....	18
VEGETACIÓN .....	18
TRABAJO DE CAMPO.....	20
SELECCIÓN DE LAS CHARCAS .....	20
REGISTRO DE ORGANISMOS.....	20
CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT .....	21
TRABAJO DE LABORATORIO.....	21
ANÁLISIS DE DATOS .....	22
RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN .....	22
MAPA DE CALOR.....	23
ANÁLISIS MULTIVARIANTE DE VARIANZA (PERMANOVA) .....	23
ANÁLISIS DE COORDENADAS PRINCIPALES (PCoA) .....	24
MODELO LINEAL BASADO EN DISTANCIAS (DistLM).....	24
LITERATURA CITADA.....	25
CAPÍTULO II: DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT DE RENACUAJOS PRESENTES EN CHARCAS ASOCIADAS AL ESTADO DE LA VEGETACIÓN EN UN ARROYO TROPICAL DE TABASCO, MÉXICO.....	36
CAPÍTULO III: CONSIDERACIONES FINALES .....	80
LITERATURA CITADA.....	85

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Fases embrionarias del desarrollo ontogénico en los anuros. Ilustraciones adaptadas de las escalas de Gosner (1960) y McDiarmid y Altig (1999).

**Figura 2.** Etapas larvarias de los anuros (17 a 25). Ilustraciones adaptadas de las escalas de Gosner (1960) y McDiarmid y Altig (1999).

**Figura 3.** Etapas finales (31 a la 46) del desarrollo ontogénico de los anuros. Ilustraciones adaptadas de las escalas de Gosner (1960) y McDiarmid y Altig (1999).

**Figura 4.** Localización geográfica del área de estudio en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

**Figura 5.** Tipos de vegetación presentes en el área de estudio, a) vegetación primaria, b) vegetación secundaria, c) vegetación recién talada.

UNIVERSIDAD JUAREZ AUTONOMA DE TABASCO.  
MEXICO.

## **CAPÍTULO I:**

### **PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN**

## INTRODUCCIÓN

Actualmente se han descrito más de 35 modos reproductivos para los anuros, esta amplia diversidad está definida por la selección del sitio de ovoposición y el ciclo larvario (Cortés-Gómez et al., 2016, Haddad y Prado, 2005; Haddad y Sawaya, 2000). Aproximadamente el 33% de los anfibios se desarrollan a través de la metamorfosis, la cual consiste en cinco etapas: embrión, larva, renacuajo, metamórfico y adulto (Haddad y Prado, 2005; Borges-Júnior y Rocha, 2013). Los adultos son los encargados de seleccionar el sitio adecuado para las puestas de sus huevos, sin embargo, las crías son capaces de seleccionar cuerpos de aguas óptimos para su alimentación y desarrollo, de esta selección dependerá su supervivencia, lo que es crucial para mantener el equilibrio de sus poblaciones en estado adulto (Both et al., 2011; Melo et al., 2018; Thomas et al., 2019).

La selección de las charcas por parte de los renacuajos está influenciada por el espacio y la disponibilidad de los recursos alimenticios (Heyer, 1976). No obstante, existen otras características que influyen en esta selección, por ejemplo: la cobertura del dosel que está encargada de la regulación de la temperatura, el porcentaje de hojarasca, la cantidad de vegetación acuática y las propiedades fisicoquímicas del agua como la conductividad, el oxígeno disuelto, la temperatura y el pH (Borges-Júnior y Rocha, 2013; Melo et al., 2018; Thomas et al., 2019; Sah y Grafe, 2020). Otro factor que influye en la selección de las charcas es el periodo en que se lleve a cabo el proceso de la metamorfosis, los renacuajos con un desarrollo larvario rápido seleccionaran charcas temporales y aquellos renacuajos que tiene un periodo de metamorfosis largo utilizarán charcas permanentes (Borges-Júnior y Rocha, 2013; Peltzer y Lajmanovich, 2004).

Los renacuajos juegan un papel importante en el mantenimiento de los cuerpos de agua al consumir principalmente fitoplancton, perifiton y plantas acuáticas; son dispersores de semillas y

ayudan a estimular la actividad fúngica presente en la hojarasca, lo que ayuda a su descomposición y contribuyen al mantenimiento y el equilibrio de la cadena trófica (Connelly et al., 2008, 2011; Arriba, 2015; Cortés-Gómez et al., 2016; Sah y Grafe, 2020). Los ecosistemas acuáticos o ribereños están sujetos a variaciones a través del tiempo, ya sea de manera natural o por la acción del ser humano, lo que determina la disponibilidad de los hábitats para el desarrollo de los renacuajos e incluso de los anuros adultos, afectando así el número de especies que se pueden encontrar y la abundancia de sus poblaciones (Rodrigues et al., 2010; Suazo-Ortuño et al., 2018)

El estado de Tabasco cuenta con un gran número de cuerpos de agua, como es el caso del arroyo “La Escalera” ubicado en el Ejido Villa Guadalupe en el municipio de Huimanguillo, donde se han obtenido nuevos registros de especies de flora y fauna, algunas de las cuales son endémicas para la región (González-Aguilar y Burelo-Ramos, 2017; Carvajal-Hernández et al., 2018; Ríos-Rodas et al., 2019). Además de albergar una amplia biodiversidad, dicho arroyo es primordial para el Complejo Ecoturístico Agua Selva y sus alrededores, debido a que varios asentamientos humanos dependen de este para desarrollar sus actividades cotidianas. El presente estudio pretende conocer la riqueza de especies de anuros en el arroyo “La Escalera”, además de analizar cuáles son las variables bióticas y abióticas que están influyendo en la selección de las charcas permanentes o temporales, así como la distribución y abundancia de los renacuajos presentes.

## MARCO TEÓRICO

La diversidad y el grado de endemismo de anfibios presentes en México lo posicionan como uno de los países megadiversos (Mata-Silva et al., 2019). Los anuros son un grupo de anfibios que en su mayoría dependen de los cuerpos de agua, por presentar características muy particulares: una piel lisa, vascularizada y permeable que les facilita el intercambio de gases y la absorción del agua, glándulas mucosas que les permite humectar la piel facilitando su respiración y una fecundación externa en donde los huevos carecen de membranas extraembrionarias, por lo que necesitan ser depositados en el agua, en sitios húmedos o sobre la vegetación cercana a los cuerpos de agua para el desarrollo y supervivencia de las larvas (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010; Heano-Muñoz y Bernal-Bautista, 2011; Parra-Olea et al., 2014).

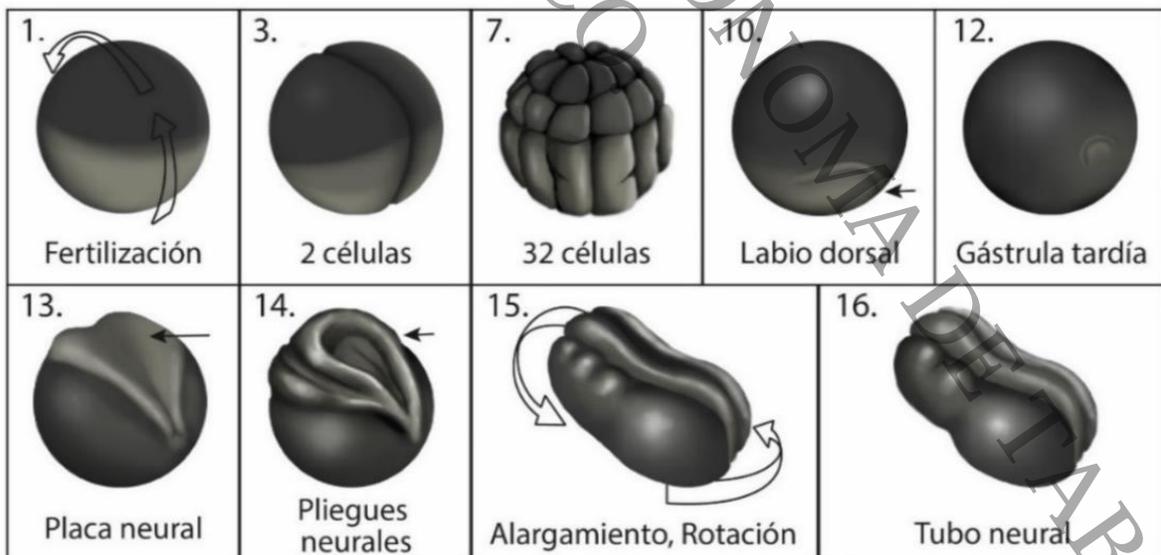
De los huevos de los anfibios emergen las larvas, que en términos muy generales hace referencia a los renacuajos, pero también pueden abarcar todas las etapas del desarrollo dentro del huevo hasta la eclosión (McDiarmid y Altig, 1999). A pesar de conocer muy poco sobre la importancia de los renacuajos, se deben de considerar como organismos de vida libre, pues al pasar por una etapa transitoria en el medio acuático están expuestos a presiones medioambientales como cualquier otro organismo de vida acuática, además de realizar actividades similares a las de su etapa adulta como la alimentación, locomoción y respiración, aunque de manera muy diferente (Mijares- Urrutia, 1998; McDiarmid y Altig, 1999).

## DESARROLLO ONTOGÉNICO

Las etapas de desarrollo hasta el momento de la eclosión dependen de la especie y de las condiciones ambientales. Para los estudios de desarrollo y ecología se han propuesto etapas generales: de la etapa 1 a la 20 son embriones; 21 a 24, larvas; 25 a 41, renacuajos y 42 a 46, metamórficos (McDiarmid y Altig, 1999).

### ETAPA EMBRIONARIA

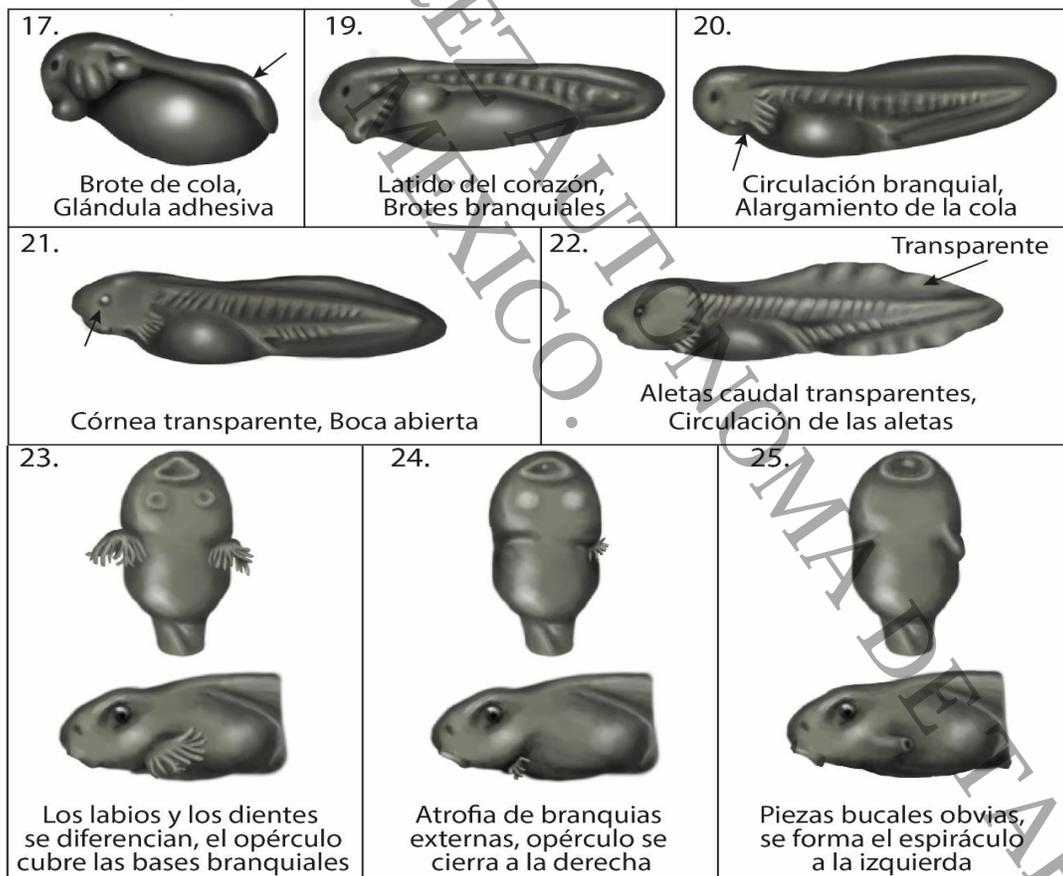
La fertilización de los huevos en los anuros empieza en los estadios uno y dos, a partir del estadio tres comienza el proceso de división celular el cual abarca hasta el estadio nueve; después del cuarto estadio la división celular se vuelve menos regular y el tamaño de los blastómeros se va a diferenciar de la etapa siete a la nueve. La gastrulación comienza en el estadio 10 y la formación de la placa neural se empieza a notar en la etapa 13; durante los estadios siguientes (del 14 al 16) se empiezan a formar los pliegues neurales para dar paso a la rotación ciliar del embrión y formar el tubo neural, las placas branquiales y la cabeza se hacen ligeramente visibles (Fig. 1).



**Figura 1.** Fases embrionarias del desarrollo ontogénico en los anuros. Ilustraciones adaptadas de las escalas de Gosner (1960) y McDiarmid y Altig (1999)

## ETAPA LARVARIA

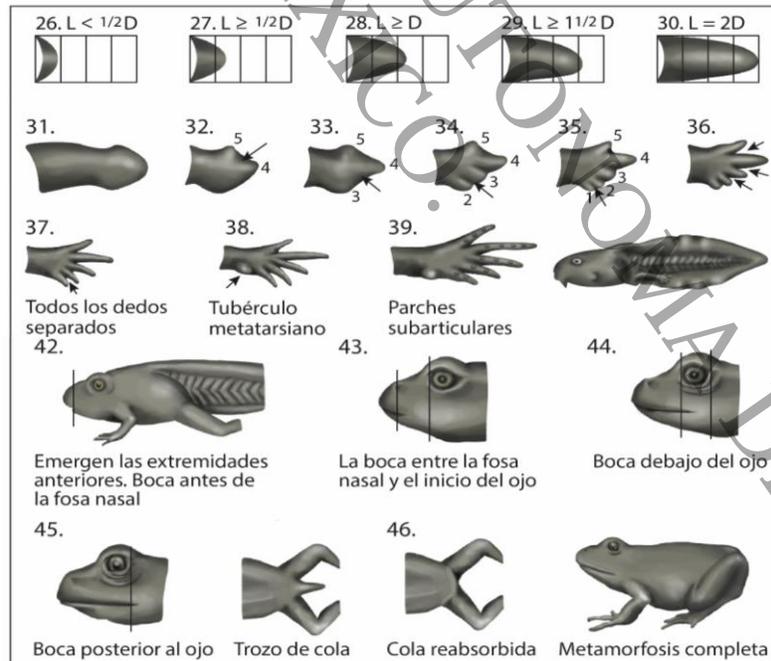
La cola se empieza a desarrollar ligeramente en el estadio 17, en los próximos tres estadios (18 al 20) se forman las branquias externas y continúa el crecimiento de la cola; durante las etapas 21 y 22 las branquias externas se desarrollan por completo, la córnea se vuelve transparente y los ojos no se aprecian claramente; en los estadios del 23 al 25 se desarrolla el opérculo y desaparecen las branquias externas. La pigmentación de los renacuajos se define por tres tipos de células: los melanóforos dan paso a una coloración oscura, los lipóforos proporcionan una coloración entre amarillo y naranja, las iridóforos dan paso a un pigmento opaco o lechoso; la intensidad del color dependerá en gran medida de las condiciones ambientales (Fig. 2).



**Figura 2.** Etapas larvarias (17 a 25) de los anuros. Ilustraciones adaptadas de las escalas de Gosner (1960) y McDiarmid y Altig (1999).

## DE RENACUAJOS A METAMÓRFICOS

Se les considera renacuajos cuando estos organismos empiezan a alimentarse de manera independiente y nadar libremente, esta etapa empieza en el estadio 25. Dentro de las etapas de desarrollo 26 a la 40 el crecimiento es relativamente rápido, la identificación en esta etapa es mediante la observación de las extremidades posteriores. Los estadios 31 al 37 se diferencian por los cambios en las extremidades posteriores donde se podrá observar la aparición de las falanges individuales, las partes bucales no se modifican y los patrones de pigmentación se estabilizan aproximadamente en la etapa 32. En las etapas 38 a la 40 se presentan cambios en las longitudes de las falanges individuales y empieza la formación de los tubérculos. Los cambios más drásticos en la metamorfosis se presentan en las etapas 40 a la 42 con la absorción de la cola, en el estadio 42 aparecen las extremidades delanteras. En las etapas restantes se observan cambios notorios en la cabeza y la metamorfosis se completa en la etapa 46 (Fig. 3).



**Figura 3.** Etapas finales (31 a la 46) del desarrollo ontogénico de los anuros. Ilustraciones adaptadas de las escalas de Gosner (1960) y McDiarmid y Altig (1999).

## ALIMENTACIÓN E IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Los renacuajos son integrantes importantes de los ecosistemas dulceacuícolas, debido a su gran diversidad y abundancia son presas de otros vertebrados acuáticos (Cortés-Gómez et al., 2016). Además, son considerados herbívoros especializados que se nutren a través de la filtración, alimentándose de las algas adheridas a diferentes sustratos, de plancton y de la materia orgánica presente en los sedimentos de los cuerpos de agua (Jacobson et al., 2019), por lo que juegan un papel protagónico en la cadena trófica y en el flujo de energía que los convierte en sujetos de interés en la investigación ecológica (Cortés-Gómez et al., 2016), debido a esto se consideran bioindicadores de los sistemas acuáticos, que al alimentarse de las microalgas evitan la eutrofización de los cuerpos de agua (Melo et al., 2018).

Recientemente se ha descubierto que los renacuajos también son dispersores de semillas o esporas de micrófitos acuáticos, demostrando un alto potencial para modular la dinámica de las poblaciones de las plantas acuáticas (Arriba, 2015), también pueden ser considerados como depredadores ya que pueden alimentarse de los huevos de la misma especie, lo que indica que el canibalismo es común entre estos (Mijares-Urrutia, 1998; McDiarmid y Altig, 1999; Borges-Júnior y Rocha, 2013; La Marca y Castellanos, 2018). Debido a las funciones que desempeñan los renacuajos en los cuerpos de agua, la presencia de éstos es de vital importancia; su ausencia alteraría la producción primaria, habría un incremento en la producción de algas y la actividad fúngica que ayuda a la descomposición de la hojarasca se volvería lenta (Cortés-Gómez et al., 2016; Arriba, 2015; Melo et al., 2018).

## **HÁBITAT**

El hábitat es un espacio específico que reúne condiciones bióticas y abióticas indispensables para la presencia y distribución de una especie (Delfín-Alfonso et al., 2014). La selección del hábitat es crucial para asegurar la supervivencia de los individuos en cualquiera de sus etapas de desarrollo (Ernst et al., 2012). Existe una zona de transición entre el medio terrestre y el acuático conocida como zona ribereña, los arroyos que pasan a través de estas zonas de transición están rodeadas de una gran diversidad de flora que ayuda a regular la cantidad de luz que penetra a los cuerpos de agua (ej. arroyos, charcas) y de esta manera mantienen temperaturas más estables, además los cambios que se producen en este tipo de vegetación por troncos o árboles caídos permiten una mayor diversidad de cuerpos de aguas y microhábitats los cuales son aprovechadas por los anfibios para llevar a cabo su ciclo reproductivo (Granados-Sánchez et al., 2006; Ríos-Rodas et al., 2020).

La selección del hábitat por parte de los renacuajos a lo largo de los arroyos se ve influenciada por factores bióticos y abióticos (Kopp y Eterovick, 2006), entre de los factores abióticos la temperatura es uno los parámetros más importantes, al influir directamente en la fisiología, ecología y comportamiento de las larvas de los anuros (McDiarmid y Altig, 1999, Sah y Grafe, 2020). Por ejemplo, el aumento en la temperatura acelera el crecimiento, desarrollo y tamaño de los renacuajos lo que puede ser crítico para la supervivencia de los individuos que se enfrentan a la estacionalidad del hábitat con menor flujo de agua (McDiarmid y Altig, 1999). La altitud, el flujo y la profundidad del agua, la cantidad de oxígeno disuelto, el pH, la conductividad y la salinidad son factores abióticos que influyen en la selección de las charcas por parte las larvas de los anuros (Eterovick y Barata, 2006; Strauß et al., 2010; Borges-Júnior y Rocha, 2013).

La depredación y la competencia son dos factores bióticos importantes que también determinan la riqueza, el crecimiento, la abundancia, la densidad y la distribución de los renacuajos a lo largo de los arroyos (Kopp y Eterovick, 2006). La estructura de la vegetación y el dosel arbóreo proporciona material orgánico como la hojarasca que servirá como alimento para los renacuajos, y en conjunto con la vegetación acuática podrán reducir la depredación, aumentando así el porcentaje de supervivencia de los renacuajos (Borgues-Júnior y Rocha, 2013, Melo et al., 2018). Otro factor que influye en la selección del hábitat por parte de los renacuajos es el tiempo en que se lleva a cabo su proceso de metamorfosis, aquellos renacuajos con un periodo larvario largo utilizan charcas permanentes y aquellos que presentan metamorfosis corta utilizan charcas temporales (Borgues-Junior y Rocha, 2013; Peltzer y Lajmanovich, 2004).

## **ESTUDIOS REALIZADOS**

Los estudios previos sobre renacuajos se han centrado en conocer la relación de las variables bióticas y abióticas que influyen en la riqueza de especies y sus abundancias. Los principales trabajos se han centrado en el sureste asiático y algunos países del nuevo mundo como Brasil, debido a que las comunidades de anuros en estas regiones son muy diversas.

Uno de los primeros estudios realizados fue el de Heyer (1973), en la Estación de Sakaerat al noreste de Bangkok, en el cual observó que los renacuajos de *Duttaphrynus melanostictus* se encontraron con mayor frecuencia en el fondo de los cuerpos de agua. Además, reporta que algunas de las poblaciones de renacuajos presentan una distribución aleatoria. Heyer (1974) concluye que el tamaño de los cuerpos de agua influye de manera significativa en la diversidad y distribución de otras especies de renacuajos como *Polypedates leucomystax* y *Microhyla butleri* a lo largo de los arroyos. Sin embargo, menciona que posiblemente la cantidad de alimento disponible en las

charcas interviene en la distribución de los renacuajos. El mismo autor (1976) corrobora que estas dos variables (tamaño del cuerpo de agua y cantidad de alimento disponible), determinan la selección de las charcas por parte de los individuos. Así mismo, Steinwascher (1979) señala que la supervivencia de los renacuajos está en función de estas mismas variables. Inger et al. (1986), estudiaron una comunidad de renacuajos por un lapso de 22 años en una selva tropical de Borneo, encontraron que los renacuajos se hallaron principalmente en los cuerpos de agua permanentes con corrientes o temporales, con un alto porcentaje de hojarasca y con poca cobertura de dosel, además concluyen que los renacuajos presentes en las charcas se caracterizaban por presentar diferencias morfológicas y de comportamiento.

Existen otras variables abióticas que determinan la selección de las charcas por parte de los renacuajos, por ejemplo Gascon (1991) concluye que la cantidad de oxígeno disuelto y la profundidad son de las variables de mayor peso; sin embargo, esto difiere a lo reportado por Lajmanovich (2000), ya que la profundidad de la charca no tuvo un efecto significativo, por otro lado concluye que la temperatura está altamente relacionada con la riqueza de las especies de renacuajos, debido a que los anuros dependen en gran medida de la precipitación y la temperatura.

En Brasil existen diversos trabajos enfocados en renacuajos, dentro de los cuales se encuentra el de Eterovick y Sazima (2000), quienes reportaron una alta abundancia de renacuajos la cual estuvo determinada por la profundidad de los cuerpos de agua y el tipo de sustrato. En otro estudio, Eterovick y Fernandes (2001) registraron una alta abundancia de renacuajos, determinada por la profundidad y el flujo de los cuerpos de agua, de igual forma señalan que la especie *Scinax machadoi*, utilizaba las zonas más profundas de los arroyos, mientras que otros hylidos utilizaron con mayor frecuencia sitios menos profundos. Sin embargo, Eterovick y Zouza (2003) encontraron

un mayor número de especies de renacuajos en los cuerpos de agua con fondo rocoso, con corriente y con profundidades entre 15 y 30 cm.

En los estanques permanentes cercanos al Río Paraná en Argentina, Peltzer y Lajmanovich (2004) concluyeron que la riqueza de renacuajos estuvo relacionada con el porcentaje de oxígeno disuelto, la cantidad de alimento, la profundidad y el tamaño de los cuerpos de agua; además reportaron que el número de especies fue mayor en los cuerpos de agua permanentes y semipermanentes. Aunque esto puede diferir en otros sitios, Both et al. (2009), encontró una mayor diversidad de renacuajos en las charcas temporales, mientras que Rodrigues et al. (2010) y Vasconcelos et al. (2011) concluyeron que los cuerpos de agua permanentes y temporales albergan distintas especies de renacuajos y solo unas cuantas utilizan ambos tipos de charcas, por tanto, se espera que la diversidad de anuros en estos cuerpos de agua sea diferente (Fatorelli, 2011; Melo et al., 2018).

La precipitación es una variable que influye a nivel de especie; por ejemplo, Almeida-Gomes et al. (2012), concluyen que la abundancia de *Crossodactylus gaudichaudiila*, fue mayor en los meses de lluvia que en los meses de seca, por lo tanto, sugiere que las precipitaciones tienden a regular ya sea de manera directa o indirecta la abundancia de las especies. Para las larvas de la rana *Nasikabatrachus sahyadrensis*, la corriente del agua fue la variable que más explicaba la abundancia de esta especie, esto lo atribuyen a que los renacuajos de esta especie poseen una estructural bucal modificada que les permite ocupar cuerpos de agua que presenten corrientes (Thomas et al., 2019). Datos similares fueron reportados por, Sah y Grafe, (2020) quienes concluyeron que la corriente del agua influye en la riqueza de especies presentes en Borneo.

Las variables bióticas influyen significativamente en la selección del hábitat, ayudan a entender la riqueza de las especies, la abundancia y distribución a lo largo de los arroyos; por

ejemplo, la cobertura del dosel ayuda a mantener una temperatura idónea en los cuerpos de agua y es quizás una de las variables bióticas más importantes, además el porcentaje de vegetación acuática que protege a las larvas de los anuros de posibles depredadores (Eterovick y Fernandes; 2001; Eterovick y Souza; 2003; Peltzer y Lajmanovich, 2004; Eterovick y Barata, 2006; Melo et al., 2018). Los depredadores pueden disminuir en gran medida la abundancia de los renacuajos, ya sea antes de la eclosión de sus huevos e incluso después de que los individuos terminen su proceso de metamorfosis en los cuerpos de agua (Vargas-S y Gutiérrez-C (2005).

Las investigaciones realizadas con renacuajos para México se han centrado principalmente en descripciones taxonómicas, como son los trabajos realizados por Canseco-Márquez et al. (2003), Canseco-Márquez y Gutiérrez Mayén (2010) y Kaplan y Heimes, (2015). Sin embargo, algunos autores han realizado algunas investigaciones enfocadas en conocer la tolerancia de los renacuajos expuestos a diferentes temperaturas del agua, y pH; por ejemplo, Volpe (1957), quien expuso a los renacuajos de *Incilius valliceps* a diferentes temperaturas de agua con la finalidad de conocer el rango de tolerancia de estos organismos y si esta estaba relacionada con el proceso de metamorfosis de esta especie, dicho autor concluyó que el desarrollo larvario de esta especie estaba ampliamente relacionado con la temperatura del agua y la permanencia de las charcas temporales. Otras investigaciones se han centrado en conocer la tolerancia de algunas especies de renacuajos expuestos a diferentes concentraciones de sales, Woolrich-Piña et al. (2015), estudiaron renacuajos de *Exerodonta xera* e *Incilius occidentalis* en el Río Salado, Puebla; sus resultados indican que el aumento de la salinidad no afectó la supervivencia *I. occidentalis*, sin embargo, para *E. xera* la supervivencia se redujo hasta un 20%, incluso esta alta salinidad retrasó el proceso de metamorfosis para ambas especies. Por lo tanto, concluyen que el aumento en la extracción del agua en el Río Salado pone en riesgo la supervivencia de las especies, principalmente

en su etapa de desarrollo. Por otra parte, Woolrich-Piña et al. (2017), estudiaron una población de *I. occidentalis*, en el estado de Oaxaca, donde corroboran que los renacuajos de esta especie tienen tolerancia por salinidades ligeramente altas de hasta 0.8 partes por mil.

Para Tabasco, solo existe un trabajo enfocado a renacuajos, donde se evaluó la influencia del hábitat en la población de renacuajos de *Lithobates vaillanti*, que habitan en el arroyo de agua sulfurosa de la Cueva de la Sardina en Tacotalpa, este arroyo se caracteriza por las altas concentraciones de azufre, de acuerdo con Hernández-Guzmán e Islas-Jesús (2014), algunos renacuajos presentaron malformaciones en el cuerpo y no fueron capaces de completar su proceso embrionario y dada las condiciones del sitio el proceso embrionario tardó aproximadamente cinco meses. Además, reportan que los huevos de *L. vaillanti* fueron activamente depredados por una ninfa acuática de la libélula *Anax sp* reduciendo a más de la mitad una puesta de huevos.

## JUSTIFICACIÓN

Los ambientes cercanos a los cuerpos de agua se caracterizan por ofrecer una gran diversidad de recursos para las especies de fauna que utilizan estos sitios para desplazarse, descansar, reproducirse o alimentarse (Granados-Sánchez et al., 2006; Blanco-Garrido et al., 2011). El arroyo “La Escalera” ubicado en el Ejido Villa de Guadalupe, forma parte del corredor Biológico Mesoamericano (Alejandro-Montiel et al., 2010), donde actualmente podemos encontrar especies vegetales endémicas como, orquídeas y helechos, además de fauna endémica para la región.

Recientemente se han descrito cinco nuevas especies de anuros para el sitio: *Charadrahyla chaneque*, *Duellmanohyla chamulae*, *Exerodonta bivocata*; *Ptychohyla macrotympanum* y *Quilticohyla zoque* de las cual se desconocen sus larvas y modos reproductivos e incluso algunas de estas solo habían sido reportadas para ambientes conservados (Canseco-Márquez et al., 2017; Ríos-Rodas et al., 2019), y son especies que se encuentran dentro de las categorías de amenazada por las normas nacionales (NOM-059-SEMARNAT-2010) e internacionales (Lista Roja de la IUCN). Por lo anterior, la presencia de estos anuros indica que el sitio de estudio presenta características favorables para hospedar anfibios que se distribuyen en selvas conservadas.

La diversidad presente en el Ejido Villa de Guadalupe lo convierte en un área de importancia ecológica y biológica, con un potencial formidable para ser estudiado desde diferentes enfoques científicos. Los renacuajos al ser considerados como organismos bioindicadores, tienen un valor ecológico elevado debido a que regulan la cantidad de materia orgánica y algas presentes en los ecosistemas acuáticos, por lo que conocer la diversidad, distribución y las características del hábitat utilizado por los renacuajos en el arroyo, proporcionará información valiosa para crear nuevas estrategias de manejo y conservación en la zona para la comunidad de anuros presente.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Determinar la riqueza de especies de la comunidad de renacuajos presentes en las charcas permanentes y temporales asociadas a un arroyo tropical de Tabasco, México y su relación con las variables bióticas y abióticas.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

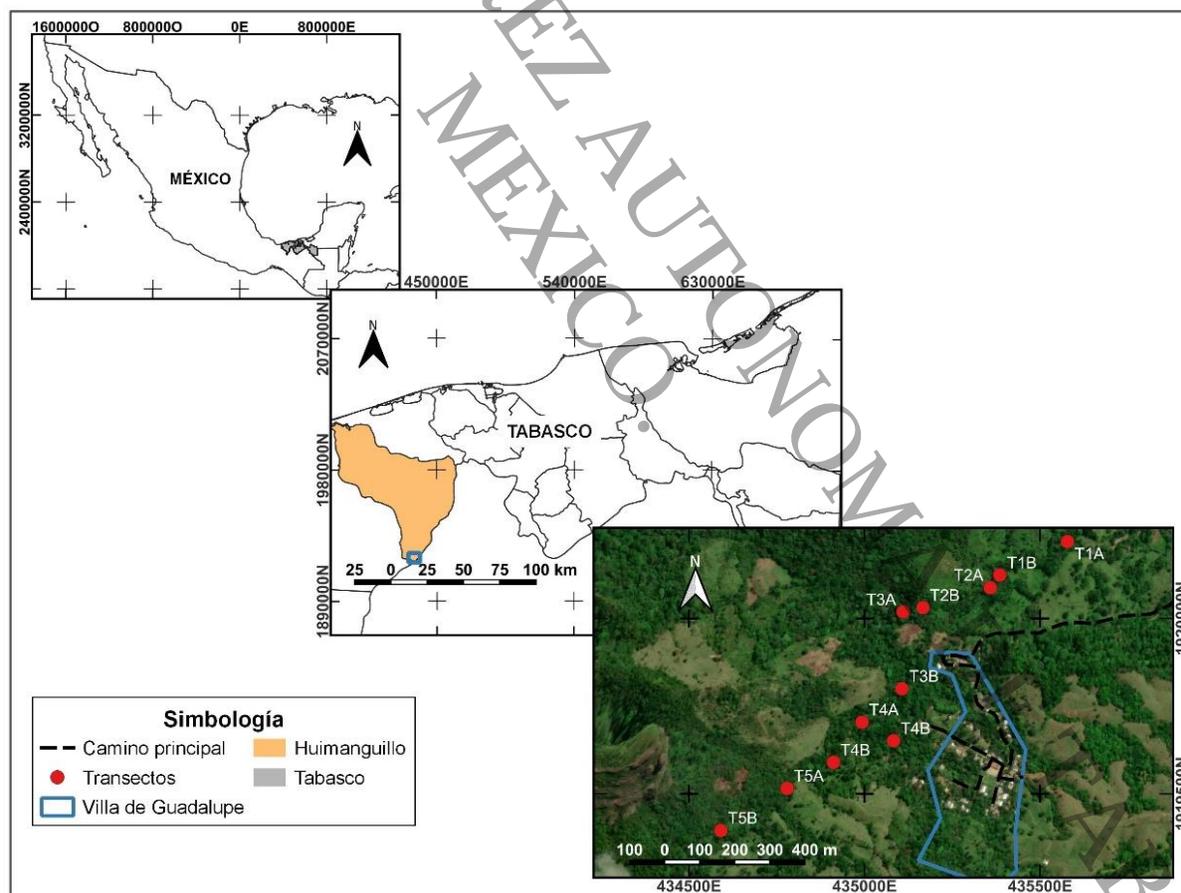
1. Determinar la riqueza de especies de la comunidad de renacuajos asociados a las charcas de agua permanentes y temporales aledaños al arroyo “La Escalera”, Ejido Villa de Guadalupe, municipio de Huimanguillo.
2. Determinar la distribución espacial de las especies de renacuajos a lo largo del arroyo.
3. Analizar las variables bióticas y abióticas del hábitat en función de la presencia y abundancia de los renacuajos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

#### LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó sobre el arroyo “La Escalera” que se localiza en el Ejido Villa Guadalupe (17°21'38.23" N y 93°36'30.97" O), el cual forma parte del Complejo Ecoturístico Agua Selva, municipio de Huimanguillo, Tabasco, México (Fig. 4). El área de estudio cuenta con una extensión de aproximadamente 1,200 hectáreas (Alejandro-Montiel et al., 2010; Rodríguez y Banda, 2016), pero la ubicación de los cuerpos de agua se limitó al arroyo antes mencionado



**Figura 4.** Localización geográfica del área de estudio en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México.

## **CLIMA**

La temperatura media anual es de 20.6 °C, presenta un clima cálido húmedo (AF), con lluvias todo el año y una precipitación anual de 3638 mm (Carvajal-Hernández et al., 2018). Este tipo de clima únicamente se presenta en dos municipios de Tabasco, Teapa y Huimanguillo (INEGI, 2017).

## **HIDROLOGÍA**

El área de estudio se encuentra dentro de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta, los ríos más importantes son Chimalapa, Chin-tul, Playa, Las Flores, Pueblo Viejo y La Pava, debido a su topografía accidentada y fracturamiento intenso existen más de 100 cascadas de agua cristalinas, algunas intermitentes y otras permanentes, pozas de formación natural y arroyos permanentes continuos, sin embargo, la mayoría de éstas aún no han sido exploradas (Alejandro-Montiel et al., 2010, Rodríguez y Banda, 2016; INEGI, 2017).

## **FISIOGRAFÍA**

El área se ubica en la zona montañosa de la región fisiográfica Sierra Norte de Chiapas, con elevaciones que van desde 200 hasta 1000 msnm (Alejandro-Montiel et al., 2010; Montalvo-Vargas y Castillo-Ramiro, 2018). La topografía del sitio es escarpada, con pendiente de 25 a más de 75%, donde podemos encontrar los cerros: La Pava, El Microondas, El Mono Pelón, El Chintul y El Pedregoso (Alejandro-Montiel et al., 2010).

## **VEGETACIÓN**

En el sitio de estudio se distinguen tres tipos de vegetación (Fig. 5): vegetación primaria (VP) constituida por una selva alta perennifolia con árboles de hasta 45 m de altura como palo mulato (*Bursera simaruba*), caoba (*Swietenia macrophylla King*), ramón (*Brosimum alicastrum*),

ceiba (*Ceiba petandra*), zopo (*Guatteria anomala*), jobo (*Spondias mombin*) y una gran diversidad de epífitas como orquídeas, helechos y musgos (Palma-López et al., 2019). Sobre el margen del arroyo “La Escalera” se presenta vegetación secundaria (VS), con árboles de 10 a 20 m de altura como, guarumo (*Cecropia obtusifolia Bertol*), ciruelillo (*Trichilia havanensis Jacq*) y naranjillo (*Bernandia interrupta Sessé*) (Carvajal-Hernández et al., 2018; Palma-López et al., 2011; Rodríguez y Banda, 2016). Finalmente, la vegetación recién talada (VRT), es un fragmento de aproximadamente 2.5 ha, donde se encontraba vegetación secundaria, de acuerdo con los pobladores se había talado dos meses antes de llevar a cabo el estudio, con el fin de disponer de terrenos que les permitieran acceder a programas gubernamentales de desarrollo rural (Challenger y Soberón, 2008). La vegetación plantada en el sitio es cacao (*Theobroma cacao*) y presenta una altura aproximadamente de 1 m y una gran variedad de arvenses.



**Figura 5.** Tipos de vegetación presentes en el área de estudio: a) vegetación primaria, b) vegetación secundaria, c) vegetación recién talada.

## **TRABAJO DE CAMPO**

### ***SELECCIÓN DE LAS CHARCAS***

Para el registro de los organismos a lo largo del arroyo “La Escalera” se establecieron cinco transectos de ancho variable (Chávez y Rocha, 2016) de 200 m de largo, con una separación de 50 m entre cada uno. En cada transecto se localizaron las charcas, siendo éstas de dos tipos: 1) permanentes, aquellas que estuvieran conectadas al afluente del arroyo o con algún tipo de filtración superficial; 2) temporales, aquellas separadas del afluente principal (arroyo) por un mínimo de 2 m (Eterovick y Souza, 2003).

### ***REGISTRO DE ORGANISMOS***

El registro de los renacuajos se realizó mensualmente durante dos días de marzo a julio de 2021. Los muestreos se realizaron durante el día (10:00 a 15:00 h), iniciando la búsqueda en los transectos de menor altitud para evitar pseudoreplicas de individuos arrastrados por la corriente (Strauß et al., 2010). Solo se tomaron en cuenta los organismos que no sobrepasaron la etapa 42 en la escala de Gosner (1960), en la cual los renacuajos presentan sus cuatro extremidades y por tanto es posible su movimiento entre las charcas (Eterovick y Souza, 2003). Posteriormente, para conocer la abundancia relativa se contabilizaron los individuos presentes en cada una de las charcas por un lapso de 5 min. La identidad taxonómica se determinó *in situ*, los individuos que no fue posible identificar de este modo, se colectaron utilizando redes de inmersión de diferentes dimensiones (21.5 cm x 17.8 cm; 10 cm x 8 cm) y se separaron por morfoespecie colocándolos en contenedores de 500 ml, posteriormente se trasladaron a las instalaciones de la Colección de Anfibios y Reptiles de Tabasco (CART) de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para su posterior identificación.

## ***CARACTERIZACIÓN DEL HÁBITAT***

En cada salida de campo se registraron variables del hábitat en las charcas permanentes y temporales. La altitud se obtuvo con un sistema de geoposicionamiento global (GPS 64S, marca GARMIN); la temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y salinidad del agua se midieron con una sonda multiparamétrica (Pro-230, marca YSI® professional Series), para el pH se utilizó un medidor de bolsillo (marca pHep®5 de pH/temperatura con resolución 0.01). La profundidad de la hojarasca en el fondo y la profundidad de la charca se midieron con una regla de 30 cm; para cada una de las variables antes mencionadas se tomaron tres medidas, con el propósito de obtener el promedio para cada cuerpo de agua. Posteriormente, se identificó el tipo de sustrato presente en cada una de las charcas: arenoso, limoso, arcilloso (Eterovick y Souza, 2003; Melo et al., 2018). Además, en cada cuerpo de agua se registraron los componentes del hábitat: rocas, vegetación acuática, pastos, raíces, troncos (Strauß et al., 2010). En cada una de las charcas se midió la cobertura del dosel (cd) con un densiómetro esférico cóncavo, para ello se realizaron cuatro lecturas con dirección a los puntos cardinales a una altura de 1.30 m sobre el suelo, dichos valores se promediaron y fueron multiplicados por la constante 1.04 (Lemmon, 1956), dando como resultado el porcentaje de la cobertura del dosel.

## **TRABAJO DE LABORATORIO**

Una vez en el laboratorio, los renacuajos se mantuvieron en acuaterrarios siguiendo las recomendaciones de Poole y Grow (2012), con algunas modificaciones para asegurar la supervivencia de los organismos. Se empleó agua purificada para consumo infantil (GERBER®), que presenta baja concentración de sales y está adicionada con calcio y magnesio. Los acuaterrarios se oxigenaron con bombas de aire para peceras y plantas acuáticas; como sustrato se utilizó grava para acuario. Los renacuajos se alimentaron cada 48 hrs con cantidades pequeñas de

espinacas previamente desinfectadas; después de 15 min se retiraron los excedentes de alimento de mayor tamaño. En cada acuaterrario se incluyeron gasterópodos con la finalidad de reducir los residuos de alimento que no se pudieron retirar con pinzas; de esta forma se procuró evitar alguna enfermedad en los organismos (La Marca y Castellanos, 2018). El cambio de agua en cada acuaterrario se realizó cada 15 días, removiendo aproximadamente un tercio en cada limpieza.

La identificación taxonómica se realizó con el apoyo de fotografías digitales tomadas con una cámara (Cannon EOS 60D) equipada con un lente macro (EFS de 35 mm) y mediante la revisión de claves dicotómicas (Köhler, 2011; Limbaugh y Volpe, 1957; Mijares-Urrita, 1998 y Segura-Solís y Bolaños, 2009). Para corroborar la identidad de los individuos, se mantuvieron en cautiverio hasta completar la metamorfosis. Una vez identificados a nivel de especie, fueron liberados en el sitio de estudio, los individuos que no completaron la metamorfosis se fijaron en formol tamponado (neutro) al 10% por dos semanas, transcurrido ese tiempo fueron preservados en alcohol etílico al 30% (Cortez et al., 2006) para ser depositados en la CART con respaldo del permiso de colecta científica con Oficio Núm. SGPA/DGVS/00962/22.

## **ANÁLISIS DE DATOS**

### ***RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN***

La riqueza de especies de los renacuajos registrados en las charcas muestreadas se obtuvo a través de las observaciones realizadas en cada salida de campo. Para conocer la distribución espacial de cada una de las especies de renacuajos a lo largo del arroyo se utilizó el método de relación varianza-media, donde los valores mayores a 1 indican una distribución de tipo agregada, menor a 1 uniforme, e igual a 1 aleatoria (Morlans, 2004).

## **MAPA DE CALOR**

Con la finalidad de conocer el grado de asociación de cada especie con los tipos de charcas, así como el tipo de vegetación, se realizó un mapa de calor representado a partir del índice de asociación de Whittaker (1952) (Sommerfield y Clarke, 2013).

## **ANÁLISIS MULTIVARIANTE DE VARIANZA (PERMANOVA)**

El PERMANOVA es una rutina que permite probar la respuesta simultánea de una o más variables. En el presente estudio se utilizó este análisis para determinar el efecto sobre el tipo de vegetación (factor fijo con tres niveles: vegetación primaria, secundaria y recién talada), del tipo de charca (factor fijo con dos niveles: permanente y temporal), de la altitud y sus interacciones, sobre las variables ambientales, las cuales fueron previamente estandarizadas y convertidas en una matriz de distancia euclidianas. El PERMANOVA se realizó mediante una suma parcial de cuadrados (tipo III) y 9999 permutaciones de los residuales en un modelo reducido. Los valores significativos y sus interacciones se analizaron mediante una comparación *a posteriori* con el estadístico *t* y 9999 permutaciones. Además, se realizó un gráfico de burbujas sobre el PCoA para representar gráfica y descriptivamente la relación entre las variables ambientales con la abundancia total de renacuajos, cuanto más grande sea la burbuja mayor será el número de individuos de larvas (Clarke y Gorley, 2015). Para conocer la diferencia entre la abundancia total de los renacuajos y por especie, se utilizó una matriz de similitud de Bray-Curtis. El diseño del PERMANOVA siguió los parámetros descritos para las variables ambientales. (Anderson y Ter-Braak, 2003).

### ***ANÁLISIS DE COORDENADAS PRINCIPALES (PCoA)***

Para ver gráficamente los resultados del PERMANOVA sobre el gradiente ambiental, se realizó un análisis de coordenadas principales (PCoA) donde se representa la asociación de las variables, solo se visualizaron las variables con valores de correlación de Pearson con valor de 0.5 en los dos primeros ejes de ordenación. La ventaja de utilizar este análisis es que reduce la pérdida de información cuando se tienen bases de datos ecológicos con un gran número de ceros y que usualmente el gráfico solo presenta dos ejes (Legendre y Legendre, 2012).

### ***MODELO LINEAL BASADO EN DISTANCIAS (DistLM)***

El primer paso para realizar los modelos de líneas es descartar aquellas variables que estén correlaciones entre sí, para ello se realizó un análisis de correlación de Pearson, con el fin de determinar la relación lineal entre las variables ambientes y descartar aquellas variables colineales que presentaron un coeficiente mayor a 0.7. A fin de seleccionar los modelos que mejor explican la abundancia total de los renacuajos, y de cada especie, en función de las variables ambientes no colineales, se usó un modelo lineal baso en distancias (DisLM; Anderson et al., 2008), utilizando el procedimiento de selección de BEST, que permite identificar las variables ambientales que mejor explican cambios en la variable de respuesta: la abundancia total y de cada especie. De esta forma se seleccionan los modelos con mejor ajuste a partir del criterio de información de Akaike para muestras pequeñas (AICc; McArdle y Anderson, 2001). Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando el software PRIMER v 7.0.21 y PERMANOVA add-on 1.04 (Anderson et al., 2008).

## LITERATURA CITADA

- Alejandro-Montiel, C., Galmiche-Tejeda, Á., Domínguez-Domínguez, M. y Rincón-Ramírez, A. (2010). Cambios en la cubierta forestal del Área Ecoturística de la Reserva Ecológica de Agua Selva, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12, 605–617.
- Almedia-Gomes, M., Laia, R. C., Hatano, F. H., Sluys, M. V. y Rocha, C. F. D. (2012). Population dynamics of tadpoles of *Crossodactylus gaudichaudii* (Anura: Hylodidae) in the Atlantic Rainforest of Ilha Grande, southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 46, 2725–2733. <https://doi.org/10.1080/00222933.2012.717643>
- Anderson, M. J., Gorley, R. N. y Clarke, K. R. (2008). *PERMANOVA+ for PRIMER. Guide to software and Statistical Methods*. Plymouth: PRIMER-E: Plymouth. UK.
- Anderson, M. J. y Ter-Braak, C. J. F. (2003). Permutation tests for multi-factorial analysis of variance. *Journal of Statistical Computations and Simulation*, 73, 85–113. <https://doi.org/10.1080/00949650215733>
- Arriba, R. M. R. (2015). El papel funcional de las larvas de anfibios en los ecosistemas acuáticos temporales. *Tesis doctoral*. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.
- Blanco-Garrido, F., López-Albacete, I., Herrera-Grao, A., Magdaleno, F. y Martínez, R. (2011). Relación entre vegetación riparia y caudales: resultados preliminares en tramos fluviales del sur de España. Publicaciones MEDIODES, Consultoría Ambiental y Paisajismo. [https://www.mediodes.com/pdfs/es/cientificas/Vegetacion%20riparia%20y%20caudales\\_texto%20completo.pdf](https://www.mediodes.com/pdfs/es/cientificas/Vegetacion%20riparia%20y%20caudales_texto%20completo.pdf)
- Both, C., Melo, A. S., Cechin, S. Z. y Hartz, S. M. (2011). Tadpole co-occurrence in ponds: When do guilds and time matter? *Acta Oecologica*, 37, 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.01.008>

- Both C., Solé, M., Gomes dos Santos, T. y Zanini-Cechin, S. (2009). The role spatial and temporal descriptors for neotropical tadpole communities in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 624, 125–138. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9685-5>
- Borges-Júnior, V. N. T. y Rocha, C. F. (2013). Tropical tadpole assemblages: Which factors affect their structure and distribution? *Oecologia Australis*, 17, 217–228. <https://doi.org/10.4257/oeco.2013.1702.04>
- Canseco-Márquez, L., Aguilar-López J. L., Luría-Manzano. R., Pineda, E. y Caviedes-Solís, I. W. (2017). A new species of treefrog of the genus *Phychohyla* (Anura: Hylidae) from Southern Mexico. *Zootaxa*, 4317, 279–290. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4317.2.5>
- Canseco-Márquez, L., Gutiérrez-Mayén, G. y Mendelson III, J. R. (2003). Distribution and natural history of the hylid frog *Hyla xera* in the Tehuacan-Cuicatlan Valley, México, with a description of the tadpole. *The Southwestern Naturalist*, 8, 670–675. [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2003\)048%3C0670:DANHOT%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2003)048%3C0670:DANHOT%3E2.0.CO;2)
- Canseco-Márquez, L. y Gutiérrez-Mayén, M. G. (2010). *Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A. C. y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Carvajal-Hernández, C. I., Silva-Mijangos, L., Kessler, M. y Lehnert, M. (2018). Adiciones a la pteridoflora de Tabasco, México: la importancia del bosque mesófilo de montaña. *Acta Botánica Mexicana*, 124, 7–18. <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1300>
- Challenger, A. y Soberano, J. (2008). Los ecosistemas terrestres En *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. (pp. 87–108). CONABIO, Ciudad de México, México.

- Chávez R. y Rocha, A. (2016). *Poblaciones ecológicas métodos de estudio*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Ciudad de México, México.
- Clarke, K. R. y Gorley, R. N. (2015). Getting started with PRIMER v7. En *PRIMER-E: Plymouth* (pp 1–18). Zealand: Massey University Albany Campus.
- Connelly, S., Pringel C. M., Bixby, R. J., Brenes, R., Whiles, M, R., Lips, K. R., Kilman, S. y Huryn A. D. (2008). Changes in stream primary producer communities resulting from large-scale catastrophic amphibian declines: can small-scale experiments predict effects of tadpole loss? *Ecosystems*, 11, 1262–1276. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9191-7>
- Connelly, S., Pringle, C. M., Whiles, M. R., Lips, K. R., Kilham, S. y Brenes, R. (2011). Do tadpoles affect leaf decomposition in neotropical streams? *Freshwater Biology*, 56, 1863–1875. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2011.02626.x>
- Cortés-Gómez, A. M., Ramírez-Pinilla, M. P. y Urbina-Cardona, N. (2016). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en anfibios. En Salgado-Negret, B. (Ed). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones* (pp. 126-179). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia.
- Cortez, F. C., Suárez-Mayorga, A. M. y López-López, F. J. (2006). Preparación y preservación de material científico. En Ángulo, A., Rueda-Almonacid, J. V., Rodríguez-Mahecha. y La Marca, E. (Eds). *Técnica de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación internacional. Serie manuales de campo N°2* (pp. 173–219). Panamericana Formas e Impresos S.A. Bogotá D.C.

- Delfin-Alfonso, C. A., Gallina-Tessaro, S. A. y López-González, C. A. (2014). El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. *En* Gallina-Tessaro S. A y López-González., C. A (Eds). *Manual de Técnicas para el estudio de la fauna* (pp 285–313). Instituto de Ecología, A. C, Universidad Autónoma de Querétaro, INESEMARNAT. México, D.F.
- Ernst, R., Keller, A., Landburg, G., Grafe, T. U., Linsenmair, K. E., Mark-Oliver, R. y Dziock, F. (2012). Common ancestry or environmental trait filters: cross-continental comparisons of trait–habitat relationships in tropical anuran amphibian assemblages. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 704–715. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00719.x>
- Eterovick, P. C. y Barata, I. M. (2006). Distribution of tadpoles within and among brazilian streams: the influence of predators, habitat, size and heterogeneity. *Herpetologica*, 62, 365–377. [https://doi.org/10.1655/0018-0831\(2006\)62\[365:DOTWAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1655/0018-0831(2006)62[365:DOTWAA]2.0.CO;2)
- Eterovick, P. C. y Fernandes, G. W. (2001). Tadpole distribution within montane meadow streams at the Serra do Cipó, southeastern Brazil: ecological or phylogenetic constraints? *Journal of Tropical Ecology*, 17, 683–693. <https://doi.org/10.1017/S026646740100150X>
- Eterovick, P. C. y Sazima, I. (2000). Structure of an anuran community in a montane meadow in southeastern Brazil: effects of seasonality, habitat, and predation. *Amphibia-Reptilia*, 21, 439–461. <https://doi:10.1163/156853800300059331>
- Eterovick, P. C. y Souza, I. B. (2003). Niche occupancy in south-eastern Brazilian tadpole communities in montane-meadow streams. *Journal of Tropical Ecology*, 19 (4), 439–448. <https://doi.org/10.1017/S026646740300347X>

- Fatorelli, P. C. C. (2011). *Ocorrência e distribuição espacial y temporal das larvas de anuros (Amphibia) em diferentes sistemas aquáticos da Ilha Grande (Rio de Janeiro)*. Tesis Doctoral. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes Programa de Pós Graduação em Ecologia e Evolução. Rio de Janeiro.
- Gascon, C. (1991). Population- and community-level analyses of species occurrences of Central Amazonian rainforest tadpoles. *Ecology*, 72, 1731–1746. <https://doi.org/10.2307/1940972>
- González-Aguilar, M. A. y Burelo-Ramos, C. M. (2017). Adiciones a la orquideoflora de Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana*, 121, 161–167. <https://doi.org/10.21829/abm121.2017.1292>
- Gosner, K. L. (1960). A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 16, 183–190.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. A. y López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12, 55–69.
- Haddad, C. F. B. y Prado, C. P. (2005). Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience*, 55(3), 207–217. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0207:RMIFAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0207:RMIFAT]2.0.CO;2)
- Haddad, C. F. B. y Sawaya, R. J. (2000). Reproductive modes of Atlantic Forest hylid frogs: a general overview and the description of a new mode. *Biotropica*, 32, 862–871. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00624.x>
- Heano-Muñoz, L. M. y Bernal-Bautista, M. H. (2011). Tolerancia al pH en embriones y renacuajos de cuatro especies de anuros colombianos. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35, 105–110.

- Hernández-Guzmán, J. e Islas-Jesús, R. (2014). Malformación en larvas y presencia de helmintos en la rana *Lithobates vaillanti* (Anura: Ranidae) de Tabasco, México. *The Biologist (Lima)*, 12, 407–411.
- Heyer, W. R. (1973). Ecological interactions of frog larvae at a seasonal tropical location in Thailand. *Journal of Herpetology*, 7, 337–361. <https://doi.org/10.2307/1562868>
- Heyer W. R. (1974). Niche measurements of frog larvae from a seasonal tropical location in Thailand. *Ecology*, 55, 651–656. <https://doi.org/10.2307/1935156>
- Heyer, W. R. (1976). Studies in larval amphibian habitat partitioning. *Smithsonian Institution Press*, 242, 1–26. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.242>
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2017). Anuario Estadístico y Geográfico de Tabasco. Disponible en: [https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/TAB\\_ANUARIO\\_PDF.pdf](https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/TAB_ANUARIO_PDF.pdf) [consultado junio 2021].
- Inger, R. F., Voris, H. K. y Frogner, K. J. (1986). Organization of a community of tadpoles in rains forest streams in Borneo. *Journal of Tropical Ecology*, 2, 193–205. <https://doi.org/10.1017/S0266467400000808>
- Jacobson, B., Cedeño-Vázquez, J. R., Espinoza-Avalos, J. y González-Solís, D. (2019). The effect of diet on growth and metamorphosis of *Tripurion petasatus* (Anura: Hylidae) tadpoles. *Herpetological Conservation and Biology*, 14, 308–324.
- Kaplan M. y Heimes, P. (2015). The tadpole of the Mexican tree frog *Charadrahyla taeniopus* (Anura: Hylidae). *Caldasia*, 37, 399–396. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n2.53583>
- Köler, G. (2011). *Amphibians of Central America*. Herpeton, Verlag Elke Köler, Offenbach, Germany

- Kopp, K. y Eterovick, P. C. (2006). Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 40, 1813–1830. <https://doi.org/10.1080/00222930601017403>
- Lajmanovich, R. C. (2000). Interpretación ecológica de una comunidad larvaria de anfibios anuros. *Interciencia*, 25, 71–79.
- La Marca, E. y Castellanos, M. (2018). Fórmula alimenticia enriquecida para criar renacuajos en cautiverio. *Aark Boletín Informativo*, 43, 17–18.
- Legendre, P. y Legendre, L. (2012). *Numerical ecology* 3ra edition. Elsevier, Amsterdam.
- Lemmon, P. (1956). A spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forest Science*, 2, 317–320. <https://doi.org/10.1093/forestscience/2.4.314>
- Limbaugh, B. A. y Volpe, E. P. (1957). Early development of the Gulf Coast Toad, *Bufo valliceps* Wiegmann. *American Museum of Natural History*, 1842, 1–32
- Mata-Silva, V., DeSantis, D. L., García-Padilla, E., Johnson, J. D. y Wilson, L. D. (2019). The endemic herpetofauna of Central America: a casualty of anthropocentrism. *Amphibian and Reptile Conservation*, 13, 1–64
- McArdle, B. H. y Anderson, M. J. (2001). Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-bases redundancy analysis. *Ecology*, 82, 290–297. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0290:FMMTCD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[0290:FMMTCD]2.0.CO;2)
- McDiarmid, R. W. y Altig, R. (1999). *Tadpoles: The biology of anuran larvae*. The University of Chicago Press.
- Melo, L. S. O., Garey, M. V. y Rossa-Feres, D. C. (2018). Looking for place: how are tadpoles distributed within tropical ponds and streams? *Herpetology Notes*, 11, 379–386.

- Mijares-Urrutia, A. (1998). Los renacuajos de los anuros (Amphibia) altoandinos de Venezuela: morfología externas y claves. *Revista de Biología Tropical*, 46, 119–143.
- Montalvo-Vargas, R. y Castillo-Ramiro, J. J. (2018). Estimación de la capacidad de carga turística en Agua Selva, (Tabasco-México). Base para la planificación y desarrollo regional. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 27, 295–315.
- Morlans, M. C. (2004). *Introducción a la ecología de poblaciones*. Área Ecología. Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca, Argentina.
- Palma-López, D. J., Vázquez, N. C. J., Chable, P. R., Rodríguez, O. L., Mata, Z. E. E., Morales, G. M. A. y Contreras, H. J. (2019). Servicios ambientales brindados por los ecosistemas y agroecosistemas en la región de La Chontalpa. En. *La biodiversidad de Tabasco. Estudio de Estado Vol. 2*. (pp. 297–307). CONABIO, México, D.F.
- Palma-López, D. J., Vázquez, N. C. J., Mata, Z. E. E., López, C. A., Morales, G. M. A., Chablé, P. R., Contreras, G. M. y Palma-Cancio, D. Y. (2011). *Zonificación de ecosistemas y agroecosistemas susceptibles de recibir pagos por servicios ambientales en la Chontalpa, Tabasco*. Colegio De Postgraduados Campus Tabasco, Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Villahermosa, Tabasco, México.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O. y Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 460–466.  
<https://doi.org/10.7550/rmb.32027>
- Peltzer, P. M. y Lajmanovich, R.C. (2004). Anuran tadpole assemblages in riparian areas of the Middle Paraná River, Argentina. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1833–1842.  
<https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000035870.36495.fc>

- Poole, V. A. y Grow S. (2012). *Amphibian husbandry resource guide*, Edition 2.0. Association of Zoos and Aquariums, Silver Spring, MD.
- Ríos-Rodas, L., Zenteno-Ruiz, C. E., Barragán-Vázquez, M. del R., Canseco-Márquez, L. y López-Luna, M. A. (2019). New anuran records for Tabasco, Mexico. *Check List*, 15, 1161–1166. <https://doi.org/10.15560/15.6.1161>
- Ríos-Rodas, L., Zenteno-Ruiz, C. E., Pérez- De la Cruz, M., Arriaga-Weiss, S. L., Jiménez-Pérez, N. C. y Bustos-Zagal, M., G. (2020). Anfibios riparios en dos ecosistemas tropicales del sureste de México. *Ecosistemas*, 29, 1–7. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2098>
- Rodrigues, D. J., Lima, A. P., Magnusson, W. E. y Costa, F. R. C. (2010). Temporary pond availability and tadpole species composition in Central Amazonia. *Herpetologica*, 66, 124–130. <https://doi.org/10.1655/09-020R2.1>
- Rodríguez, O. L. y Banda, I. H. (2016) El Ecoturismo en Agua Selva Tabasco, México: Medios de Promoción. *International Journal of Scientific Management Tourism*, 2, 291–306.
- Sah, H. H. A. y Grafe, T. U. (2020). Larval anuran assemblages in tropical rainforest streams in Borneo. *Herpetological Conservation and Biology*, 15, 105–117.
- Segura-Solís, S. y Bolaños, F. (2009). Desarrollo embrionario y larva del sapo *Incilius aucoinae* (Bufonidae) en el Golfito, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57, 291–299.
- Somerfield, P.J. y Clarke, K. R. (2013). Inverse analysis in non-parametric multivariate analyses: Distinguishing groups of associated species which covary coherently across samples. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 449, 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.10.002>
- Steinwascher, K. (1979). Competitive interactions among tadpoles: responses to resource level. *Ecology*, 60, 1172–1183. <https://doi.org/10.2307/1936965>

- Strauß, A. m, Reeve, E., Randrianiaina, R. D. y Vences, M., Glos, J. (2010). The world's richest tadpole communities show functional redundancy and low functional diversity: ecological data on Madagascar's stream-dwelling amphibian larvae. *BMC Ecology*, 10, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-10-12>
- Suazo-Ortuño, I., Benítez-Malvido, J., Marroquín-Páramo, J., Soto, Y., Siliceo, H. y Álvaro-Díaz, J. (2018). Resilience and vulnerability of herpetofaunal functional groups to natural and human disturbances in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 426, 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.041>
- Thomas, A., Das, S. y Manish, K. (2019). Influence of stream habitat variables on distribution and abundance of tadpoles of the endangered purple frog, *Nasikabatrachus sahyadrensis* (Anura: Nasikabatrachidae). *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 12, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2019.01.009>
- Vargas-S, F. y Gutiérrez-C, P. D. A. (2005). Cambios morfológicos y mortalidad en embriones y renacuajos de *Agalychnis spurrelli* Boulenger (Anura: Hylidae). *Actualidades Biológicas*, 27, 189–202. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.329423>
- Vasconcelos, T. S., dos Santos, T. G., Rossa-Feres, D. C. y Haddad, C. F. B. (2011). Spatial and temporal distribution of tadpole assemblages (Amphibia, Anura) in a seasonal dry tropical forest of southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, 673, 93–104. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0762-9>
- Volpe, E. P. (1957). Embryonic temperature tolerance and rate of development in *Bufo valliceps*. *Physiological Zoology*, 30, 164–176. <https://doi.org/10.1086/physzool.30.2.30155366>

Woolrich-Piña, G. A., Smith, G. R., Benítez-Tadeo, R. A., Lemos-Espinal, J. A. y Morales-Garza, M. (2017). Effects of salinity and density on tadpole of *Incilius occidentalis* from Oaxaca, México. *Copeia*, 105, 43–45. <https://doi.org/10.1643/CH-16-495>

Woolrich-Piña, G. A., Smith, G. R. y Lemos-Espinal, J. A. (2015). Effects of salinity and density on tadpoles of two anurans from the Río Salado, Puebla, Mexico. *Journal of Herpetology*, 40, 17–22. <https://doi.org/10.1670/13-127>

**CAPÍTULO II:**

**DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL  
HÁBITAT DE RENACUAJOS PRESENTES EN  
CHARCAS ASOCIADAS AL ESTADO DE LA  
VEGETACIÓN EN UN ARROYO TROPICAL DE  
TABASCO, MÉXICO**

**Distribución y características del hábitat de renacuajos presentes en charcas asociadas al estado de la vegetación en un arroyo tropical de Tabasco, México.**

**Distribution and habitat characteristics of tadpoles in ponds associated with vegetation condition in a tropical stream from Tabasco, Mexico.**

Jenny del C. Estrada-Montiel <sup>a</sup>, Liliana Ríos-Rodas <sup>b</sup>, Judith A. Rangel-Mendoza <sup>a \*</sup>, J. Rogelio. Cedeño-Vázquez <sup>c</sup>, J. Nicolás. Urbina-Cardona <sup>d</sup>, Claudia E. Zenteno-Ruíz <sup>a</sup>

<sup>a</sup> División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km 0.5 S/N, entronque a Bosque de Saloya. Villahermosa, Tabasco, México. jennymontiel8@gmail.com, cezenteno@yahoo.com

<sup>b</sup> Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Catazajá-Palenque Km 4, Catazajá, Chiapas, México. ari1707@hotmail.com

<sup>c</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal, Departamento de Sistemática y Ecología Acuática, Av. Centenario Km 5.5, 77014, Chetumal, Quintana Roo, México. rcedenov@ecosur.mx, rogeliocedeno@gmail.com

<sup>d</sup> Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Departamento de Ecología y Territorio. Carretera 7 N 40-62, Bogotá, Colombia. Urbina-j@javeriana.edu.co

Autor de correspondencia. judith.rangel@ujat.mx\*

## Resumen

Se analizó el ensamble de tres especies de anuros y su relación con las características bióticas y abióticas de su hábitat en charcas permanentes y temporales ubicadas en vegetación primaria, secundaria y recién talada. De marzo a julio de 2021 se caracterizaron las charcas y se registraron las especies de renacuajos y su abundancia, atributos de la vegetación y variables del cuerpo de agua. Se encontraron tres especies distribuidas de forma agregada. *Exerodonta bivocata* ocupó exclusivamente charcas permanentes en vegetación primaria, siendo la especie más vulnerable a la deforestación; su abundancia estuvo determinada por la presencia de decápodos, la altitud y la corriente del agua. *Incilius valliceps* sólo se registró en charcas temporales en vegetación secundaria; su abundancia dependió de la presencia de raíces y la profundidad de la charca. *Lithobates vaillanti* se registró en charcas ubicadas en vegetación secundaria, fue la única que continuó su reproducción en ambos tipos de charcas luego de la tala, su abundancia estuvo determinada por la profundidad de la hojarasca, temperatura del agua, presencia de sustrato limoso y ausencia de corriente en el agua. Es importante continuar con el monitoreo de renacuajos ya que son integrantes importantes en el ciclo reproductivo de los anuros.

## Palabras clave:

Cuerpos de agua; Diversidad de especies; Gradientes ambientales; Anfibios

## **Abstract**

The assemblage of three anuran species and their relationship with the biotic and abiotic characteristics of their habitat in permanent and temporary ponds located in primary, secondary and recently logged vegetation was analyzed. From March to July 2021, ponds were characterized and tadpole species and their abundance, vegetation attributes and water body variables were recorded. Three species were found, distributed in an aggregate form. *Exerodonta bivocata* occupied exclusively permanent ponds in primary vegetation, being the species most vulnerable to deforestation; its abundance was determined by the presence of decapods, altitude, and water current. *Incilius valliceps* was only recorded in temporary ponds in secondary vegetation; its abundance depended on the presence of roots and the depth of the pond. *Lithobates vaillanti* was recorded in ponds located in secondary vegetation; it was the only one that continued to reproduce in both types of ponds after logging; its abundance was determined by the depth of the leaf litter, water temperature, presence of silty substrate and absence of current in the water. It is important to continue monitoring tadpoles as they are important components of the reproductive cycle of anurans.

## **Key words:**

Water bodies; Species diversity; Environmental gradients; Amphibians

## **Introducción**

El hábitat es un espacio específico que reúne condiciones bióticas y abióticas indispensables para la presencia y distribución de una especie (Delfín-Alfonso et al., 2014), por lo cual, la selección del hábitat es crucial para asegurar la supervivencia de los organismos en cualquiera de sus etapas de desarrollo (Ernst et al., 2012). Las perturbaciones antropogénicas generadas en los hábitats cercanos a los arroyos alteran el transporte de los sedimentos, la disponibilidad de cuerpos de agua y las propiedades fisicoquímicas del agua (Blanco-Garrido et al., 2011; Granados-Sánchez et al., 2006). Estos cambios afectan de manera directa a las especies que tienen un ciclo de reproducción complejo, como es el caso de algunos anfibios que presentan metamorfosis y que dependen de los cuerpos de agua para llevar a cabo este proceso (Borges-Júnior y Rocha, 2013; Cortés-Gómez et al., 2016). Las alteraciones en los sitios de reproducción y ovoposición conllevan a la búsqueda de nuevos hábitats, en este proceso los individuos se ven expuestos a sufrir deshidratación o depredación, afectando así el número de especies que se pueden encontrar y la abundancia de sus poblaciones (Becker et al., 2010; Souza et al., 2008; Suazo-Ortuño et al., 2018).

Los anfibios adultos seleccionan el sitio adecuado para la puesta de sus huevos, sin embargo, los renacuajos son capaces de seleccionar cuerpos de agua óptimos para llevar a cabo su proceso de metamorfosis (Both et al., 2011). Esta selección por parte de los renacuajos está influenciada por diversos factores bióticos y abióticos como la cobertura del dosel, encargada de regular la temperatura del agua; el porcentaje de hojarasca y las propiedades fisicoquímicas del agua como conductividad, pH y oxígeno disuelto (Borges-Júnior y Rocha, 2013; Camacho-Rozo y Urbina-Cardona, 2021; Sah y Grafe, 2020; Thomas et al., 2019). Otro factor que influye en la selección de las charcas es el tiempo en que se lleva a cabo la metamorfosis, los renacuajos que

UNIVERSIDAD JUAREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

tienen un ciclo larvario largo utilizan charcas permanentes, mientras que aquellos renacuajos que tienen un periodo de metamorfosis corto utilizarán charcas temporales (Borges-Júnior y Rocha, 2013; Peltzer y Lajmanovich, 2004). Los renacuajos, al ser herbívoros especializados que se nutren a través de la filtración de algas adheridas a diferentes sustratos, de plancton y de la materia orgánica presente en los sedimentos de los cuerpos de agua, evitan la eutrofización e intervienen en la dinámica de los nutrientes en los hábitats acuáticos (Jacobson et al., 2019; Mohnke y Rödel, 2009; Ranvestel et al., 2004).

En México se conocen alrededor de 255 especies de anuros, de estas más del 50 % son endémicas al país y al menos 160 especies se desarrollan a través de la metamorfosis (Grünwald et al., 2018; Parra-Olea et al., 2014; Wilson et al., 2013). A pesar de la importancia ecológica de los renacuajos, y la alta diversidad de especies en el país, la mayoría de los estudios realizados se han centrado en conocer la diversidad y ecología de las comunidades en anuros adultos (Leyte-Manrique et al., 2018; Martín-Regalado et al., 2016; Reyna-Bustos et al., 2022; Ríos-Rodas et al., 2020) o en realizar descripciones de renacuajos con fines taxonómicos (Canseco Márquez et al., 2003; Canseco-Márquez y Gutiérrez Mayén, 2010; Kaplan y Heimes, 2015) y algunos estudios experimentales se han enfocado en conocer la supervivencia de los renacuajos expuestos a distintas concentraciones de salinidad (Woolrich-Piña et al., 2015, 2017), dejando de lado las investigaciones sobre ecología de comunidades de renacuajos, las cuales proporciona información complementaria para conocer la riqueza de los anuros en su estado adulto (Camacho-Rozo y Urbina-Cardona, 2021). El objetivo de la presente investigación es conocer la riqueza y distribución espacial de los renacuajos presentes en el arroyo La Escalera, Huimanguillo, Tabasco,

México y analizar las variables bióticas y abióticas del hábitat que influyen en la abundancia y la selección de las charcas permanentes y temporales por parte de las larvas de los anuros.

### **Materiales y métodos**

*Área de estudio.* El trabajo de campo se realizó en el arroyo La Escalera en el Ejido Villa de Guadalupe (17°21'38.23" N; 93°36' 30.97" O), que forma parte del Complejo Ecoturístico Agua Selva, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México (Fig. 1). El área se ubica en la zona montañosa de la región fisiográfica Sierra Norte de Chiapas, con elevaciones de 200-1000 msnm (Alejandro-Montiel et al., 2010; Montalvo-Vargas y Castillo-Ramiro, 2018). La temperatura media anual es de 20.6 °C, presenta un clima cálido húmedo (Af), con lluvias todo el año y una precipitación anual de 3638 mm, lo cual contribuye a la formación de más de 100 cascadas de aguas cristalinas (algunas permanentes y otras temporales), pozas de formación natural y arroyos permanentes continuos que son aprovechados por las comunidades humanas locales para realizar actividades cotidianas y ecoturísticas (Alejandro-Montiel et al., 2010; Carvajal-Hernández et al., 2018; Castillo-Acosta et al., 2019). En el sitio de estudio se distinguen tres tipos de ambiente de acuerdo con el tipo y estado de la vegetación circundante: 1) vegetación primaria (VP; Fig. 2a) constituida por una selva alta perennifolia con árboles de hasta 45 m de altura como palo mulato (*Bursera simaruba*), caoba (*Swietenia macrophylla*), ramón (*Brosimum alicastrum*), ceiba (*Ceiba petandra*), zopo (*Gutteria anomala*), jobo (*Spondias mombin*) y una gran diversidad de epífitas como orquídeas, helechos y musgos (Palma-López et al., 2019); 2) vegetación secundaria (VS; Fig. 2b) sobre el margen del arroyo "La Escalera", con árboles de 10 a 20 m de altura como; guarumo (*Cecropia obtusifolia*), ciruelillo (*Trichilia havanensis*) y naranjillo (*Bernardia interrupta*) (Carvajal-Hernández et al., 2018; Palma-López et al., 2011; Rodríguez y Banda, 2016); 3)

vegetación recién talada (VRT; Fig. 2c), de acuerdo con los pobladores la tala ocurrió aproximadamente dos meses antes de iniciar el trabajo de campo, la VRT se registró como restos sobre el suelo de vegetación secundaria, con menos de 4 m de altura, en fragmentos de 2.5 ha o más, como resultado de la acción de las comunidades humanas para disponer de terrenos que les permitieran acceder a programas gubernamentales de desarrollo rural (Challenger y Soberón, 2008).

*Trabajo de campo.* Para el registro de los renacuajos a lo largo del arroyo se establecieron cinco transectos de ancho variable (Chávez-López y Rocha-Ramírez, 2016) de 200 m de largo, con una separación de 50 m entre cada uno. En cada transecto se localizaron las charcas, siendo éstas de dos tipos: permanentes (21 en VS, 12 en VP y cinco en VRT), aquellas que estuvieran conectadas a la corriente del arroyo o con algún tipo de filtración superficial; temporales (12 en VS y cinco VRT), aquellas que se quedan sin agua en la temporada de seca y se encuentran separadas del afluente principal (arroyo) por un mínimo de 2 m (Eterovick y Souza, 2003). En cada charca se buscaron renacuajos que no sobrepasaran la etapa 42 en la escala de Gosner (1960), en la cual presentan cuatro extremidades y por tanto es posible su movimiento ambulatorio entre las charcas (Eterovick y Souza, 2003). Se realizaron muestreos diurnos (10:00-15:00 h), iniciando la búsqueda en los transectos de menor altitud para evitar pseudoreplicas de individuos arrastrados por la corriente (Strauß et al., 2010). Cada muestreo duró dos días, y se realizaron mensualmente de marzo a julio de 2021. Para determinar la abundancia relativa se contabilizaron los renacuajos presentes en cada una de las charcas por un lapso de 5 min. La identidad taxonómica se determinó *in situ*, utilizando la clave taxonómica de Köhler (2011), los individuos que no fue posible identificar de este modo, se colectaron utilizando redes de inmersión de diferentes dimensiones

(21.5 cm x 17.8 cm; 10 cm x 8 cm) y se separaron por morfoespecie colocándolos en contenedores de 500 ml, con agua de la charca. Dichos organismos se trasladaron al laboratorio de la Colección de Anfibios y Reptiles de Tabasco (CART) de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para su posterior identificación.

*Caracterización del hábitat.* En cada muestreo se registraron variables del hábitat en las charcas permanentes y temporales. La altitud se obtuvo con un sistema de geoposicionamiento global (GPS 64S, marca GARMIN); las variables temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y salinidad del agua se midieron con una sonda multiparamétrica Pro-230, marca YSI® *professional Series*; para el pH se utilizó un medidor de bolsillo marca pHep®5 de pH/temperatura con resolución 0.01. La profundidad de la hojarasca y profundidad de la charca se midieron con una regla de 30 cm; para cada una de las variables antes mencionadas se tomaron tres medidas, con el propósito de obtener el promedio para cada cuerpo de agua. Posteriormente, se identificó el tipo de sustrato presente en cada una de las charcas: arenoso, limoso, arcilloso (Eterovick y Souza, 2003; Melo et al., 2018). Además, en cada cuerpo de agua se registraron los componentes del hábitat: rocas, vegetación acuática, pastos, raíces, troncos (Strauß et al., 2010). En cada una de las charcas se midió la cobertura del dosel (CD) con un densiómetro esférico cóncavo, para ello se realizaron cuatro lecturas con dirección a los puntos cardinales a una altura de 1.30 m sobre el suelo, dichos valores se promediaron y fueron multiplicados por la constante 1.04 (Lemmon, 1956), dando como resultado el porcentaje de la CD.

*Trabajo de laboratorio.* Una vez en el laboratorio, los renacuajos se mantuvieron en acuaterrarios siguiendo las recomendaciones de Poole y Grow (2012). Para la identificación taxonómica se tomaron fotografías digitales con una cámara Cannon EOS 60D y un lente macro

EFS de 35 mm y se revisaron las claves dicotómicas de Köhler (2011), Limbaugh y Volpe (1957), Mijares-Urrita (1998), Segura-Solís y Bolaños (2009). Para corroborar la identidad de los individuos, se mantuvieron en cautiverio hasta completar la metamorfosis. Una vez identificados a nivel de especie, fueron liberados en el sitio de captura, aquellos que no completaron la metamorfosis se fijaron en formol tamponado (neutro) al 10% por dos semanas, transcurrido ese tiempo fueron preservados en alcohol etílico al 30% (Cortez et al., 2006) para ser depositados en la CART.

*Análisis de datos.* Se obtuvo la riqueza (número de especies) de los renacuajos registrados en las charcas muestreadas. La distribución espacial de cada especie de renacuajos a lo largo del arroyo se determinó por el método de relación varianza-media de los individuos contabilizados, donde los valores mayores a 1 indican una distribución de tipo agregada, menores a 1 distribución uniforme, e igual a 1 distribución aleatoria (Morlans, 2004). Con la finalidad de conocer el grado de asociación de cada especie con los tipos de charcas, así como el estado de la vegetación, se realizó un mapa de calor representado a partir del índice de asociación de Whittaker (Sommerfield y Clarke, 2013). Se realizó un análisis multivariante de varianza (PERMANOVA) para determinar el efecto sobre las variables ambientales del estado de la vegetación (factor fijo con tres niveles: vegetación primaria, vegetación secundaria y vegetación recién talada), el tipo de charca (factor fijo con dos niveles: permanente y temporal), la altitud y sus interacciones. Las variables ambientales fueron previamente estandarizadas y convertidas en una matriz de distancias euclidianas. El PERMANOVA se realizó bajo una suma parcial de cuadrados (tipo III) y 9999 permutaciones de los residuales bajo un modelo reducido (Anderson y Ter-Braak, 2003). Los valores significativos y sus interacciones se analizaron mediante una comparación *a posteriori* con

el estadístico  $t$  y 9999 permutaciones. Además, se realizó un gráfico de burbujas sobre el PCoA para representar gráfica y descriptivamente la relación entre las variables ambientales con la abundancia total de renacuajos, cuanto más grande sea la burbuja mayor será el número de renacuajos (Clarke y Gorley et al., 2015). Las diferencias entre la abundancia total de los renacuajos y por especie se evaluaron utilizando una matriz de abundancia la cual se transformó a raíz cuadrada y posteriormente se generó una matriz de similitud de Bray-Curtis. El diseño del PERMANOVA siguió los parámetros descritos anteriormente para las variables ambientales. Para ver gráficamente los resultados del PERMANOVA sobre el gradiente ambiental, se realizó un análisis de coordenadas principales (PCoA) donde se representa la asociación de las variables, solo se visualizaron las variables con valores de correlación de Pearson con 0.5 en los dos primeros ejes de ordenación. Se realizó un análisis de correlación de Pearson con el fin de determinar la relación lineal entre las variables ambientales y descartar aquellas variables colineales (un coeficiente mayor a 0.7) para análisis posteriores. A fin de seleccionar los modelos que mejor explican la abundancia total de los renacuajos, y de cada especie, en función de las variables ambientales, se usó un modelo lineal basando en distancias DistLM (Anderson et al., 2008). Posteriormente se empleó el procedimiento de selección de BEST que permite identificar las variables ambientales que mejor explican cambios en la variable de respuesta (la abundancia total y de cada especie) y de esta forma se seleccionaron los modelos con mejor ajuste a partir del criterio de información de Akaike para muestras pequeñas (AICc; Mcardle y Anderson, 2001). Todos los análisis se realizaron utilizando el software PRIMER v 7.0.21 y PERMANOVA add-on v 1.04 (Anderson et al., 2008).

## Resultados

Se registraron 975 renacuajos de tres especies: *Lithobates vaillanti*, *Incilius valliceps* y *Exerodonta bivocata*. La mayor abundancia se registró en marzo y abril con 330 y 432 renacuajos, respectivamente; mientras que en julio se presentó la menor abundancia (19 individuos). *Lithobates vaillanti* presentó la mayor abundancia con el 60.51% de las observaciones, seguida de *I. valliceps* con 28.41%, y *E. bivocata* con 11.08%. De acuerdo con los resultados de la relación varianza-media, las tres especies presentaron una distribución agregada. Se muestrearon 55 charcas, de las cuales en 40 se encontraron renacuajos. El 69.1% corresponde a charcas permanentes y el 30.9% a charcas temporales. El número de cuerpos de agua muestreados por mes fue variable, registrando el mayor número en abril y el menor en julio con 16 y 2, respectivamente. En cada tipo de charca, y según el estado de la vegetación se registró sólo una especie de anuro, por lo que en ningún muestreo se encontró más de una especie por charca. *Exerodonta bivocata* solo utilizó charcas permanentes ubicadas en VP, *I. valliceps* sólo ocupó charcas temporales ubicadas en VS, mientras que *L. vaillanti* se registró tanto en aguas temporales como permanentes ubicadas en VS y VRT (Fig. 3).

El estado de la vegetación tuvo un efecto significativo sobre las variables ambientales de las charcas (pseudo-F =3.46, p [perm] = 0.0015), dicho factor presentó el mayor porcentaje estimado de variación entre todos los factores evaluados (tabla 1). Sin embargo, las charcas permanentes y temporales por si solas no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellas, dados sus gradientes ambientales (tabla 1). Los dos primeros ejes del PCoA explican el 35.6% de la variación en el gradiente ambiental (fig. 4). A lo largo del primer eje las charcas permanentes que se encuentran en VP presentaron mayor profundidad, salinidad, conductividad y

corriente del agua; mientras que las charcas ubicadas en VS y VRT presentaron mayores valores en profundidad de hojarasca, y presencia de hojarasca y raíces. En el segundo eje se puede observar que las charcas permanentes y temporales en VRT presentaron un sustrato más limoso y presencia de gasterópodos, lo que las hace totalmente diferentes a las charcas permanentes y temporales ubicadas en VS y VP (fig. 4). La abundancia de las especies encontradas en los diferentes tipos de charca varió en función de las variables ambientales, sin embargo, cuando las charcas permanentes o temporales presentaron una alta salinidad, conductividad y profundidad, se registró un bajo número de renacuajos (fig. 4).

*Abundancia de renacuajos y sus correlaciones ambientales.* Se presentó una alta relación lineal entre suelo arenoso y limoso (-0.76), salinidad y conductividad (0.81) y oxígeno disuelto con % de saturación de oxígeno (0.84); el resto de las variables se consideraron como potenciales predictoras en los modelos. La abundancia total de los renacuajos no presentó diferencias entre el estado de la vegetación, el tipo de charca, la altitud o sus interacciones, pero el componente estimado de variación muestra un tamaño del efecto elevado para los residuales (42%), la interacción entre el estado de la vegetación y la altitud (19.1%), así como para la interacción entre el estado de la vegetación con el tipo de charca y la altitud (19%) (tabla 2). El modelo que mejor explica la abundancia total de los renacuajos en el arroyo incluyó un total de ocho variables predictoras, de las cuales las significativas al modelo y con mayor poder predictivo fueron la temperatura del agua, la salinidad y el oxígeno disuelto ( $AICc = 335.52$ ,  $R^2 = 0.68$ ,  $RSS = 17911$ ) (tabla 3).

Para *L. vaillanti* el resultado del PERMANOVA sugiere que no existen diferencias estadísticamente significativas en su abundancia entre el estado de la vegetación, el tipo de charca,

la altitud o sus interacciones, pero el componente estimado de variación indica un tamaño del efecto alto a nivel de los residuales (55%), la interacción entre los tipos de vegetación y la altitud (12.5%) y el estado de la vegetación (11.9%) (tabla 2). La abundancia de *L. vaillanti* fue explicada por siete variables, de las cuales las que fueron significativas al modelo y tuvieron mayor poder explicativo fueron, en orden descendente: la ausencia de corriente en el agua, la profundidad de la hojarasca, la temperatura (24°C) del agua, y el sustrato limoso (AICc = 328.33, R<sup>2</sup> = 0.70, RSS = 16542; tabla 3).

La abundancia de *I. valliceps* varió en función de la interacción entre el tipo de charca y la altitud (pseudo-F = 6.78, p [perm] = 0.0059, tamaño del efecto = 22.3%). También se presentó un componente de variación elevado en la interacción entre el estado de la vegetación, el tipo de charca y la altitud (tamaño del efecto = 26.3%) (tabla 2). La abundancia de *I. valliceps* fue explicada por la profundidad de la hojarasca, el sustrato limoso, la presencia de ramas y gasterópodos, la ausencia de corriente en charcas temporales, y el pH de 7.2; pero ninguna de estas variables fue significativa al modelo (AICc = 322.9, R<sup>2</sup> = 0.39, RSS = 15745; tabla 3). Las variables significativas y con mayor poder predictivo (presencia de raíces y profundidad de la charca) no figuraron en los mejores modelos ajustados.

Por último, para *E. bivocata* el bajo tamaño de la muestra no permitió analizar la varianza. Sin embargo, se pudo evidenciar que el mayor componente de variación se encontró en los residuales (tamaño del efecto = 37%), seguido por la interacción entre el estado de la vegetación, el tipo de charca, la altitud (tamaño del efecto = 18%) y la interacción entre el tipo de vegetación y la altitud (tamaño del efecto = 12.4%) (tabla 2). La abundancia de *E. bivocata* estuvo determinada por cinco variables en el mejor modelo ajustado, de las cuales las que fueron significativas y

presentaron mayor poder predictivo fueron, en orden descendente: la presencia de decápodos, una altitud de 460 msnm y la presencia de corriente en las charcas permanentes. Los renacuajos de esta especie se encontraron en charcas permanentes con un pH de 7.2 y a 23°C la temperatura del agua (AICc = 328.33,  $R^2 = 0.70$ , RSS = 16542; tabla 3).

## Discusión

Las tres especies de anuros registradas en este estudio representan el 16.66% de las registradas por Ríos-Rodas et al. (2020) en el sitio estudio. La diferencia en la riqueza de especies se debe a que, en el estudio previo, sólo fueron considerados individuos en etapa adulta, aunque solo se registrara una ejemplar por especie. Otros factores que pueden influir en la baja riqueza registrada en este trabajo es la falta de información sobre los modos reproductivos que tienen las especies, lo que limita el hallazgo de renacuajos de todas las especies potencialmente presentes. Así mismo, el cambio en la estructura de la vegetación afecta la disponibilidad de los sitios de reproducción y ovoposición de los anuros adultos (Souza et al., 2008; Suazo-Ortuño et al., 2018), lo que conlleva a la búsqueda de sitios más adecuados para su reproducción. La abundancia de renacuajos de las tres especies registradas en este estudio (*L. vaillanti*, *L. valliceps* y *E. bivocata*), difiere a lo descrito por Ríos-Rodas et al. (2020), cuya abundancia en estado adulto fue menor. Esto se debe a que los renacuajos son más abundantes que los adultos y a que están confinados en los cuerpos de agua, lo que permite que la medición de la abundancia sea más precisa (Camacho-Rozo y Urbina-Cardona, 2021). Las tres especies encontradas en este estudio presentaron una distribución espacial agregada; Both et al. (2011) y Vasconcelos et al. (2009) sugieren que la distribución espacial de los renacuajos se atribuye a los individuos adultos, los cuales eligen los

sitios de ovoposición de acuerdo con sus necesidades ecológicas (Alford, 1999; Eterovick y Souza, 2003).

El uso de las charcas difiere entre las especies de estudio, por ejemplo, los renacuajos de *L. vaillanti* utilizaron generalmente charcas permanentes que les permiten tener un ciclo de reproducción prolongado (Hernández-Guzmán e Islas-Jesús, 2014), las especies que se desarrollan en este tipo de charcas tienden a presentar un tamaño corporal mayor en comparación con especies que tienen un desarrollo larvario más corto (Borgues-Júnior y Duarte-Rocha, 2013). Los adultos de *L. vaillanti* tienden a dominar los ensambles de anuros en vegetación secundaria en etapa sucesional temprana (< 3 años de abandono del sistema productivo; Hernández-Ordóñez et al., 2015) pero que también puede habitar los potreros adyacentes a la selva (Urbina-Cardona et al., 2006) por ello en el presente estudio se registró como una especie generalista (en estadio larvario), de charcas en VS y VRT. *Incilius valliceps* se observó únicamente en charcas temporales ubicadas en VS, como lo reportado por otros autores (Gelover et al., 2001; Jacobson et al., 2017), lo cual está relacionado con su rápido desarrollo larvario (Volpe, 1957); además, los adultos de esta especie tienden a habitar el suelo de la selva tanto en borde como en el interior (Urbina-Cardona et al., 2006) en sitios cercanos a cuerpos de agua, que tengan baja pendiente topográfica, alta humedad relativa, alta cobertura herbácea y bajo espesor en la capa de hojarasca (Urbina-Cardona y Reynoso 2017). En cuanto a los renacuajos de *E. bivocata*, solo fueron registrados en charcas permanentes ubicadas en VP por lo que no compartió las charcas con las otras dos especies. De acuerdo con Eterovick y Barata (2006), Melo et al. (2018) Peltzer y Lajmanovich (2004) y Rodrigues et al. (2010), algunas especies de ranas utilizan tanto charcas permanentes como temporales para llevar

a cabo su metamorfosis, lo cual concuerdan con lo observado en nuestro estudio, donde *L. vaillanti* e *I. valliceps* utilizaron ambos tipos de charcas.

*VARIABLES AMBIENTALES.* Las variables que explican la selección de las charcas por parte de los renacuajos fueron el estado de la vegetación y la temperatura. La variación de la temperatura de las charcas puede ser generada por los cambios en la cobertura de la vegetación circundante; entre los factores abióticos la temperatura es de los más importantes dado que influye directamente en la fisiología, la ecología y el comportamiento de los renacuajos, así como en su distribución a lo largo del arroyo (Lajmanovich, 2000; Ultsch et al., 1999; Sah y Grafe, 2020). De igual forma, la selección de las charcas por parte de los renacuajos también está condicionada por otras variables abióticas como la corriente, la profundidad del agua, el oxígeno disuelto, la conductividad y la salinidad (Borges-Júnior y Rocha, 2013; Eterovick y Sousa, 2003; Kopp y Eterovick, 2006; Thomas et al., 2019; Strauß et al., 2010). En la presente investigación se encontraron cuerpos de agua que presentaron valores altos de dichas variables, los cuales no fueron ocupados por los renacuajos (Strauß et al., 2010).

*CORRELACIONES AMBIENTALES.* De acuerdo con nuestros resultados la abundancia de renacuajos de las tres especies está explicada por la interacción entre las variables ambientales y la estructura de la vegetación, datos similares fueron reportados por Fatorelli (2011), quien reporta que la riqueza y abundancia total de los renacuajos en Ilha Grande, Brasil estuvo explicada por el pH, el oxígeno disuelto, la corriente del agua y la profundidad de las charcas. Los gradientes ambientales en las charcas son altamente dinámicos a lo largo del tiempo por lo que las variables ambientales tienden a cambiar con el periodo de inundación y la época del año, generando un alto recambio de especies (Camacho-Rozo y Urbina-Cardona, 2021; Fatorelli 2011).

*Lithobates vaillanti* es una especie de tamaño grande que está asociada con cuerpos de agua permanente donde se le puede encontrar activa durante todo el año (Lee, 1996). De acuerdo con nuestros resultados, los renacuajos de esta especie mostraron preferencias por las charcas de agua permanente sin corriente, ubicadas en VS y VRT. Estas charcas se caracterizaron por presentar hojarasca abundante, la cual es utilizada como refugio por los renacuajos ante sus depredadores, como los peces del género *Rhamdia* (Melo et al., 2018), que fueron observados en las mismas charcas. En ambos estados de la vegetación (VS y VRT), la CD fue menor al 90% y la temperatura máxima en las charcas no superó los 24 °C. *Lithobates vaillanti* es una especie generalista capaz de tolerar los cambios generados en los hábitats, incluso en charcas que presenten acumulación de algún tipo de metal pesado (Burbano-Yandí et al., 2015; Córdoba et al., 2013; Köhler, 2011). Los renacuajos de *L. vaillanti* se observaron en todos los meses de muestreo, esto se debe a las características de las charcas permanentes que al mantener el nivel del agua permiten que la abundancia de los renacuajos sea constante a lo largo del tiempo; incluso algunas especies de anuros podrán ocupar las charcas por varios meses para su desarrollo (Almeida-Gomes et al., 2012; Borgues-Júnior, 2007; Fatorelli et al., 2010).

Los renacuajos de *I. valliceps* se encontraron solo en el mes de abril en charcas temporales sin corriente ubicadas en VS. Esta especie tiene preferencia por los hábitats que presentan algún grado de perturbación en los cuales son más abundantes (Cedeño-Vázquez et al., 2006), además, la selección de las charcas temporales por parte de esta especie se debe a que en estado adulto son estrictamente terrestres y, utilizan las charcas únicamente para la ovoposición (Oliver-López et al., 2009). Las charcas seleccionadas por esta especie en nuestro estudio, presentaron un bajo porcentaje de hojarasca y ramas, un sustrato limoso y no se observaron depredadores potenciales.

Los renacuajos que ocupan este tipo de charcas temporales presentan un desarrollo larvario relativamente rápido, ya que al no tener depredadores potenciales invierten más tiempo alimentándose y su tamaño es menor en comparación con aquellos con periodo larvario largo (Eterovick y Zasima, 2000; Peltzer y Lajmanovich, 2004). Aunque el pH de las charcas muestreadas en nuestro estudio es neutro, otras investigaciones indican que los renacuajos de la familia Bufonidae pueden tolerar pH relativamente ácido (Rosenberg y Pierce, 1995; Heano-Muñoz y Bernal-Bautista, 2011).

A diferencia de las otras dos especies, los renacuajos de *E. bivocata* solo ocuparon charcas permanentes ubicadas en VP, lo cual concuerda con lo reportado por Ríos-Rodas et al. (2020) y Santos-Barrera (2004), quienes observaron a la especie en estado adulto en áreas de vegetación primaria, lo que indica que esta especie tiene preferencia por sitios conservados. Las charcas donde se registraron los renacuajos de *E. bivocata* son permanentes, presentan corriente, una temperatura máxima del agua de 22 °C y una alta abundancia de decápodos. Nuestros resultados difieren con lo reportado por Mccranie y Wilson (2002), para *Exerodonta catracha*, la cual selecciona charcas de agua sin movimiento para desovar. Por tanto, es importante no generalizar ya sea a nivel de familia o género, ya que la familia Hylidae presenta la mayor diversidad en sus modos reproductivos (Haddan y Cynthia, 2005; Haddad y Sawaya, 2000). Alford (1999), menciona que los cuerpos de agua permanentes aumentan las probabilidades de que las especies completen su proceso de metamorfosis reduciendo así el porcentaje de mortalidad, sin embargo, este tipo de charcas presentaran una mayor diversidad y abundancia de depredadores o competidores (Borgues-Junior y Rocha, 2013), como lo observado en este estudio. De acuerdo con los resultados del PCoA, la temperatura, el estado de la vegetación, la salinidad, la conductividad y la profundidad del agua

son variables determinantes para la distribución y abundancia de los renacuajos de las especies estudiadas. En el caso particular de *E. bivocata*, necesita charcas que estén rodeadas de vegetación, lo cual permitirá que conserven una temperatura adecuada para los requerimientos de la especie. Esto con cuerda con los reportado para otras especies de la familia Hylidae (Both et al., 2009; Eterovick y Barata, 2006). Tomando en cuenta las características necesarias para el desarrollo de *E. bivocata*, se puede inferir que es especialista en la selección de charcas para el desarrollo de su progenie.

En México, aproximadamente el 69% de las especies de anuros presentaran una vida bifásica, es decir, que experimentan diferentes tipos de estadios larvarios en el medio acuático hasta el término de su desarrollo en el medio terrestre (Grünwald et al., 2018; Parra-Olea et al., 2014). Durante la etapa como renacuajos, existen características en los ambientes acuáticos que pueden definir la selección de las charcas permanentes y temporales e incluso el porcentaje de supervivencia de las larvas (Melo et al., 2018; Montealegre-Delgado et al., 2013; Thomas et al., 2019). La presente investigación es la primera que aborda la influencia de las variables bióticas y abióticas en la selección de las charcas permanentes y temporales para el desarrollo de las larvas de los anuros presentes en un arroyo tropical en México. Las tres especies registradas representaron solo una parte de la comunidad de anuros en la zona, las cuales presentan desarrollo indirecto. Además, es importante señalar que cada una de las especies habitó exclusivamente un tipo de charca. Ciertas características de las charcas como la temperatura, la profundidad, la corriente del agua y el pH determinaron la abundancia de los renacuajos. Este estudio también reveló la importancia del tipo y estado de la vegetación circundante a las charcas; las charcas con vegetación primaria presentaron condiciones adecuadas para que especies exclusivas de ambientes

conservados lleven a cabo su reproducción y desarrollo; mientras que las charcas, rodeadas de vegetación recién talada fueron aprovechadas por especies generalistas. Dado que la selección de las charcas por parte de los anuros adultos fue influenciada por el tipo de perturbación antropogénica sobre la selva (abandono de selva vs. tala del borde) y que en la zona de estudio se implementan actividades que modifican la estructura de la vegetación, es necesario (a) continuar con el monitoreo de las especies ante cambios en la cobertura vegetal y (b) analizar la relación entre los cambios en la configuración del paisaje y la dinámica poblacional y de dispersión de las especies de anuros presentes; en particular, de especies especialistas, de escaso conocimiento en sus modos reproductivos o que se encuentren en alguna categoría de riesgo.

### **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca de maestría otorgada al primer autor. A José del Carmen Gerónimo Torres, Perla Chuc y la comunidad de Villa Guadalupe por el apoyo en cada uno de los recorridos.

## Literatura citada

- Alejandro-Montiel, C., Galmiche-Tejeda, Á., Domínguez-Domínguez, M. y Rincón-Ramírez, A. (2010). Cambios en la cubierta forestal del área ecoturística de la reserva Ecológica de Agua Selva, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12, 605–617.
- Alford, R. A. Ecology resource use, competition and predation. (1999). En R. W. McDiarmid y R. Altig (Eds.), *Tadpoles. The biology of anuran larvae* (pp. 240–278). The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Almeida-Gomes, M., Laila, R. C., Hatano, F. H., Sluys, M. y Rocha C.F. D. (2012). Population dynamics of tadpole of *Crossodactylus guadichaudii* (Anura: Hylodidae) in the Atlantic Rainforest of Ilha Grande, southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 46, 43–44. <https://doi.org/10.1080/00222933.2012.717643>
- Anderson, M. J. y Ter-Braak, C. J. F. (2003). Permutation tests for multi-factorial analysis of variance. *Journal of Statistical Computations and Simulation*, 73, 85–113. <https://doi.org/10.1080/00949650215733>
- Anderson, M. J., Gorley, R. N. y Clarke, K. R. (2008). *PERMANOVA+ for PRIMER. Guide to software and Statistical Methods*. Plymouth: PRIMER-E: Plymouth. UK.
- Becker, C. G., Fonseca, C. R., Haddad, C. F. B. y Pardo, P. I. (2010). Habitat Split as a cause of local population declines of Amphibians with aquatic larvae. *Conservation Biology*, 24, 287–294. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01324.x>

Blanco-Garrido, F., López-Albacete, I., Herrera-Grao, A., Magdaleno, F. y Martínez, R. (2011).

*Relación entre la vegetación raráyá y caudales: resultados preliminares en tramos fluviales del sur de España.* España: Publicaciones MEDIODES, Consultoría Ambiental y Paisajismo.

Both, C., Solé, M., Dos Santos, T. G. y Zanini, C. S. (2009). The role of spatial and temporal descriptors for neotropical tadpole communities in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 624, 125–138. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9685-5>

Both, C., Melo, A. S., Cechin, S. Z. y Hartz, S. M. (2011). Tadpole co-occurrence in ponds: When do guilds and time matter? *Acta Oecologica*, 37, 140–145. [Doi.org/10.1016/j.actao.2011.01.008](https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.01.008)

Borges-Júnior, V. T. T. (2007). *Ecología de girinos e adultos de *Aplastodiscus eugenioi* (Anura: Hyliade) na mata atlántica da Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ.* Tesis Maestría. Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Borges-Júnior, V. N. T. y Rocha, C. F. D. (2013). Tropical tadpole assemblages: which factors affect their structure and distribution? *Oecologia Australis*, 17, 217–228. [Doi.org/10.4257/oeco.2013.1702.04](https://doi.org/10.4257/oeco.2013.1702.04)

Burbano-Yandi, C. E., Bolívar-García, W. y Giraldo A. (2015). Ensamblaje de anuros en tres zonas con intervención en el parque natural los Katíos (Colombia). *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 19, 157–170.

- Camacho-Rozo, C. P. y Urbina-Cardona, N. (2021). Tadpoles inhabiting natural and anthropogenic temporary water bodies: which are the environmental factors that affect the diversity of the assemblages? *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.667448>
- Canseco-Márquez, L. y Gutiérrez-Mayén, M. G. (2010). *Anfibios y reptiles del valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Distrito Federal, México.
- Canseco-Márquez, L., Gutiérrez-Mayén, M. G. y Mendelson III, J. R. (2003). Distribution and natural history of the hylid frog *Hyla xera* in the Tehuacan-Cuicatlan Valley, Mexico, with a description of the tadpole. *The Southwestern Naturalist*, 48, 670–675. [http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909\(2003\)048%3C0670:DANHOT%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909(2003)048%3C0670:DANHOT%3E2.0.CO;2)
- Carvajal-Hernández, C. I., Silva-Mijangos, L., Kessler M. y Lehnert, M. (2018). Adiciones a la pteridoflora de Tabasco, México: la importancia del bosque mesófilo de montaña. *Acta Botánica Mexicana*, 124, 7–18. <https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1300>
- Castillo-Acosta, O., Zavala-Cruz, J., López-López, D. y Almeida-Cerino, C. (2019). El bosque mesófilo de montaña. *En La biodiversidad de Tabasco. Estudio de Estado Vol. II.* (pp. 21–27). CONABIO, México, D.F.

- Cedeño-Vázquez, J. R., Calderón-Mandujano, R. R. y Pozo. C. (2006). Anfibios de la región de Calakmul, Campeche, México. CONABIO/ECOSUR/CONANP/PNUD-GEF/SHM A.C. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Challenger, A. y Soberano, J. (2018). Los ecosistemas terrestres En *Capital natural de México*, Vol I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. (pp. 87–108). CONABIO, Ciudad de México, México.
- Chávez-López, R. y Rocha-Ramírez A. (2016). *Poblaciones ecológicas: México de estudio*. FES Iztacalá, UNAM, Ciudad de México, México.
- Clarke, K. R. y Gorley, R. N. (2015). Getting started with PRIMER v7. En *PRIMER-E: Plymouth* (pp 1–18). Zealand: Massey University Albany Campus.
- Córdoba, O. D. H., Castro-Herrera, F. y Paez-Melo, M. (2013). Bioacumulación de mercurio en larvas de anuros en la zona afectada por la minería de oro en el Río Dabua, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18, 341–348.
- Cortés-Gómez, A. M., Ramírez-Pinilla, M. P. y Urbina-Cardona, N. (2016). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en anfibios. En Salgado-Negret, B. (Ed.), *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones* (pp. 126–179). Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia

Cortez, F. C., Suárez-Mayorga, A. M. y López-López, F. J. (2006). Preparación y preservación de material científico. En Ángulo, A., Rueda-Almonacid, J. V., Rodríguez-Mahecha., La Marca, E. (Eds). *Técnica de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación internacional. Serie manuales de campo N°2* (pp. 173–219). Panamericana Formas e Impresos S.A. Bogotá D.C.

Delfín-Alfonso, C. A., Gallina-Tessaro, S. A. y López-González, C. A. (2014). El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. En S. A. Gallina y C. A. López (Eds.), *Manual de Técnicas para el estudio de la fauna* (pp. 285–313). Instituto de Ecología, A. C, Universidad Autónoma de Querétaro, INE-SEMARNAT. México, D.F.

Ernst, T., Keller, A., Landburg, G., Grafe, T. U., Linsenmail, K. E., Mark-Oliver, R. y Dziock, F. (2012). Common ancestry or environmental trait filters: cross-continental comparisons of trait–habitat relationships in tropical anuran amphibian assemblages. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 704–715. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00719.x>

Eterovick, P. C. y Barata, I. M. (2006). Distribution of tadpoles within and among Brazilian streams: the influence of predators, habitat size and heterogeneity. *Herpetologica*, 64, 365–377. [https://doi.org/10.1655/0018-0831\(2006\)62\[365:DOTWAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1655/0018-0831(2006)62[365:DOTWAA]2.0.CO;2)

Eterovick, P. C. y Souza, I. B. (2003). Niche occupancy in south-eastern Brazilian tadpole communities in montane-meadow streams. *Journal of Tropical Ecology*. 19, 439–448. <https://doi.org/10.1017/S026646740300347X>

- Eterovick, P. C. y Sazima I. (2000). Structure of in a montane meadow in southeastern Brazil: effects of seasonality, habitat and predation. *Amphibia-Reptilia*, 21, 439–461.  
<https://doi.org/10.1163/156853800300059331>
- Fatorelli, P. C. C. (2011). *Ocorrência e distribuição espacial e temporal das larvas de anuros (Amphibia) em diferentes sistemas aquáticos da Ilda Grande (Rio de Janeiro)*. Tesis Doctoral. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. Universidade do Estrada do Rio Janeiro.
- Fatorelli, P. C. C., Costa, P. N., Laila, R. C., Almeida-Santos M., Van, S. M. y Rocha, C. F. D. (2010). Description, microhabitat and temporal distribution of the tadpole of *Proceratophrys tupinamba* Prando and Pombal, 2008. *Zootaxa*, 2684, 1–23.  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.2684.1.6>
- Gelover, A. A., Altamirano, A. T. y Soriano S. M. (2001). Hábitos alimenticios de *Bufo valliceps* bajo distintas condiciones; con aportación al conocimiento de la ecología alimenticia de *Bufo marinus* y *Bufo marmoratus*. *Revista de Zoología*, 12, 28–32.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. A. y López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12, 55–69.
- Grünwald, C. I., Reyes-Velazco, J., Franz-Chávez, H., Morales-Flores, K. I., Ahumada-Carrillo, I. T., Jones, J. M. y Boissinot, S. (2018). Six new species of the *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae: subgenus *Shyrrhophus*) from Mexico, with a discussion of their

- systematic relationships and the validity of related species. *Mesoamerican Herpetology*, 5, 6–83.
- Haddad, C. F. B y Prado, C. P. A. (2005). Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience*, 55, 207–217. Doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0207:RMIFAT]2.0.CO;2
- Haddad, C. F. B y Sawaya, R. J. (2000). Reproductive modes of Atlantic Forest hylid frogs: a general overview and the description of a new mode. *Biotropica*, 32, 862–871. Doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00624.x
- Henao-Muñoz, L. M. y Bernal-Bautista, M. H. (2011). Tolerancia al pH en embriones y renacuajos de cuatro especies de anuros colombianos. *Zoologia*, 35, 105–110.
- Hernández-Guzmán, J. e Islas-Jesús, R. E. (2014). Malformación en larvas y presencia de helmintos en la rana *Lithobates vaillanti* (Anura: Ranidae) de Tabasco, México. *The Biologist*, 12, 407–411.
- Hernández-Ordóñez, O., Urbina-Cardona, N. y Martínez-Ramos, M. (2015). Recovery of amphibian and reptile assemblages during old-field succession of tropical rain forests. *Biotropica*, 47, 377–388. <https://doi.org/10.1111/btp.12207>
- Jacobson, B., Cedeño-Vázquez, J. R., Espinoza-Avalos, J. y González-Solís, D. (2019). The effect of diet on growth and metamorphosis of *Tripurion petasatus* (Anura: Hylidae) tadpoles. *Herpetological Conservation and Biology*, 14, 308–324.

- Jacobson, B., Cervantes-Martínez, A. y Gutiérrez-Aguirre, M. A. (2017). Selectivity of *Incilius valliceps* (Anura: Bufonidae) tadpoles on freshwater zooplankton. *Hidrobiológica*, 27, 211–217. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2017v27n2/CervantesM>
- Köhler, G. (2011). *Amphibians of Central America*. Herpeton Verlag. Germany.
- Kaplan M. y Heimes, P. (2015). The tadpole of the Mexican tree frog *Charadrahyla taeniopus* (Anura:Hylidae). *Caldasia*, 37, 399–396. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n2.53583>
- Kopp, K. y Eterovick, P. C. (2006). Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 40, 29–31. <https://doi.org/10.1080/00222930601017403>
- Lajmanovich, R. C. (2000). Interpretación ecológica de una comunidad larvaria de anfibios anuros. *Interciencia*, 25, 71–79.
- Lee, J. C. (1996). *The Amphibians and reptiles of the Yucatan Peninsula*. Comstock Publishing, Ithaca, NY, EE. UU.
- Leyte-Manrique, A., González-García, R. L. E., Quintero-Díaz, G. E., Alejo-Iturvide, F. y Berriozabal-Islas, C. (2018). Aspectos ecológicos de una comunidad de anuros en un ambiente tropical estacional en Guanajuato, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 34, 1–14.

- Lemmon, P. (1956). A spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forest Science*, 2, 314–320.
- Limbaugh, B. A. y Volpe, E. P. (1957). Early development of the gulf coast toad, *Bufo valliceps* Wiegmann. *American Museum Novitates*, 1842, 1–32.
- Martín-Regalado, N., Lavariega, M. C., Gómez-Ugalde, R. M. y Rodríguez-Pérez, C. (2016). Anfibios y reptiles de la sierra de Cuatro Venados, Oaxaca, México. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 14, 217–232. <https://doi.org/10.32800/amz.2016.14.0217>
- McCranie, J. R. y Wilson, L. D. (2002). *The amphibians of Honduras*. Society for the study of amphibians and reptiles. Ithaca, New York, USA.
- Melo, L. S. O., Garey, M. V. y Rossa-Feres, D. C. (2018). Looking for a place: ¿how are tadpoles distributed within tropical ponds and streams? *Herpetology Notes*, 11, 379–386.
- Mijares-Urrita, A. (1998). Los renacuajos de los anuros (Amphibia) altoandinos de Venezuela: Morfología externa y claves. *Revista de Biología Tropical*, 46, 119–143. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v46i1.19360>
- Monneke, M. y Rödel, M. O. (2009). Declining amphibian populations and possible ecological consequences – a review. *Salamandra*, 45, 203–2010.
- Montealegre-Delgado, X. K., Avendaño-Casadiago, K y Hernando, B. M. (2013). Efecto del hábitat en la supervivencia, desarrollo y crecimiento en renacuajos de *Engystomops*

- pustulosus* (Anura: Leipuridae) y *Rhinella humboldti* (Anuro: Bufonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 53, 309–314. <https://doi.org/10.1590/S0031-10492013002300001>
- Montalvo-Vargas, R. y Castillo-Ramiro, J. (2018). Estimación de la capacidad de carga turística en Agua Selva (Tabasco, México) Base para la planificación y el desarrollo regional. *Estudios y Perspectiva en Turismo*, 27, 295–315.
- Morláns, M. C. (2004). *Introducción a la ecología de poblaciones. Área Ecología*. Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.
- Oliver-López, L., Woolrich-Piña, G. A. y Lemos-Espial, J. A. (2009). *La familia Bufonidae en México*. UMAN, Facultad de Estudios Superiores-Iztacala. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Diversidad. México, D. F.
- Palma-López, D. J., Vázquez, N. C. J., Chable, P. R., Rodríguez, O. L., Mata, Z. E. E., Morales, G. M. A. y Contreras, H. J. (2019). Servicios ambientales brindados por los ecosistemas y agroecosistemas en la región de La Chontalpa. En *La biodiversidad de Tabasco. Estudio de Estado Vol. II* (pp 297–307). CONABIO, México, D.F.
- Palma-López, D. J., Vázquez, N. C. J., Mata, Z. E. E., López, C. A., Morales, G. M. A., Chable, P. R., Contreras, G. M. y Palma-Cancio, D. Y. (2011). *Zonificación de ecosistemas y agroecosistemas susceptibles de recibir pagos por servicios ambientales en la Chontalpa, Tabasco*. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Villahermosa, Tabasco, México.

- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O. F. y Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 460–466. <https://doi.org/10.7550/rmb.32027>
- Peltzer, P. M. y Lajmanovich, R. C. (2004). Anuran tadpole assemblages in riparian areas of the Middle Paraná River, Argentina. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1833–1842. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000035870.36495.fc>
- Poole, V. A. y Grow S. (2012). *Amphibian husbandry resource guide*, Edition 2.0. Association of Zoos and Aquariums, Silver Spring, MD.
- Ranvestel, A. W., Lips, K. R., Pringle, C. M., Whiles, M. T. y Bixby, R. J. (2004). Neotropical tadpoles influence stream benthos: evidence for the ecological consequences of decline in amphibian populations. *Freshwater Biology*, 49, 274–285. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01184.x>
- Reyna-Bustos, O. F., Huerta-Martínez, F. M. y Muñoz-Arias, A. (2022). Ecología de los anuros de la Sierra de Quila, Jalisco, México: un análisis en dos escalas espaciales. *Caldasia*, 44, 190–141.
- Ríos-Rodas, L., Zenteno-Ruíz, C. E., Pérez-De la Cruz, M., Arriaga-Weiss, S.L., Jiménez-Pérez, N. del C. y Bustos-Zagal, M. G. (2020). Anfibios riparios en dos ecosistemas tropicales del sureste de México. *Ecosistemas*, 29, 1–7. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2098>

- Rodríguez, O. L. y Banda, I. H. (2016). El ecoturismo en Agua Selva Tabasco, México: Medios de promoción. *International Journal of Scientific Managment Tourism*, 2, 291–306.
- Rodrigues, D. J., Lima, A. P., Magnússon, W. E y Costa, F. R. C. (2010). Temporary pond availability and tadpole species composition in Central Amazonia. *Herpetologica*, 66, 124–130. <https://doi.org/10.1655/09-020R2.1>
- Rosenberg, E. A. y Pierce, B. A. (1995). Effect of initial mass on growth and mortality at low pH in tadpoles of *Pseudacris clarkii* and *Bufo valliceps*. *Journal of Herpetology*, 29, 181–185. <https://doi.org/10.2307/1564555>
- Sah, H. H. A. y Grafe, U. T. (2020). Larval anuran assemblages in tropical rainforest streams in Borneo. *Herpetological Conservation and Biology*, 15, 105–117.
- Santos-Barrera, G. Exerodonta bivocata. The IUCN Red List of Threatened Species. E.T55414a11304478. Recuperado el 07 diciembre, 2022 de: <https://www.iucnredlist.org/species/55414/11304478>
- Segura-Solís, S. y Bolaños, F. (2009). Desarrollo embrionario y larva del sapo *Incilius aucoinae* (Bufonidae) en Golfito, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57, 291–299.
- Somerfield, P.J. y Clarke, K. R. (2013). Inverse analysis in non-parametric multivariate analyses: Distinguishing groups of associated species which covary coherently across samples. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 449, 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.10.002>

Strauß, A.M, Reeve, E., Randrianiaina, R. D., Vences, M. y Glos, J. (2010). The world's richest tadpole communities show functional redundancy and low functional diversity: ecological data on Madagascar's stream-dwelling amphibian larvae. *BioMed Central*, 10, 1–10. <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6785-10-12>

Souza, V. M., Souza, M. B. y Morato, E. F. (2008). Efeitos da sucessão florestal sobre a anurofauna (Amphibia: Anura) da Reserva Catuaba e seu entorno, Acre, Amazônia sul-ocidental. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25, 49–57. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752008000100008>

Suazo-Ortuño, I., Benítez-Malvido, J., Marroquín-Páramo, J., Soto, Y., Siliceo, H. y Álvaro-Díaz, J. (2018). Resilience and vulnerability of herpetofaunal functional groups to natural and human disturbances in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, 426, 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.041>

Thomas, A., Das, S. y Manish, K. (2019). Influence of stream habitat variables on distribution and abundance of tadpoles of the endangered Purple frog *Nasikabatrachus sahyadrensis* (Anura: Nasikabatrachidae). *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 12, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2019.01.009>

Ultsch, G. R., Bradford, D. F. y Freda, J. (1999). Physiology. Coping with the environment. En R. W. McDiarmid y R. Altig (Eds.), *Tadpoles. The biology of anuran larvae* (pp. 189–214). The University of Chicago Press, Chicago and London.

Urbina-Cardona, N., Olivares-Pérez, M. y Reynoso, V. H. (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*, 13, 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.03.014>

Urbina-Cardona, N. y Reynoso, V. H. (2017). Descripción y modelado del microhábitat de los anfibios y reptiles que habitan la selva alta perennifolia de los Tuxtlas. En V. H. Reynoso, R.I. Coates. y M. L. Vázquez- Cruz (Eds.), *Avances y perspectivas en la investigación de los bosques tropicales y sus alrededores: La Región de Los Tuxtlas* (pp. 371–400). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

Vasconcelos, T. S., Santos, T. G., Rossa-Feres, D.C y Haddad, C. F. B. (2009). Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 87, 699–707. <https://doi.org/10.1139/Z09-058>

Volpe, E. P. (1957). Embryonic temperature tolerance and rate of development in *Bufo valliceps*. *Physiological Zoology*, 30, 164–176. <https://doi.org/10.1086/physzool.30.2.30155366>

Wilson, L. D., Johnson, J. D. y Mata-Silva, V. (2013). A conservation reassessment of the Amphibians of Mexico base on the EVS measure. *Amphibian and Reptile Conservation*, 7, 97–127.

Woolrich-Piña, G. A., Smith, G. R. y Lemos-Espinal, J. A. (2015). Effects of salinity and density on tadpoles of two anurans from the Río Salado, Puebla, Mexico. *Journal of Herpetology*, 40, 17–22. <https://doi.org/10.1670/13-127>

Woolrich-Piña, G. A., Smith, G. R., Benítez-Tadeo, R. A., Lemos-Espinal, J. A. y Morales-Garza, M. (2017). Effects of salinity and density on tadpole of *Incilius occidentalis* from Oaxaca, México. *Copeia*, 105, 43–45. <https://doi.org/10.1643/CH-16-495>

## Tablas

**Tabla 1.** Resultados del análisis del PERMANOVA con respecto al gradiente ambiental, así como la abundancia total de renacuajos del arroyo La Escalera.

Variable	Respuesta	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)	Estimación de los coeficientes de variación	Raíz cuadrada del componente de variación estimado
Gradiente ambiental (Distancia euclidiana)	Tipo de vegetación (vgt)	1	64.942	64.9	3.47	<b>0.0015</b>	6.49	2.55
	Tipo de charca (char)	1	25.437	25.4	1.36	0.1914	0.68	0.83
	Altitud (alt)	2	40.228	20.1	1.07	0.3529	0.22	0.47
	Interacción vgt-char	1	15.822	15.8	0.84	0.5516	0.70	-0.84
	Interacción vgt-alt	2	36.267	18.1	0.97	0.4642	0.20	-0.44
	Interacción char-alt	2	29.811	14.9	0.80	0.6881	0.92	-0.96
	Interacción vgt-char-alt	1	14.717	14.7	0.79	0.614	1.94	-1.39
	Residuales	43	805.18	18.7			18.73	4.33
	Total	54	1293.4					
Abundancia total	Tipo de vegetación (vgt)	1	1287.9	1287.9	1.32	0.2641	43.82	6.62
	Tipo de charca (char)	1	738.35	738.4	0.76	0.4216	24.10	-4.91
	Altitud (alt)	2	1931.1	965.5	0.99	0.3994	1.62	-1.27
	Interacción vgt-char	1	41.63	41.6	0.04	0.9629	226.62	-15.05
	Interacción vgt-alt	2	4597.7	2298.9	2.36	0.0735	442.04	21.03
	Interacción char-alt	2	663.55	331.8	0.34	0.8093	155.1	-12.45
	Interacción vgt-char-alt	1	67.502	67.5	0.07	0.9299	440.69	-20.99
	Residuales	43	41964	975.9			975.92	31.24
	Total	54	56767					

**Tabla 2.** Resultados del análisis del PERMANOVA con respecto a la abundancia de cada una de las especies de renacuajos del arroyo La Escalera.

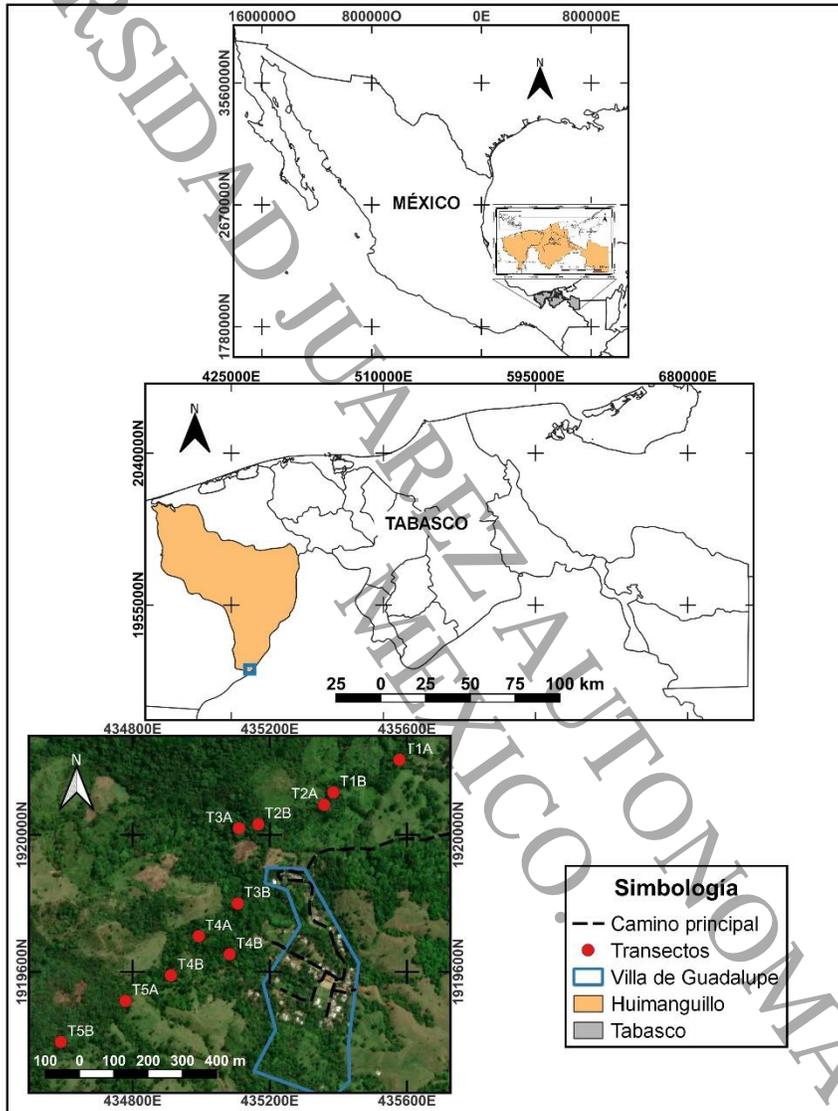
Variable	Respuesta	df	SS	MS	Pseudo -F	P (perm)	Estimación de los coeficientes de variación	Raíz cuadrada del componente de variación estimado
<i>Lithobates vaillanti</i> (abundancia)	Tipo de vegetación (vgt)	1	1770.6	1770.6	2.55	0.1074	150.99	12.29
	Tipo de charca (char)	1	307.23	307.2	0.44	0.5682	39.40	-6.28
	Altitud (alt)	2	586.14	293.1	0.42	0.6884	62.76	-7.92
	Interacción vgt-char	1	668.79	668.8	0.96	0.3391	6.52	-2.55
	Interacción vgt-alt	2	2339.2	1169.6	1.68	0.1954	158.36	12.58
	Interacción char-alt	2	1760	880.0	1.26	0.2817	44.38	6.66
	Interacción vgt-char-alt	1	476.78	476.8	0.69	0.4385	106.19	-10.31
	Residuales	43	29914	695.7			695.67	26.38
Total	54	57079						
<i>Incilius valliceps</i> (abundancia)	Tipo de vegetación (vgt)	1	76.85	76.9	0.42	0.4541	14.86	-3.85
	Tipo de charca (char)	1	106.41	106.4	0.58	0.4479	7.73	-2.78
	Altitud (alt)	2	882.9	441.5	2.41	0.1267	40.35	6.35
	Interacción vgt-char	1	801.04	801.0	4.39	0.0586	150	12.25
	Interacción vgt-alt	2	1506.4	753.2	4.12	0.0494	190.65	13.81
	Interacción char-alt	2	2476.6	1238.3	6.78	0.0059	254.19	15.94
	Interacción vgt-char-alt	1	801.04	801.0	4.39	0.06	300	17.32
	Residuales	43	7853.2	182.6			182.63	13.51
Total	54	26845						
<i>Exerodonta bivocata</i> (abundancia)	Tipo de vegetación (vgt)	1	-3.9E-11	-4E-11	N.A.	N.A.	40.14	-6.33
	Tipo de charca (char)	1	-2.7E-11	-3E-11	N.A.	N.A.	28.99	-5.38
	Altitud (alt)	2	-1.5E-11	-8E-12	N.A.	N.A.	44.55	-6.67
	Interacción vgt-char	1	-2E-11	-2E-11	N.A.	N.A.	69.32	-8.33
	Interacción vgt-alt	2	-2.9E-11	-1E-11	N.A.	N.A.	95.49	-9.77
	Interacción char-alt	2	-5E-11	-2E-11	N.A.	N.A.	68.82	-8.30
	Interacción vgt-char-alt	1	-2.6E-12	-3E-12	N.A.	N.A.	138.64	-11.78
	Residuales	43	12289	285.79	N.A.	N.A.	285.79	16.91
Total	54	22933						

**Tabla 3.** Modelos mejor ajustados por el número de variables, ordenados de menor a mayor con respecto al número de AICc, dichos modelos explican la abundancia total y la abundancia de cada una de las especies encontradas en el arroyo La Escalera. El modelo mejor ajustado de acuerdo con el valor de AICc se muestra en negritas.

	AICc	R <sup>2</sup>	RSS	No. variables	Variables
Abundancia total	<b>335.52</b>	<b>0.68169</b>	<b>17911</b>	<b>8</b>	<b>3,10,12,13,15,16,17,19</b>
	335.64	0.66341	18939	7	3,12,13,15-17,19
	335.86	0.66206	19015	7	3,10,12,13,15,16,19
	336.25	0.64173	20159	6	3,12,13,15,16,19
<i>Lithobates vaillanti</i> (abundancia)	<b>328.33</b>	<b>0.70594</b>	<b>16542</b>	<b>7</b>	<b>2,3,4,7,15,16,20</b>
	328.38	0.69024	17425	6	2,3,4,7,15,16
	328.76	0.67235	18431	5	2,3,4,15,16
	328.89	0.67155	18476	5	2,3,7,15,16
<i>Incilius vailiceps</i> (abundancia)	<b>322.9</b>	<b>0.395</b>	<b>15745</b>	<b>6</b>	<b>2,3,7,12,15,17</b>
	324.32	0.40991	15357	7	2,3,7,8,12,15,17
	324.44	0.40859	15391	7	1,2,3,7,12,15,17
	324.99	0.40246	15550	7	2,3,7,12,15,17,21
<i>Exerodonta bivocata</i> (abundancia)	<b>276.44</b>	<b>0.69424</b>	<b>6995.3</b>	<b>5</b>	<b>13,15,16,17,21</b>
	276.48	0.70867	6665.1	6	10,13,15,16,17,21
	276.51	0.70853	6668.4	6	8,10,13,15,16,21
	276.66	0.7077	6687.3	6	1,8,13,15,16,21

Variables: (1) profundidad de charca; (2) espesor de hojarasca; (3) sustrato limoso; (4) sustrato arcilloso; (5) rocas; (6) hojarasca; (7) ramas; (8) troncos; (9) raíces; (10) algas; (11) peces; (12) gasterópodos; (13) decápodos; (14) mosquitos; (15) agua corriente; (16) temperatura del agua; (17) pH; (18) oxígeno disuelto; (19) salinidad; (20) cobertura de dosel; (21) altitud.

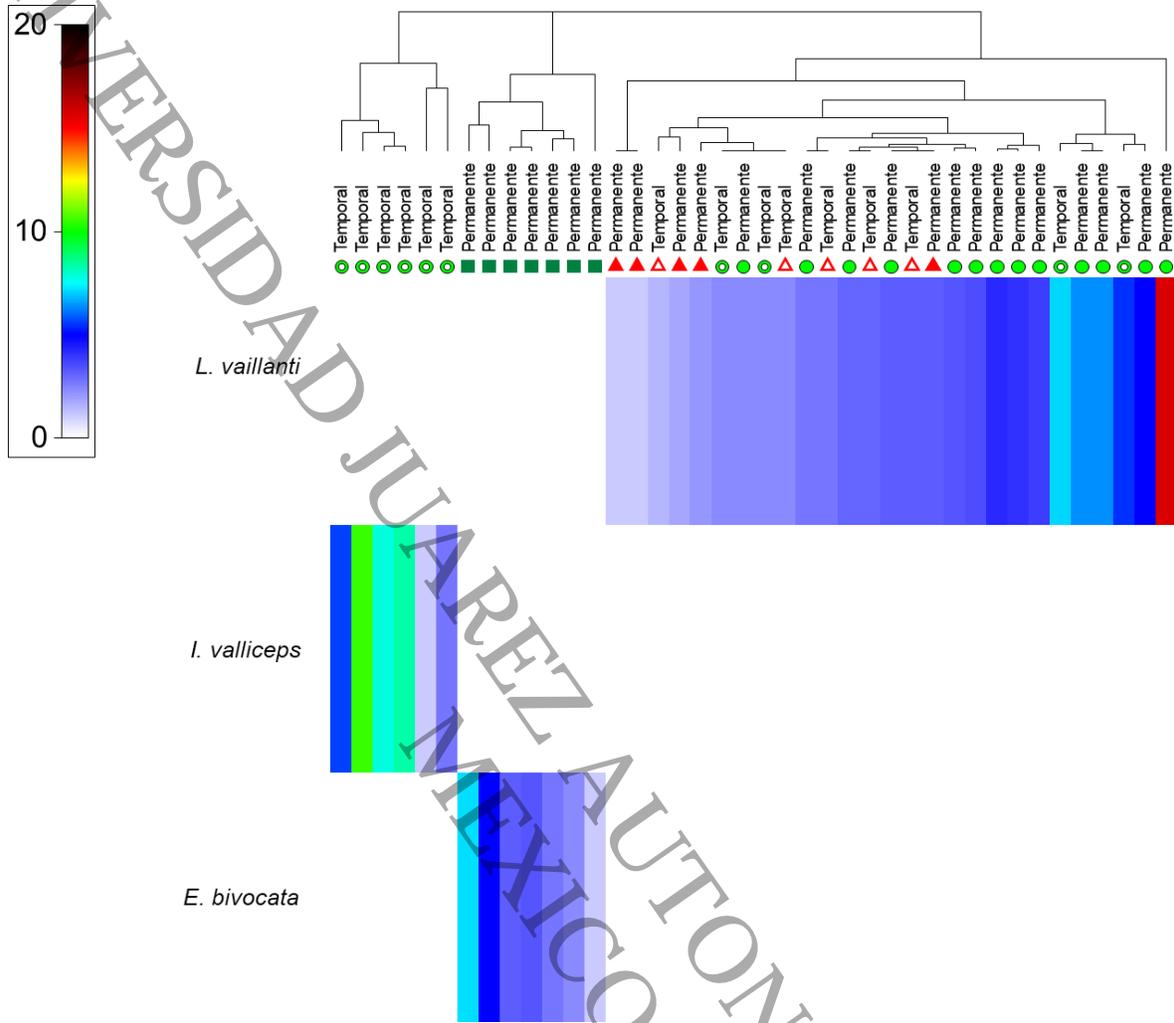
**Figuras**



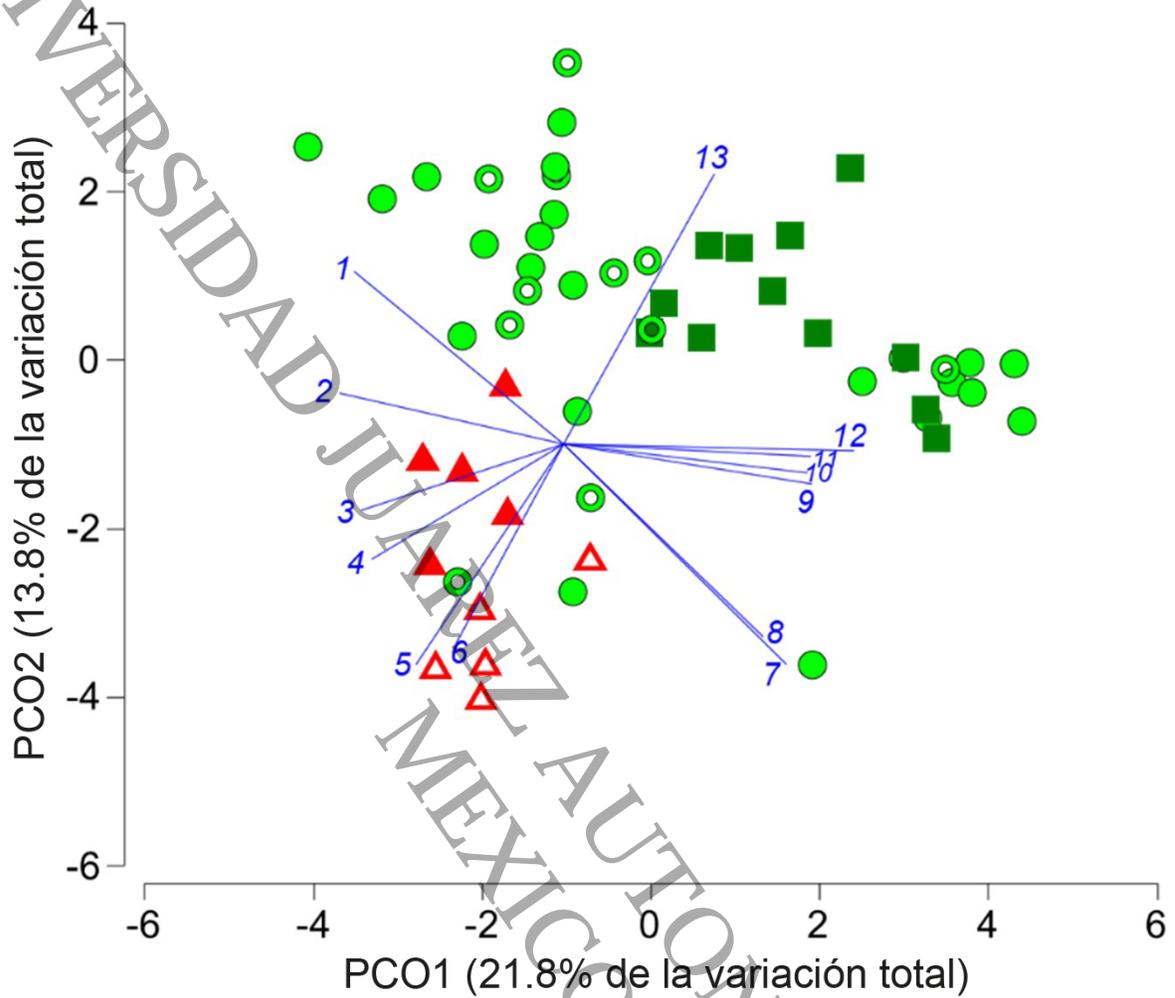
**Figura 1.** Área de estudio en la selva alta perennifolia de la Sierra Norte de Chiapas en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. Figura superior señala área de estudio en recuadro azul; en figura inferior indica la ubicación de los transectos de búsqueda de charcas sobre el arroyo La Escalera.



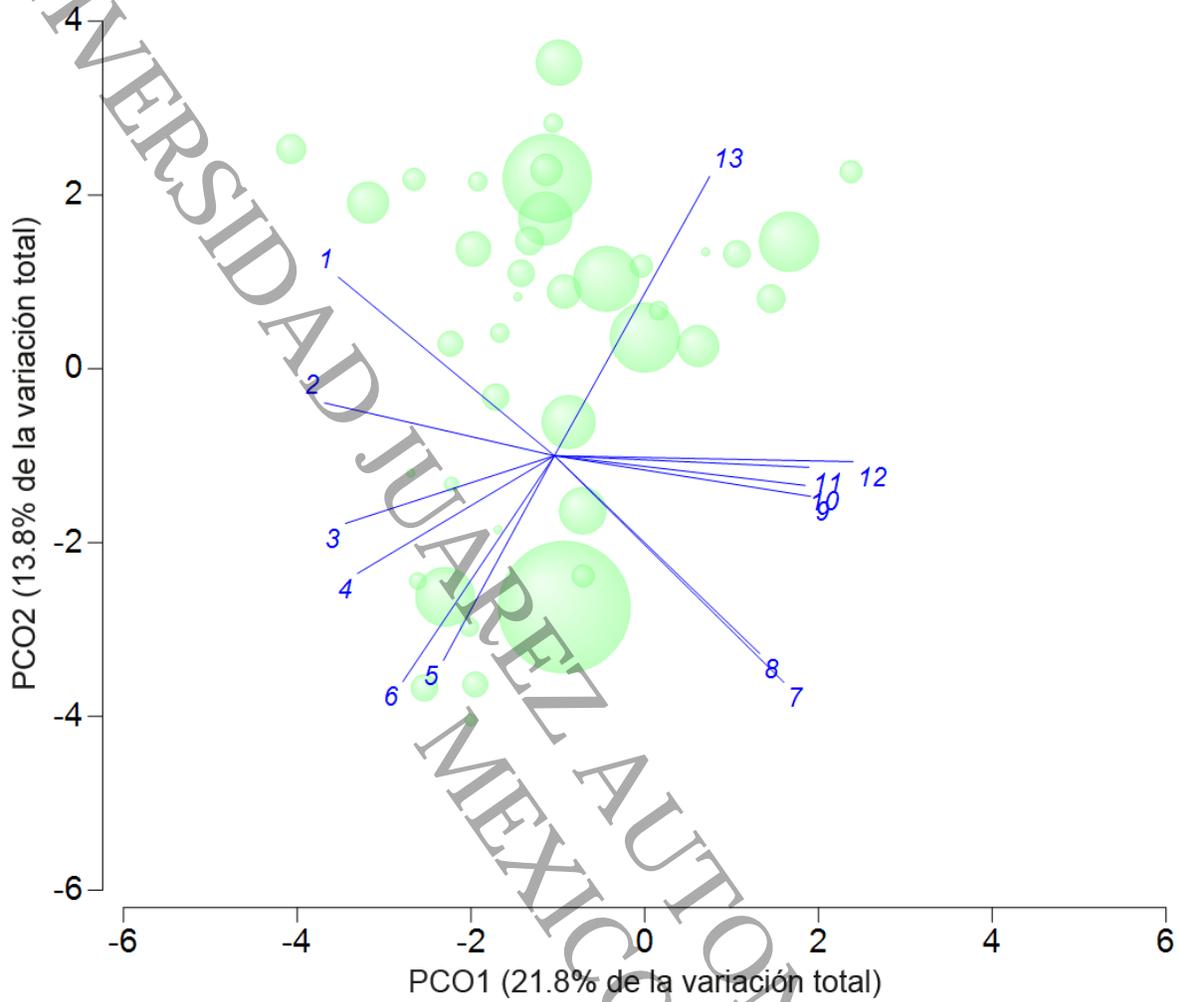
**Figura 2.** Vista de los tipos de ambientes presentes en el sitio de estudio en la Sierra Norte de Chiapas, municipio de Huimanguillo Tabasco, México. a) Vegetación primaria de selva alta perennifolia, b) Vegetación secundaria, c) Vegetación secundaria recién talada.



**Figura 3.** Mapa de calor que representa la asociación de las especies con los diferentes puntos de muestreo en el arroyo “La Escalera” en la selva alta perennifolia de la Sierra Norte de Chiapas en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. El color de los píxeles representa el grado de asociación de cada especie con el estado de la vegetación y las charcas permanentes y temporales, donde los colores más cálidos representan el mayor grado de asociación. Las figuras geométricas representan el estado de la vegetación: ● vegetación secundaria; ▲ vegetación recién talada; ■ vegetación primaria. Las figuras con espacios internos sin color indican charcas temporales, mientras que las figuras rellenas de color, charcas permanentes.



**Figura 4.** Ordenación de las charcas muestreadas en el arroyo “La Escalera” en función de las variables ambientales medidas en la selva alta perennifolia de la Sierra Norte de Chiapas en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. Las figuras geométricas representan el tipo de estado de la vegetación: ● vegetación secundaria; ▲ vegetación recién talada; ■ vegetación primaria. Las figuras con espacios internos sin color, indican charcas temporales, mientras que las figuras rellenas de color, charcas permanentes. Los números indican las variables registradas: (1) temperatura del agua; (2) profundidad de hojarasca; (3) hojarasca; (4) raíces; (5) gasterópodos; (6) sustrato limoso; (7) saturación de oxígeno; (8) oxígeno disuelto; (9) profundidad de charca; (10) salinidad; (11) conductividad; (12) corriente; (13) sustrato arenoso.



**Figura 4.** Ordenación de las charcas muestreadas en el arroyo “La Escalera” en función de las variables ambientales medidas en la selva alta perennifolia de la Sierra Norte de Chiapas en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. La ubicación de cada círculo representa la distancia euclidiana entre charcas dados los gradientes ambientales. El tamaño de los círculos representa la abundancia de renacuajos en cada charca, en donde círculos de menor tamaño representan alrededor de 30 individuos, mientras que el círculo de mayor tamaño representa aproximadamente 300 individuos.

UNIVERSIDAD JUAREZ AUTONOMA DE TABASCO.  
MEXICO.

## **CAPÍTULO III:**

### **CONSIDERACIONES FINALES**

En Huimanguillo, Tabasco, se encuentran dos relictos de selva, el primero ubicado en el área natural protegida Reserva Ecológica la reserva de la Chontalpa y el segundo en el Complejo Ecoturístico Agua Selva, el cual forma parte del Ejido Villa Guadalupe (Palma-López et al., 2019), este último sitio se destaca por pertenecer a la región fisiográfica denominada Montañas del Norte de Chiapas y en el que se localiza el cerro “Las Flores” (Alejandro-Montiel et al., 2010), donde se pueden encontrar fragmentos de bosque mesófilo de montaña y una gran variedad de flora; principalmente orquídeas, aráceas, bromelias, helechos y cactáceas (Castillo-Acosta et al., 2019), algunas de las cuales son endémicas. Por otro lado, existen fragmentos de selva alta perennifolia y vegetación secundaria cercana al arroyo “La Escalera”, donde habita fauna endémica como la lagartija *Anolis barkeri*, especie de hábitos semiacuáticos que depende del arroyo, y anfibios con hábitos especializados como la rana *Exerodonta bivocata*, que de acuerdo con nuestros datos solo se reproduce en ambientes conservados, lo que indica que el sitio de estudio presenta condiciones óptimas para albergar una gran variedad de flora y fauna con hábitos especializados.

Debido a la alta biodiversidad presente en el Ejido Villa Guadalupe, se le puede considerar como un sitio de importancia ecológica y turística para el estado de Tabasco. Por ello la comunidad se organizó para la creación de un orquidiario, con la finalidad de conservar especies endémicas a la zona, e hicieron senderos para ofrecer servicios de ecoturismo, que incluyen hospedaje, guías para los recorridos y vigilancia permanente (Castillo-Acosta et al., 2019). Esto atrajo a profesores y alumnos de diferentes instituciones nacionales y estatales para realizar investigaciones científicas enfocadas principalmente en la flora presente en el sitio, lo que llevó a generar información importante, por lo que en 2010 el Ejido Villa Guadalupe fue acreedor del Premio Estatal de Ecología. Sin embargo, en los últimos años el sitio ha sufrido cambios en su

estructura vegetal, dejando vulnerable a especies de fauna como los anfibios y los reptiles que dependen de ésta para llevar a cabo su ciclo reproductivo.

En el grupo de anfibios y reptiles se han hecho diversas investigaciones de las que se han obtenido nuevos registros de especies, siendo algunas endémicas para el país, lo que posiciona al Ejido Villa Guadalupe como un lugar con ambientes específicos para la vida silvestre. Incluso, el presente trabajo enfocado en renacuajos es de suma importancia, ya que los resultados obtenidos ofrecen una perspectiva ecológica y biológica más amplia, permitiendo conocer algunos requerimientos de hábitat de los anuros en su etapa larvaria para llevar a cabo su metamorfosis y con ello asegurar la supervivencia en su estado adulto

Debido a que los renacuajos son sensibles a los cambios en la calidad del agua pueden ser utilizados como bioindicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos (Cortés-Gómez et al., 2016); por lo tanto, las investigaciones enfocadas en este grupo en particular, pueden ser útiles para evaluar el impacto de las actividades humanas en el hábitat, debido a que la sola presencia de renacuajos en el medio acuático estaría indicando que la calidad del agua es óptima para que diversas especies de anuros en etapa adulta puedan llevar a cabo su reproducción e incluso la ausencia de estos individuos podrían estar indicando que hay problemas en el hábitat.

La supervivencia y el bienestar de los renacuajos y los anuros adultos depende estrechamente de la calidad de su hábitat, debido a que le proporciona refugio, protección contra posibles depredadores y recursos alimentarios (Delfín-Alfonso et al., 2014). Dado que el hábitat es variable, la distribución de los renacuajos a lo largo de los arroyos fluctúa en función de sus características. Por ello, la conservación de estas especies debe englobar medidas generales para la protección del hábitat y los cuerpos de agua donde se reproducen y desarrollan los anuros adultos.

Las estrategias de conservación de los renacuajos pueden variar dependiendo de las especies y de los desafíos que éstos enfrentan, sin embargo, se pueden crear propuestas generales para su conservación, por ejemplo: es indispensable mantener hábitats acuáticos adecuados como las charcas permanentes que permitirán a diversas especies llevar a cabo su proceso de metamorfosis, en particular aquellas especies con un periodo larvario largo como *Lithobates vaillanti*. Por lo anterior, se deben controlar las actividades humanas que puedan afectar el flujo del agua, como las prácticas inadecuadas de deforestación y la sustitución de la vegetación nativa por plantaciones agroforestales (Romero et al., 2014) Si ya existiera alguna modificación, se deberán implementar acciones de restauración que incluyan la repoblación de especies vegetales utilizadas por los anuros adultos para depositar sus huevos, asegurando de esta forma que las especies regresarán a los sitios antes utilizados para su reproducción.

Otras estrategias por considerar son: promover un plan de manejo que permita conservar los relictos de selva primaria en el arroyo “La Escalera”, ya que este tipo de vegetación actúa como corredor ecológico entre los hábitats terrestre y acuático (Granados-Sánchez et al. 2006). Los anuros adultos, e incluso otras especies de vertebrados, dependen en gran medida de esta conexión ya que les permite trasladarse entre los sitios de reproducción y alimentación. Por lo tanto, la conectividad entre los hábitats a través de estos corredores ecológicos es fundamental para la supervivencia y reproducción de las especies en general y a su vez se podrá mantener la salud de los ecosistemas acuáticos (Camacho-Rozo y Urbina-Cardona, 2021). Debido a que la comunidad depende en su totalidad del arroyo para llevar a cabo sus actividades diarias, es esencial gestionar de manera sostenible el uso del agua en temporada de secas y evitar su extracción excesiva, de esta forma las especies de anuros tendrán asegurados cuerpos de agua para su reproducción.

Por último, es importante mencionar que se requiere mantener el monitoreo constante para la recopilación de datos científicos sobre las poblaciones de anuros e incluso considerar a otros grupos de fauna como lo son los mamíferos y las aves, ya que el monitoreo constante ayudará a comprender mejor las necesidades de cada grupo y de esta forma se podrá evaluar la eficacia de las medidas de conservación implementadas. Aunado a eso la educación ambiental y la concientización son parte fundamental para promover las acciones de conservación siendo esta acción una parte complementaria en el quehacer científico (Martínez-Castillo, 2010). Dar a conocer la importancia de los grupos de fauna y flora presentes en el arroyo “La Escalera” así como los beneficios que generan a la comunidad, son clave para fomentar su conservación a largo plazo e incluso se podrán promover actividades que les genere un ingreso económico, a través de la creación de senderos a lo largo del arroyo que permita la observación de las especies llamativas, excluyendo sitios prioritarios utilizados para la reproducción de las especies.

En conclusión, el Ejido Villa Guadalupe cuenta con condiciones muy particulares que elevan su importancia ecológica, y brindan a sus pobladores, la oportunidad de hacer uso sostenible de sus recursos, que implicarán acciones de conservación de sus ecosistemas. El presente trabajo ofrece resultados del valor ecológico que presentan los renacuajos, quienes indican que el arroyo “La Escalera” es un ambiente de elevada calidad, que requiere ser cuidado para dar continuidad a la vida de diversas especies. De aquí resalta la importancia de mantener la vegetación ribereña y la primaria, la educación ambiental aunada a las iniciativas de ecoturismo, así como las oportunidades a nivel científico de conocer la biodiversidad de esta zona. Es importante que las autoridades gubernamentales que impactan en esta comunidad, sus pobladores, y los visitantes conozcan la relevancia de su ambiente natural, para que se sumen con acciones de manejo y conservación desde su ámbito de responsabilidad.

## LITERATURA CITADA

- Alejandro-Montiel, C., Galmiche-Tejeda, Á., Domínguez-Domínguez, M. y Rincón-Ramírez, A. (2010). Cambios en la cubierta forestal del Área Ecoturística de la Reserva Ecológica de Agua Selva, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12, 605–617.
- Camacho-Rozo, C. P. y Urbina-Cardona, N. (2021). Tadpoles inhabiting natural and anthropogenic temporary water bodies: which are the environmental factors that affect the diversity of the assemblages? *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.667448>
- Castillo-Acosta, O., Zavala-Cruz, J., López-López, D. y Almeida-Cerino, C. (2019). El bosque mesófilo de montaña. En *La biodiversidad de Tabasco. Estudio de Estado Vol. II.* (pp. 21–27). CONABIO, México, D.F.
- Cortés-Gómez, A. M., Ramírez-Pinilla, M. P. y Urbina-Cardona, N. (2016). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en anfibios. En Salgado-Negret, B. (Ed). *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones* (pp. 126-179). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia.
- Delfín-Alfonso, C. A., Gallina-Tessaro, S. A. y López-González, C. A. (2014). El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. En S. A. Gallina y C. A. López (Eds.), *Manual de Técnicas para el estudio de la fauna* (pp. 285–313). Instituto de Ecología, A. C, Universidad Autónoma de Querétaro, INE-SEMARNAT. México, D.F.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. A. y López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12, 55–69.

Martínez-Castillo, R. (2010). La importancia ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica@ Educare*, 1, 97–111.

Palma-López, D. J., Vázquez, N. C. J., Chable, P. R., Rodríguez, O. L., Mata, Z. E. E., Morales, G. M. A. y Contreras, H. J. (2019). Servicios ambientales brindados por los ecosistemas y agroecosistemas en la región de La Chontalpa. *En La biodiversidad de Tabasco. Estudio de Estado Vol. III* (pp 297–307). CONABIO, México, D.F.

Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas R. A. y Naulin P.I. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque*, 35, 3–12.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>