

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Evaluación del uso de tubos de cloruro de polivinilo (PVC) como refugio artificial para comunidades de anfibios arborícolas en el Corredor Biológico del bosque nuboso de Guatemala.

Trabajo de graduación

presentado por

Nathalie Pamela Castañeda González

para optar al grado de
Licenciada en Biología

Guatemala
2022

Evaluación del uso de tubos de cloruro de polivinilo (PVC) como refugio artificial para comunidades de anfibios arborícolas en el Corredor Biológico del bosque nuboso de Guatemala.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Evaluación del uso de tubos de cloruro de polivinilo (PVC) como refugio artificial para comunidades de anfibios arborícolas en el Corredor Biológico del bosque nuboso de Guatemala.

Trabajo de graduación

presentado por

Nathalie Pamela Castañeda González

para optar al grado de
Licenciada en Biología

Guatemala
2022

Vo.Bo.:



(f): _____

MSc. Daniel Ariano Sánchez

Tribunal Examinador:



(f): _____

MSc. Daniel Ariano Sánchez



(f):

MSc. Gabriela Alfaro Marroquín



(f): _____

MSc. Luis Estuardo Ríos González

Fecha de aprobación: Guatemala, 20 de junio de 2022

PREFACIO

La elaboración de esta tesis surgió del interés personal de investigar y buscar maneras de conservación para las comunidades de anfibios en Guatemala, pero principalmente en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso. Para mí es un honor poder tener la oportunidad de trabajar con personas tan talentosas como mis asesores y las personas que me ayudaron. Es importante mencionar que la Biología de la Conservación es clave para los trabajos de investigación en esta década. Somos de las primeras generaciones con acceso ilimitado y gratuito a varias fuentes informativas, las cuales puede potenciarse por medio de la divulgación de trabajos como este, que aportan un gran valor a la herpetología Mesoamericana.

Este trabajo ha sido la experiencia más desafiante de toda mi vida, sin duda un sube y baja de emociones. Puso a prueba mi paciencia y mis habilidades de resolución de problemas. Sin embargo, puedo asegurar que, a pesar de esto, los resultados fueron muy gratificantes para mí, mis asesores y mi familia. Todo esto ha sido posible gracias a la Universidad del Valle, no solo por los años de aprendizaje, sino también por los recursos que me brindó a lo largo de este proceso.

Quiero agradecer, en primer lugar, a MSc. Daniel Ariano, Asesor principal de este trabajo de investigación, su orientación y enseñanzas en campo y en teoría fueron sin duda, clave para el aprendizaje a lo largo de mi carrera y en la elaboración de este trabajo. También quiero mostrar mi más sincero agradecimiento a MSc. Gabriela Alfaro, Directora del Departamento de Biología, por su incomparable dirección y compañía a lo largo de los años. A MSc. Luis Ríos por sus enseñanzas que siempre llevare conmigo y por su compañía en mi defensa de tesis. A Ericka Santos, quien ha sido parte de mi formación académica, su ayuda y su cariño los llevo siempre presentes.

Es preciso agradecer a mis compañeros de carrera, quienes me acompañaron durante cinco largos años; quienes demostraron ser más que solo compañeros. En especial a Daniel Núñez por tan importante apoyo durante el proceso de fotografía; A Diego Incer y Javier Rodríguez por su apoyo para la creación de los mapas presentados en este estudio y a Gabriela Salazar por el apoyo tan importante con el formato de esta tesis. También a La Reserva Natural Privada Biotopín, en donde me brindaron la oportunidad de muestrear para esta investigación; Estefanía Vidaurre, Kalina Pinto, Paul Pinto y a Cristóbal Chocó, quienes siempre estuvieron al tanto de cualquier necesidad.

En el plano personal, no puedo olvidarme de todas aquellas personas que me han acompañado hasta la conclusión de esta tesis. Principalmente agradezco a mis papás, Zoila y Lisandro, quienes estuvieron en todos y cada uno de los años que me llevaron hasta aquí, sin ellos nada de esto hubiese sido posible, gracias a su apoyo y motivación me convertí en lo que siempre quise ser, una Bióloga. A toda mi familia por su incondicional apoyo en todos los sentidos posibles; a la familia Durán Paz por siempre abrirme las puertas de su casa y acompañarme en cada paso, y por último, pero no menos importante, a Fer, a quien le agradezco por tanta ayuda y tantos aportes importantes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida. Sin duda este trabajo no sería lo mismo sin su constante apoyo en cada paso.

A todos ellos reitero mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	ii
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	2
A. El Bosque Nuboso Guatemalteco.....	2
B. Descripción de comunidades de anfibios en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala	3
C. Especies de anuros del Bosque Nuboso enlistadas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN	4
D. Refugios naturales para anfibios en vida silvestre	5
E. Uso de tubos PVC para monitoreos de poblaciones de anfibios	6
F. Amenazas para comunidades de anfibios.....	7
G. Efectos de la disminución de anfibios en la comunidad y en el ecosistema	8
H. El efecto del patógeno de la piel <i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>	9
I. Ecología y morfología de renacuajos	10
1. Cuerpo.....	10
2. Ojos	11
3. Espiráculo.....	11
4. Tubo cloacal	11
5. Cola	12
6. Boca.....	13
III. JUSTIFICACIÓN.....	14
IV. OBJETIVOS	15
A. Objetivo general	15
B. Objetivos específicos.....	15
V. METODOLOGÍA	16
A. Área de estudio.....	16
B. Métodos de campo	17
C. Distribución de parcelas y recolección de datos	18
VI. RESULTADOS.....	19

VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	24
VIII.	CONCLUSIONES	28
IX.	RECOMENDACIONES	29
A.	Recomendaciones al diseño y colocación	29
X.	LITERATURA CITADA.....	30
XI.	ANEXOS.....	33

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1:	Fechas en las que se visitó la reserva y avistamientos por tubo PVC.....	20
Cuadro 2:	Registro de avistamientos de las dos especies por cada tubo PVC que presento resultados. A: <i>Ptychohyla hypomykter</i> . B: <i>Plectrohyla quecchi</i>	21
Cuadro 3:	Datos de latitud, longitud y condiciones climáticas para cada punto de muestreo en la primera visita a la RNP Biotopín.	33
Cuadro 4:	Datos de latitud, longitud y condiciones climáticas para cada punto de muestreo en la tercera visita a la RNP Biotopín.....	34
Cuadro 5:	Datos de latitud, longitud y condiciones climáticas para cada punto de muestreo en la quinta visita a la RNP Biotopín.....	35
Cuadro 6:	Datos de latitud, longitud y condiciones climáticas para cada punto de muestreo en la sexta visita a la RNP Biotopín.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Mapa de geolocalización de Guatemala en el Corredor Biológico Mesoamericano.....	3
Figura 2:	Mapa de geolocalización de la Reserva Natural Privada Biotopín en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala.....	4
Figura 3:	Múltiples factores que afectan a las comunidades de anuros alrededor del mundo.	8
Figura 4:	Registros de deformaciones bucales para renacuajos afectados por el patógeno <i>B. dendrobatidis</i>	10
Figura 5:	Tipos de orientación de ojos en renacuajos.....	11
Figura 6:	Tipos de posición de espiráculo en renacuajos.....	11
Figura 7:	Tipos de tubos cloacales en renacuajos.....	12
Figura 8:	Vista dorsal y lateral de renacuajos.....	12
Figura 9:	Configuraciones bucales de renacuajos.....	13
Figura 10:	Ejemplo de partes bucales con una distribución de 2/3 filas de dientes de renacuajos..	13
Figura 11:	Mapa ubicación de la Reserva Natural Privada Biotopín.....	17
Figura 12:	Diagrama de puntos de muestreo en Parcela 3.....	18
Figura 13:	Mapa de ubicación de parcelas 1, 2 y 3 para monitoreo de anfibios en la Reserva Natural Privada Biotopin.....	20
Figura 14:	Fotografía de renacuajo de la especie <i>Ptychohyla hypomykter</i> . Recolectado en parcela 3.....	21
Figura 15:	Fotografía de renacuajo de la especie <i>Plectrohyla quecchi</i> . Recolectado en parcela 3..	22
Figura 16:	Deformaciones e indicios de quitridiomycosis causada por el patógeno <i>B. dendrobatidis</i> en renacuajo de <i>Plectrohyla quecchi</i>	26

RESUMEN

Los anfibios son la clase de vertebrados más amenazada según la Lista Roja de la UICN. Su declive se ha relacionado con actividades antropogénicas, el alto peligro por quitridiomycosis y por los fuertes cambios climáticos en sus hábitats. Los estudios de conservación de comunidades de especies en estados vulnerables se han convertido en un recurso clave para la Biodiversidad mundial. Por eso este estudio se presenta con un enfoque hacia la conservación de las comunidades de anuros en el Corredor Seco del Bosque Nuboso de Guatemala. Se evaluó el uso de tubos de PVC (Cloruro de Polivinilo) como herramienta para caracterizar comunidades de anfibios que utilizan refugios artificiales. Se crearon tres parcelas de aproximadamente 150 metros de largo, las cuales se dividieron cada 10-8 metros para colocar los Tubo PVC, el objetivo fue ponerlas en árboles para que sea fácil para los individuos buscarlas. Cada una de las parcelas está separada por 150 metros entre sí. En total se utilizaron 45 Tubos PVC para este estudio. Las parcelas se seleccionaron en base a la cercanía que tengan con alguno de los cuerpos de agua de la reserva. Los 45 tubos PVC se colocaron en la Reserva Natural Privada Biotopín, en Baja Verapaz. Se visitó la reserva para la recolección de datos por tres meses, comenzando el 5 de marzo hasta el 15 de mayo, se encontró que cinco de los tubos PVC presentaron renacuajos, lo que indica que los mismos fueron utilizados por ranas arborícolas para oviposición. Las especies reportadas fueron *Ptychohyla hypomykter* con cuatro individuos y *Plectrohyla quecchi* con un individuo. En este estudio se registra por primera vez a estas especies utilizando fitotelmatas para poner sus huevos. Lo que implica un gran aporte para la herpetología mesoamericana. Los tubos PVC no solo permitieron el estudio de comunidades de anfibios, sino que se convirtieron a su vez en refugios potenciales para oviposición para especies arborícolas amenazadas. Se recomienda llevar a cabo el estudio por más tiempo y colocarlas más alto con el fin de variar las altitudes en las que se pueden encontrar los tubos PVC.

ABSTRACT

Amphibians are the most endangered class of vertebrates according to the IUCN Red List. Its decline has been related to anthropogenic activities, the high risk of chytridiomycosis and strong climatic changes in their habitats. Conservation studies of communities in vulnerable states have become a key resource for global biodiversity. For this reason, this study is presented with a focus on the conservation of anuran communities in El Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala. The use of PVC (Polyvinyl Chloride) tubes was evaluated as a tool to characterize amphibian communities that use artificial shelters. Three plots of approximately 150 meters long were created, which were divided every 10-8 meters to place the PVC tubes, the goal was to put them in trees so that it is easy for individuals to search for them. Each of the plots is separated by 150 meters from each other. In total, 45 PVC pipes were used for this study. The plots were selected based on their proximity to one of the reserve's bodies of water. The 45 PVC pipes are placed in the RNP Biotopín, in Baja Verapaz. The reserve was visited for data collection for three months, beginning on March 5 until May 15, it was found that five of the PVC pipes presented sightings of tadpoles, which indicates that they were used by tree frogs to oviposition. The reported species were *Ptychohyla hypomykter* with four individuals and *Plectrohyla quecchi* with one individual. In this study, these species are recorded for the first time using phytotelmata to lay their eggs. This implies a great contribution to Mesoamerican herpetology. PVC pipes not only allowed the study of amphibian communities but also developed into potential oviposition refuges for threatened arboreal species. It is recommended to carry out the study for a longer time and place them higher to vary the altitudes at which PVC pipes can be found.

I. INTRODUCCIÓN

Los refugios artificiales consisten en tuberías de PVC colocadas en el suelo o unidas a árboles dentro de una parcela. Los tubos imitan los agujeros de los árboles que las ranas usan durante el día para evitar exposición, esconderse de los depredadores y tener un lugar seguro para descansar antes de salir por la noche a forrajear o reproducirse (Boughton *et al.* 2000). Se sabe que muchos métodos de muestreo son invasivos para los individuos, ya que en muchos casos se refugian en bromelias fitotelmatas y la única manera de muestrear y hacer conteos de especies es destruyendo la bromelia, lo que conlleva a destruir el refugio temporal de algún individuo (Suriyamongkol *et al.*, 2021).

Desde hace unos años, se considera que los anfibios están sufriendo la peor crisis de extinción de toda su historia. Su tasa de extinción supera a la de otros vertebrados debido principalmente a la destrucción y alteración humana del hábitat, sumado a fenómenos naturales como las tormentas tropicales, incendios forestales y recientemente a fenómenos de gran magnitud como el calentamiento global o enfermedades emergentes pone en peligro el estudio de este grupo de especies (Wake & Vredenburg, 2008).

Desde 2010, en la Convención sobre Diversidad Biológica celebrada en Japón (COP 10), Guatemala es considerado como un país megadiverso. Gran parte de esta mega diversidad pertenece a los anfibios y reptiles. Desde el inicio de los años 2000 se han descubierto numerosas especies, las cuales son importantes para catalizar las actividades de conservación de estas (Guerra-Centeno *et al.*, 2014).

La Reserva Natural Privada Biotopín, se encuentra ubicada en el municipio de Purulhá, Baja Verapaz. Cuenta con cinco cuerpos de agua en toda su extensión y se ubica en el Río del Polochic. La zona forma parte de la Sierra de las Minas y Chuacús, las montañas y colinas que tienen pendientes ligeras y en algunos casos fuertemente empinadas. Es parte del Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala, cuenta con clima frío y húmedo; una temperatura promedio de 18.5 C° y una humedad relativa promedio de 98% (Reiche, 2015). En la RNP Biotopín se han llevado a cabo muestreos de herpetología, los cuales servirán como una base de comparación para los resultados de este estudio (UVG, 2019).

II. ANTECEDENTES

Hasta la fecha, la riqueza de herpetofauna reportada para Guatemala asciende a 169 especies de anfibios y 272 especies de reptiles (Ariano, 2021). Los esfuerzos de conservación de la biodiversidad en Guatemala han incluido el establecimiento de un Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas que actualmente abarcaba el 31,05% del territorio terrestre nacional. El fin de todo sistema de áreas protegidas tendría que ser el resguardo de poblaciones viables de la biodiversidad contenida en un país o región. En el caso de Guatemala, el sistema de áreas protegidas se ha ido construyendo de tal forma que algunas ecorregiones han quedado fuera del mismo y por lo tanto, no se resguarda toda la riqueza de herpetofauna conocida y desconocida del país (CONAP, 2009), (Pereira-Ribeiro, *et al.*, 2017).

En 2019 la Universidad del Valle llevó a cabo una evaluación ecológica completa en el área. Brindando información clave para esta investigación. En resumen, en esta evaluación se encontró un aproximado de 12 especies de anfibios y 22 especies de reptiles; 62 especies de aves y 28 especies de mamíferos. Entre estas especies destacan la serpiente gushnayera (*Bothriechis aurifer*), salamandras como *Bolitoglossa helmrichi*, el halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*) y murciélagos del género *Artibeus*. También plantea el objetivo de conservación “Conservar la diversidad biológica representativa de la región y los procesos ecológicos naturales, además de servir como reservorio genético ante los impactos del cambio climático” (UVG, 2019).

A. El Bosque Nuboso Guatemalteco

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) describe el bosque nuboso como, “Ecosistemas reconocidos por su importancia en el rol que juegan en la regulación del ciclo hídrico estabilizando la calidad del agua y manteniendo los patrones de flujo natural de los ríos que se originan en ellos, así como en su función de hábitat para numerosas especies endémicas y amenazadas”. Son ecosistemas que contienen un alto índice de biodiversidad, incluyendo especies endémicas y amenazadas. Estos se caracterizan por sus altos niveles de precipitación y por una cobertura de nubes persistente por varias estaciones en el año (CONAP, 2021).

En Guatemala, el ecosistema del bosque nuboso ocupa un 5% del territorio nacional en 19 departamentos, Quiché, Huehuetenango, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Zacapa, El Progreso, Izabal, San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Totonicapán, Guatemala, Chimaltenango, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa. Se distribuye dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) en un área total de 266,274.70 ha de las cuales 189,185 ha cuentan con una distribución actual de bosque nuboso, lo que representa el 35 % de los bosques nubosos de Guatemala.

Se puede asegurar que forma parte de 93 áreas protegidas que forman parte del SIGAP, la que cuenta con mayor presencia de bosque nuboso es la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas con un total 131,579 ha, lo que equivale al 49.4 % del área total de ecosistema en el SIGAP y la Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán con un total de 32,930 ha, equivalente al 12.4 %. El otro 38.2 % restantes se distribuyen en pequeñas proporciones en diversas áreas protegidas. Tales como lo es la Reserva Natural Privada Biotopín (CONAP, 2021).

A pesar de esto, los Bosques Nubosos alrededor del país se encuentran en grave peligro, principalmente debido al cambio de uso del suelo por avance de la frontera agrícola e infraestructura, tala y extracción ilícita de madera; construcción de infraestructura como caminos, carreteras, e hidroeléctricas; incendios; minería, e introducción de especies exóticas. Su ecología tan original y la ubicación montañosa los hace susceptibles a cambios causados por el cambio climático y a deforestación.

Guatemala forma parte del Corredor Biológico Mesoamericano, el cual se creó como una estrategia regional para el desarrollo sostenible, impulsada por la Comisión Centroamericana de Ambiente y desarrollo (CCAD), que se fundamenta en la conservación y en el adecuado aprovechamiento de la biodiversidad y la riqueza en recursos naturales de Mesoamérica (CCAD, 2007).



Figura 1: Mapa de geolocalización de Guatemala en el Corredor Biológico Mesoamericano. (Taylor, 2011).

B. Descripción de comunidades de anfibios en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala

El Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala es de las áreas que presentan mayor endemismo y en las que se registran mayores cantidades de especies de anfibios (Acevedo, 2006). Según Kohler, el Bosque nuboso se caracteriza por la frecuente presencia de nubes, sus altos niveles de precipitación y humedad y por sus bajas temperaturas, este presenta alta biodiversidad, en un rango altitudinal de 1,200 y 2,600 msnm en las variadas regiones del Corredor Biológico. Algunas especies registradas para estas áreas son: *Cryptotriton veraepacis*, *Cryptotriton sierraminensis*, *Bolitoglossa daryorum*, *Bolitoglossa helmrichi*, *Bolitoglossa meliana*, *Bolitoglossa mulleri*, *Nyctanolis pernix*, *Hyla bocourti*, *Craugastor daryi*, *Craugastor bocourti*, *Craugastor brocchi*, *Craugastor rivulus*, *Craugastor xucanebi*, *Craugastor lineatus*, Varias especies se registran para el género *Plectrohyla*, *Plectrohyla hartwegi*, *Plectrohyla pokomchi*, *Plectrohyla quecchi*, *Plectrohyla teuchestes*, *Ecnomihyla minera*, *Agalychnis moreletii*, *Ptychohyla hypomykter*; también se pueden encontrar especies del género *Bromelohyla*, que en su nombre se evidencia el uso de bromelias fitotelmatas para su reproducción y refugio de sus crías (Kohler 2011).



Figura 2: Mapa de geolocalización de la Reserva Natural Privada Biotopín en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala (FODECYT, 2007).

C. Especies de anuros del Bosque Nuboso enlistadas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN

Hay ocho estados de conservación en los que se pueden posicionar las especies que se encuentran en esta lista.

- **Sin suficiente información:** Se utiliza cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación directa o indirecta de su riesgo de extinción en función de su distribución y estado de la población (IUCN, 2022).
- **Menor preocupación:** Se utiliza cuando la especie ha sido evaluada contra los criterios de la Lista Roja y no califica para ningún tipo de peligro (IUCN, 2022).
- **Casi amenazada:** Se denomina así a una especie que ha sido evaluada contra los criterios de la Lista roja pero no califica para ningún tipo de peligro, sin embargo, está cerca de calificar en un futuro cercano (IUCN, 2022).
- **Vulnerable:** Una especie se denomina así cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple alguno de los criterios de peligro, por lo que se considera que se encuentra en alto riesgo de extinción en estado silvestre (IUCN, 2022).
- **En peligro:** Así se denomina a una especie cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple alguno de los criterios de peligro, por lo tanto, se considera que se enfrenta a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre (IUCN, 2022).

- Peligro crítico: Una especie se denomina así cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple con los criterios de peligro, por lo tanto, se considera que enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre (IUCN, 2022).
- Extinta en estado silvestre: Este término se utiliza cuando se sabe que solo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como una población naturalizada muy por fuera del área de distribución conocida. Se considera cuando los estudios exhaustivos en el hábitat conocido y esperado no han logrado registrar un individuo (IUCN, 2022).
- Extinta: Una especie está totalmente extinta cuando no queda duda razonable de que el último individuo ha muerto. Y Cuando los estudios exhaustivos en el hábitat conocido y esperado no han logrado registrar a un individuo (IUCN, 2022).

En la Lista Roja del IUCN se encuentran varias especies de anuros pertenecientes al bosque nuboso de los géneros *Plectrohyla*, *Agalychnis*, *Bromeliohyla*, *Ptychohyla*, *Ecnomiohyla* y *Craugastor*. Algunas de estas especies se encuentran en Peligro, tales como *Plectrohyla hartwegi*, *Plectrohyla quecchi* y *Plectrohyla pokomchi*. En estado Vulnerable se pueden encontrar especies como *Ptychohyla hypomykter* y *Craugastor rivulus* (IUCN, 2019).

Ptychohyla hypomykter: La rana “Rana Montana de Quebrada” se evaluó para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN el 21 de octubre de 2019. Se determinó que se encuentra en estado Vulnerable según el criterio C2a (i). Este criterio se debe a un tamaño de población reducido de esta especie, ya que anteriormente tuvo altos registros de poblaciones alrededor del país. Esto se debe a una disminución continua de la población por los efectos de la quitridiomycosis y la pérdida continua de hábitat. Es probable que el número total de individuos maduros en la población sea inferior a 10,000 y se estima que cada una de las subpoblaciones conocidas contiene menos de 1,000 individuos maduros (IUCN, 2019). Según varias fuentes, esta especie se mantiene relativamente estable en zonas de quitridiomycosis. Según Fernández, 2021 “Algunas especies de anfibios son incluso capaces de acabar con la infección por el patógeno de la quitridiomycosis si se encuentran en unas condiciones de temperatura adecuadas. Esto lo consiguen cuando condiciones térmicas son óptimas para el hospedador. Bajo esas condiciones ocurre una regulación genética positiva, y un aumento en la capacidad de respuesta del sistema inmune”.

Plectrohyla quecchi: La rana “Puntiaguda de las palmas” se evaluó para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN el 22 de agosto de 2019. Se determinó que se encuentra en estado de Peligro (Endangered) bajo el criterio A2ace; B1ab (iii, v). Esto se debe a una disminución drástica de la población, que se sospecha que supera el 50 % durante un período de diez años (2009-2019), debido a la quitridiomycosis y la disminución continua en la extensión y calidad de su hábitat. La tendencia de sus poblaciones está decreciendo y se cree que la subpoblación en el Biotopo del Quetzal experimentó disminuciones drásticas en el 2010, probablemente debido a una combinación de quitridiomycosis, cambio climático y pérdida de hábitat (Ariano-Sánchez, *et al.*, 2019). Esta especie se considera ser más susceptible de lo normal al patógeno de la quitridiomycosis. En 2010-2011, cinco de quince individuos dieron positivo para *Batrachochytrium dendrobatidis*. Esto equivale a un tercio o el 33.33% de los individuos que fueron sometidos a las pruebas.

D. Refugios naturales para anfibios en vida silvestre

En la naturaleza, una especie puede sustentar la existencia de otra simplemente proporcionando un sustrato en el que la segunda especie pueda vivir. La familia Bromeliaceae tiene una característica muy importante para muchas especies de ranas arborícolas, ya que su compleja arquitectura de su anatomía las hace capaces de formar un depósito de agua, el cual proporciona microhábitats para

varias especies en su área (Sabagh y Ferreira, *et al.*, 2017). La recolección y almacenamiento de agua por bromelias de tanque es un fenómeno ecológico prominente, y el agua almacenada representa un recurso vital para muchos micro y macroorganismos, incluidos invertebrados, vertebrados e incluso otras plantas. Un dato importante de mencionar es que los anfibios requieren un hábitat apropiado durante todo su ciclo de vida, ya sea ambientes acuáticos como terrestres. Estas características los hacen extremadamente susceptibles a perturbaciones de cualquier tipo, principalmente al patógeno *B. dendrobatidis*. Debido a esto, los anfibios son considerados como directos indicadores de estrés ambiental. Existe un alto índice de endemismo en la fauna acuática de bromelias (López *et al.* 2009), lo que resalta mucho la importancia que tienen estas especies para la conservación de un ecosistema (Sabagh y Ferreira, *et al.*, 2017).

La mayoría de las ranas arborícolas rara vez descienden al suelo, excepto para aparearse o forrajear, pero algunas ranas arborícolas ponen sus huevos en los árboles, o en la vegetación de los árboles, que contiene agua. Muchos de estos lugares son poco convencionales, por ejemplo, se ha registrado que bastantes especies de anuros arborícolas ponen sus nidadas en las aperturas de los árboles, otros en el envés de las hojas. Se ha comprobado que algunas especies tienden a dejar sus nidadas en varios lugares esparcidos para jugar con las probabilidades de sobrevivencia de cada lugar. Algunas veces prefieren los lugares húmedos y, por lo general cerca de cuerpos de agua, buscan puntos clave que recolectan agua de lluvia, por ejemplo, en las hojas y en las grietas y plantas en forma de copa (Cervantes, 2018).

E. Uso de tubos PVC para monitoreos de poblaciones de anfibios

Los refugios artificiales se han utilizado en estudios con diferentes grupos de animales, incluidos vertebrados como mamíferos voladores en 2005; aves en 2011; reptiles en 2007 y 2009; e invertebrados como arañas en 2007 y crustáceos en 1997. Algunos estudios tuvieron como objetivo principal investigar la ecología de la especie, mientras que otros buscan incrementar el grado de conservación de algunas especies a través de muestreos especializados para determinar cuáles son los factores clave para disminuir el grado de peligro que pueda tener cada especie.

Suriyamongkol *et al.* (2021), investigaron el uso de tubos PVC como refugios artificiales para las ranas arborícolas verdes en diferentes hábitats dentro de un bosque de pinos después de un masivo incendio. Su metodología se basó en un muestreo en dos diferentes zonas, una más afectada que la otra por el incendio. En este estudio capturaron a 227 ranas, 101 (24 adultos y 77 juveniles) en áreas quemadas y 126 (61 adultos, 63 juveniles y 2 desconocidas) en áreas no quemadas. Encontraron una relación entre el uso de tubos de PVC por parte de adultos y jóvenes y la ubicación de las tuberías en áreas quemadas en comparación de áreas no quemadas. Sus resultados confirmaron que los tubos de PVC merecen ser considerados como una herramienta de conservación simple y económica para ayudar en la restauración de poblaciones de ranas arborícolas después de desastres naturales de alta severidad.

Entre los anfibios, los refugios artificiales se han utilizado durante más de 40 años en estudios sobre ecología de poblaciones. El uso de tuberías de PVC es una técnica ampliamente aceptada para recrear refugios para ranas arborícolas. Por ejemplo, las tuberías de PVC ofrecen lugares de refugio artificial para muchas especies de anfibios arbóreos que, de otro modo, buscarían refugio bajo la corteza o en cavidades naturales (Pereira-Ribeiro, *et al.*, 2017).

Aunque los refugios artificiales son efectivos para muestrear ranas arborícolas, en estudios previos el éxito de la captura ha variado entre clases de edad y entre especies. El éxito de captura

diferencial en estudios que utilizan múltiples diseños de tuberías o ubicaciones ha indicado que las ranas arborícolas son selectivas en el uso de refugios (Boughton y Staiger, *et al.*, 2000).

En el estudio de Boughton *et al.*, buscaron diseñar tuberías que atrajeran a todas las especies de ranas arborícolas y clases de edad presentes en cada sitio. Eligieron los diseños y las ubicaciones de las tuberías en función de los factores que probablemente influirían en el uso de los refugios por parte de las ranas arborícolas, incluida la prevención de la desecación, la prevención de la depredación y la probabilidad de encontrar un refugio natural en un árbol en particular. También evaluaron la influencia de las condiciones meteorológicas y del sitio en el éxito de la captura.

F. Amenazas para comunidades de anfibios

Aunque enfermedades como la quitridiomycosis, el parasitismo, los productos químicos tóxicos, el aumento de los niveles de luz UVB y las condiciones climáticas cambiantes imponen impactos negativos en las poblaciones de anfibios, la pérdida de hábitat debido a urbanización y degradación de bosque, o el cambio de uso de suelo son la razón principal de la disminución de la población local de anfibios, también el hecho que sus refugios naturales sean destruidos los hace buscar otro tipo de refugio, en este caso uno artificial (Suriyamongkol *et al.*, 2021). Esto se debe a que estas especies tienen bajas tasas de migración, altas tasas de mortalidad mientras se desplazan por las carreteras. Son especies poco resilientes debido a lo delicada que puede llegar a ser su piel y por sus tamaños en algunos casos tan pequeño (McGrath-Blaser, *et al.*, 2021). Se les considera tanto depredadores como presas, y la biomasa acumulada de anfibios muestra que tienen funciones clave en la estructura de la comunidad, el flujo de energía y el ciclo de nutrientes. Sin embargo, las poblaciones de anfibios están disminuyendo rápidamente, más rápido que las de aves y mamíferos, y la disminución podría conducir a la extinción de las especies (Suriyamongkol *et al.*, 2021). Los anfibios son exotermos y dependen de la naturaleza para regular su temperatura. No pueden mantener calientes sus cuerpos por sí mismos, y parte de este proceso de regulación es tener la piel húmeda. La piel mojada permite el intercambio de oxígeno y mantiene a los anfibios húmedos y frescos. Esta es en parte la razón por la que viven alrededor del agua y en lugares húmedos o mojados (Collins & Crump 2009).

El bosque nuboso es uno de los hogares más frecuentes para comunidades de anuros ya que tiene como características principales la presencia de nubes, neblina y lluvia. Estas generan una reducción en la cantidad de luz solar que entra en el bosque, lo que hace que este sea más propenso a tener altos niveles de humedad. Este es un factor clave para la reproducción de estas comunidades. La precipitación total en estos ecosistemas puede verse altamente afectada por la captación de neblina de las plantas que se encuentran en él. También una de sus características principales es la gran biodiversidad que presenta, ya que varias especies de varias familias pueden acoplarse a sus condiciones climáticas. Estos ecosistemas son importantes para la regulación de los caudales hidrológicos de los ríos que se encuentran cerca del área (Kappelle, 2008). Sin embargo, estos se ven altamente amenazados y tienen a ser los más frágiles en cuestión de temas antropogénicos y climáticos.



Figura 3: Múltiples factores que afectan a las comunidades de anuros alrededor del mundo. (Blaustein *et al.*, 2011).

El estudio realizado por Blaustein *et al.*, 2011, sugiere tres puntos clave para presentes y futuros estudios centrados en conservación de especies de anuros. 1- los esfuerzos centrados únicamente en el nivel de la población pueden no detectar los efectos a nivel de la comunidad después de las pérdidas de anfibios; 2- las presiones de selección modernas, especialmente aquellas que son inducidas por humanos, pueden ocurrir demasiado rápida y fuertemente para permitir que los anfibios tengan el tiempo adecuado para desarrollar adaptaciones para superarlas; y 3- existe una necesidad continua de datos de campo a largo plazo para evaluar el estado de una población. Claramente, la investigación sobre la disminución de la población de anfibios necesita desarrollar enfoques en los que manejar la dependencia del contexto que prevalece en los sistemas ecológicos, lo que podría proporcionar un modelo valioso para los esfuerzos de conservación en general (Blaustein *et al.*, 2011).

G. Efectos de la disminución de anfibios en la comunidad y en el ecosistema

Los efectos de la disminución de la población de anfibios en sus ecosistemas han recibido poca atención. Los anfibios son importantes tanto como consumidores como presas en la cadena trófica acuática y terrestre, y pueden cambiar el hábitat fisicoquímico donde viven. Los anfibios pueden constituir una gran parte de la biomasa de vertebrados en algunos ecosistemas. Pueden tener efectos significativos sobre la dinámica de la materia orgánica y los sedimentos, la productividad primaria, la composición de la comunidad de algas, los herbívoros de invertebrados y los depredadores (Lannoo, 2005). Por ejemplo, la reducción de la abundancia de larvas de anfibios se asoció con mayores niveles de clorofila-a, mayor bio-volumen medio de células de algas, mayor masa seca de perifiton y un cambio en la composición de especies de algas. Con una mayor disponibilidad de recursos de algas, los macroinvertebrados herbívoros se liberan de la competencia con los renacuajos

y aumentan en abundancia. En conjunto, estas observaciones subrayan la importancia de identificar el papel de los anfibios en las comunidades y las consecuencias ecológicas de su disminución (Blaustein *et al.*, 2011).

Muchas presiones de selección, especialmente aquellas inducidas por el hombre, como la contaminación ambiental, los cambios en la atmósfera o la introducción de especies exóticas pueden ser demasiado fuertes y pueden haber surgido demasiado rápido para que los anfibios desarrollen adaptaciones para superarlos. Estos cambios inducidos por el hombre pueden interactuar entre sí de formas complejas y desencadenar dinámicas impredecibles, incluida la aparición de enfermedades infecciosas (McCallum, 2007).

H. El efecto del patógeno de la piel *Batrachochytrium dendrobatidis*

La quitridiomycosis y su papel en la disminución de la población y la extinción de especies en todo el mundo ha creado una necesidad urgente de métodos para detectarla. Causada por el hongo patógeno de la piel *Batrachochytrium dendrobatidis*, esta infección ha devastado comunidades de anfibios en todo el mundo y se considera la peor enfermedad de la vida silvestre registrada. Los anfibios son un grupo funcionalmente importante y es probable que su pérdida tenga importantes ramificaciones en todos los ecosistemas (Skerratt *et al.* 2007).

Los anfibios son el único huésped conocido de *B. dendrobatidis*, que ataca las células queratinizadas que se encuentran en la piel de los individuos adultos y las piezas bucales de las larvas de anuros (Nichols *et al.*, 2001). La transmisión ocurre en el agua a través de una zoospora flagelada que se enquista en el anfibio y crea un zoosporangio, del cual se liberan posteriormente nuevas zoosporas al agua. Aunque la quitridiomycosis causa mortalidad en etapas post-metamórficas de numerosas especies de anuros (Nichols *et al.*, 2001), los renacuajos generalmente portan el hongo sin experimentar un aumento de la mortalidad (Blaustein *et al.*, 2005).

Desde hace años que se registran disminuciones evidentes en las poblaciones de anfibios en Guatemala (Campbell 1999) y se puede asociar directamente con la deforestación, la agricultura de tala y quema y los pesticidas. El primer reporte de vez la presencia del hongo quitridiomycosis en Guatemala fue hace 30 años por Campbell y Smith en 1992. En ese momento se desconocía que la falta de piezas bucales en los renacuajos era indicativa de la presencia de patógenos letales. Sin embargo durante este tiempo se han registrado las causas y los efectos de esta enfermedad en las comunidades de anuros del país.

Varios estudios han establecido una relación entre la infección por *B. dendrobatidis* y la aparición de anomalías en la región oral de renacuajos de diferentes especies de anfibios. En 2001 Fellers *et al.*, realizó un estudio de muestreo con renacuajos, en el cual encontró que el 67% de los renacuajos de la especie *Rana muscosa* que presentaban piezas bucales anormalmente queratinizadas, estaban infectados por *B. dendrobatidis*. Vieira y Toledo, *et al.*, 2013, reportó un resultado similar para los renacuajos de *Hylodes japi*, para los cuales el 94.5% de los individuos infectados poseían piezas bucales despigmentadas. Estos resultados sugieren la posibilidad de utilizar las deformidades orales de los renacuajos como una consecuencia directa para la detección de *B. dendrobatidis* en los renacuajos.

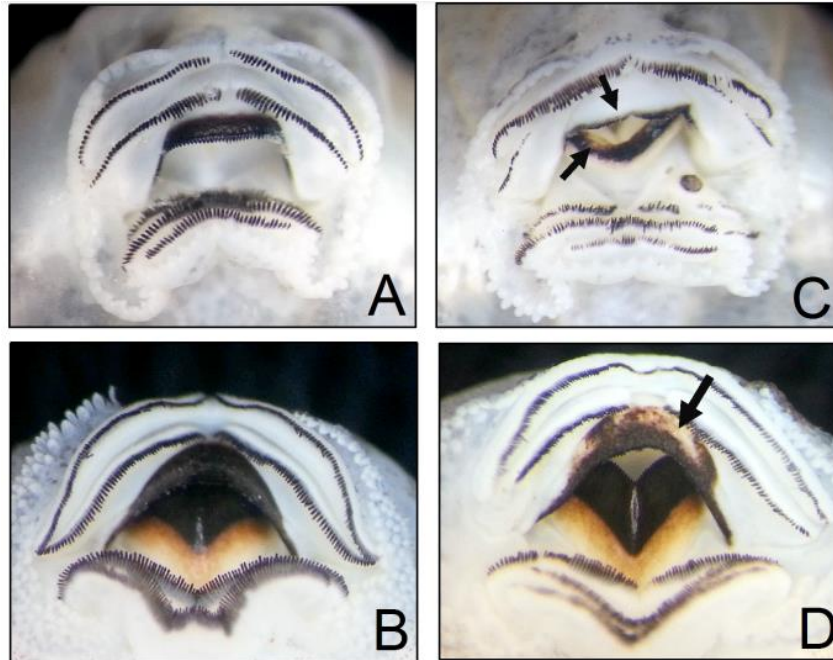


Figura 4: Registros de deformaciones bucales para renacuajos afectados por el patógeno *B. dendrobatidis*.

A y B son la representación de partes bucales sanas y sin deformaciones; C: renacuajo con vainas mandibulares desqueratinizadas y desqueratinización en las filas de dientes; D: renacuajo con vaina mandibular superior desqueratinizada.

(Navarro y Sánchez, *et al.*, 2018).

I. Ecología y morfología de renacuajos

Una de las características clave de los anfibios es su historia de vida bifásica; pasan parte de su vida como larvas antes de transformarse en adultos. Para muchas especies de anfibios, la etapa larvaria ocurre dentro de un ambiente acuático (p. ej., estanque, lago, arroyo) mientras que la etapa adulta ocurre en el ambiente terrestre. Debido a que la mayoría de los anfibios requieren ambientes tanto acuáticos como terrestres para completar sus ciclos de vida, sus poblaciones están cada vez más amenazadas por la destrucción, degradación y fragmentación de los hábitats naturales (Hoverman, *et al.*, 2015). A nivel mundial, el 43% de las especies de anfibios están experimentando una disminución de la población y la pérdida de hábitat figura como el principal contribuyente. Dado el estado de peligro de estas comunidades, existe la necesidad de una investigación que monitoree a los anfibios para evaluar las tendencias de la población. Es importante destacar que el primer paso en la investigación de anfibios es aprender a identificar especies; es imposible estudiar una especie si no se puede identificar (Fisher, 2009).

Un renacuajo se puede identificar por los siguientes factores:

1. Cuerpo

Un renacuajo se compone de un cuerpo y una cola, y la forma del cuerpo se relaciona con el hábitat. Los cuerpos de las especies activas de aguas medias son más altos que anchos (comprimidos), las especies de aguas rápidas son más anchos que altos (deprimidos) (Fig 4) (Altig, 2007).

2. Ojos

La posición y el tamaño de los ojos puede cambiar entre taxones. Independientemente de su orientación, los ojos dorsales (Fig 1) se encuentran totalmente dentro de la silueta dorsal. Algunas partes de los ojos laterales están incluidas en la silueta dorsal y los ojos miran lateralmente (Altig, 2007).

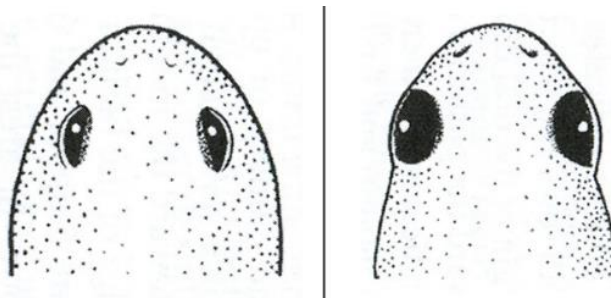


Figura 5: Tipos de orientación de ojos en renacuajos.
Izquierda: ojos dorsales. Derecha: ojos laterales.
(Altig, 2007).

3. Espiráculo

Las aberturas en las cuales el agua sale de la cámara bucofaríngea después de pasar a través de la boca y sobre las branquias. Las estructuras de recolección de alimentos se presentan como doble o dual, medio ventral y sinistral (Fig 2) (Altig, 2007).

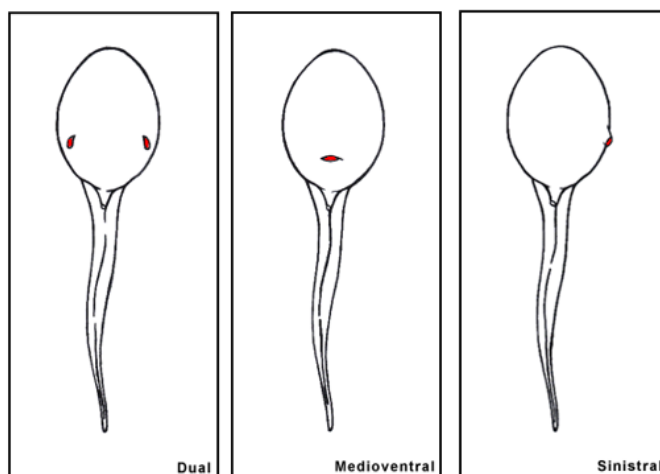


Figura 6: Tipos de posición de espiráculo en renacuajos.

De izquierda a derecha: distribución dual, con presencia de una salida de cada lado; medioventral la cual se encuentra en medio del espécimen

(Altig, 2007).

4. Tubo cloacal

Este tubo se encuentra en la parte final del cuerpo. Puede presentarse en dos configuraciones. Un tubo medial que tiene la abertura en línea con el borde de la aleta ventral, y un tubo de ventilación

dextral que tiene la abertura en varios lugares a la derecha del plano de la aleta ventral (Fig 3) (Altig, 2007).

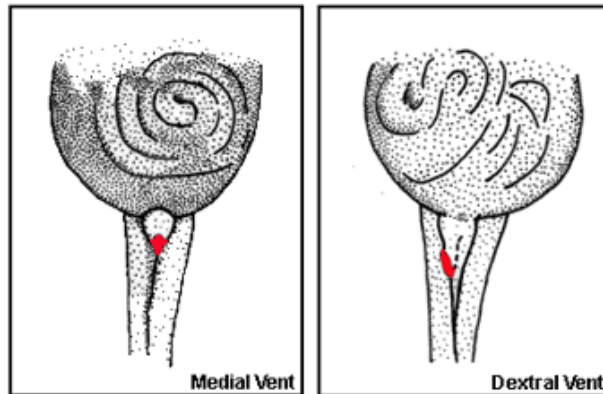


Figura 7: Tipos de tubos cloacales en renacuajos. Izquierda: configuración medial, la cual se alinea con el borde de la aleta ventral. Derecha: configuración dextral, la cual se orienta al lado derecho del espécimen (Altig, 2007).

5. Cola

Esta compuesta por una musculatura miotómica central y una notocorda y carece de vértebras. Las aletas dorsal y ventral se extienden a lo largo de las líneas medias superior e inferior del músculo de la cola. La aleta dorsal comienza desde cerca del plano de los ojos hasta la superficie dorsal de la musculatura de la cola. Los que empiezan muy adelante en el cuerpo se encuentran en aguas medias o aguas estancadas. Los que empiezan cerca de la unión cola:cuerpo ocurren en formas bénticas y se alimentan en suspensión en aguas medias, y los que empiezan posteriormente en el músculo de la cola ocurren en arroyos o semiterrestres (Altig, 2007).

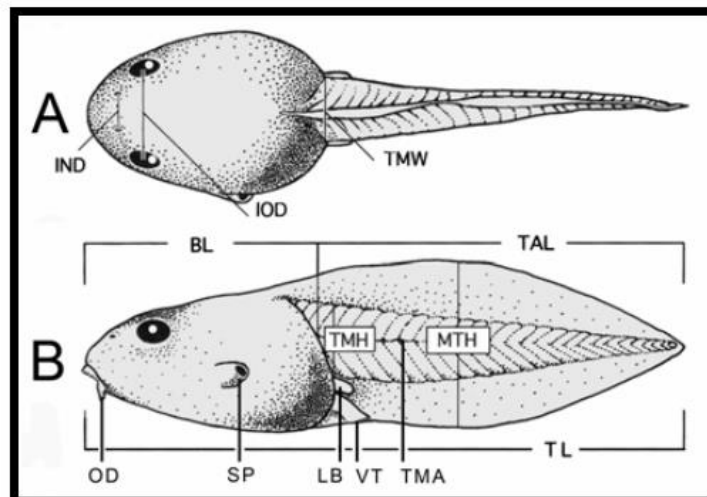


Figura 8: Vista dorsal y lateral de renacuajos. A: Dorsal; B: Lateral; IND: distancia interna entre ojos; IOD: distancia interorbital entre ojos; TMW: anchura del musculo de la cola; BL: longitud del cuerpo; TAL: largo de la cola; TMH: altura

del músculo de la cola; MTH: altura máxima de la cola; OD: disco oral; SP: espiráculo; LB: yema de la extremidad; VT: tubo cloacal; TMA: eje del músculo de la cola; TL: longitud total (Altig, 2007).

6. Boca

En la mayoría de los taxones, el disco oral se compone de labios superiores e inferiores, cada uno de los cuales tiene típicamente crestas dentales transversales y papilas submarginales en las caras. Se pueden presentar en configuraciones emarginadas y no emarginadas, se diferencian como márgenes laterales del borde papilar de las piezas bucales no doblados y doblados hacia adentro (Fig 5). Las papilas marginales en los bordes del disco oral se presentan en tres estados: completas alrededor de todo el disco, con un amplio espacio dorsal o con amplios espacios dorsal y ventral. Todas las papilas varían en longitud, número y número de filas entre especies (Fig 6) (Altig, 2007).

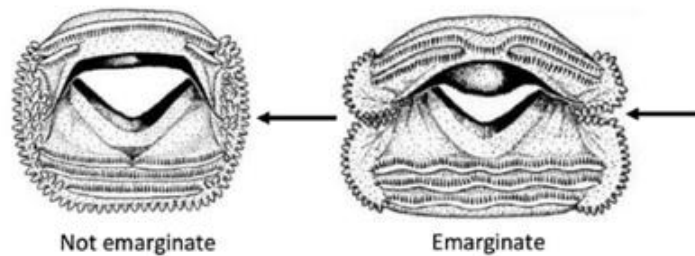


Figura 9: Configuraciones bucales de renacuajos. Izquierda: no emarginada y derecha: emarginada. (Altig, 2007).

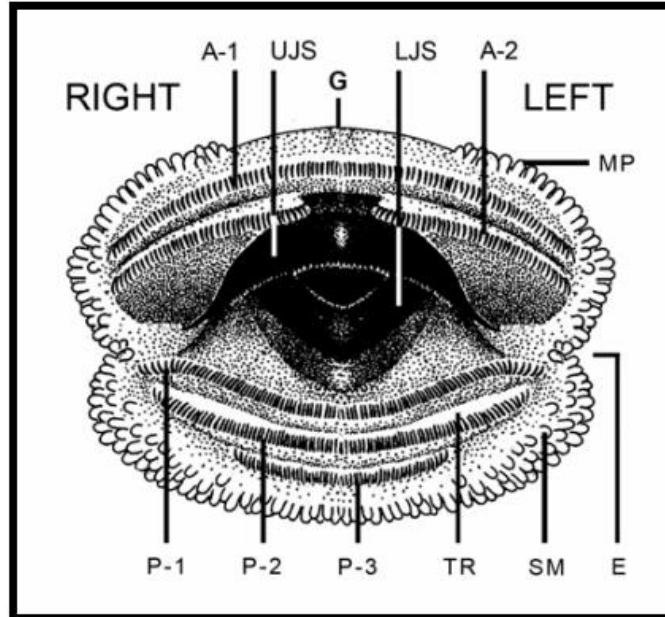


Figura 10: Ejemplo de partes bucales con una distribución de 2/3 filas de dientes de renacuajos. A-1 y A-2: primera y segunda fila de dientes anteriores; UJS: vaina de la mandíbula superior; G: espacio dorsal en las papilas marginales; LJS: vainas de la mandíbula inferior; MP: papilas marginales; P-1 a P-3: primera a tercera filas de dientes posteriores; TR: cresta dentaria para la fila de dientes; SM: papilas submarginales; E: emarginación lateral del disco oral (Altig, 2007).

III. JUSTIFICACIÓN

Los anfibios son componentes importantes de los ecosistemas en las regiones templadas y tropicales del mundo. Se les considera tanto depredadores como presas, y la biomasa acumulada de anfibios muestra que tienen funciones clave en la estructura de la comunidad, el flujo de energía y el ciclo de nutrientes (Estrella y Piedra, 2018). Comprender las consecuencias de la pérdida de biodiversidad es una de las áreas de investigación de gran desafío en Biología. Principalmente debido a que esta generación es la primera con acceso a herramientas de gran uso para realmente dimensionar las causas y efectos de la pérdida de biodiversidad (Sabagh, *et al.*, 2017). En este estudio se analizará como la pérdida de hábitat ha creado la necesidad en las comunidades de anfibios de buscar refugios alternativos para su supervivencia.

Hay cinco causas principales que están causando la disminución y extinción de comunidades de anfibios en Guatemala, especies introducidas/exóticas que depredan, compiten y parasitan ranas y salamandras nativas; cambio de uso de la tierra; contaminantes; cambio climático; y enfermedades infecciosas (Reiche, 2015). Existen numerosos ejemplos alrededor del mundo, de cómo el cambio en el uso del suelo y la pérdida de hábitat causan la disminución y extinción de muchas comunidades de anfibios, ya que estos factores se encuentran altamente relacionados entre sí (Collins y Crump 2009). Se ha evidenciado como el cambio en el uso de suelo y la pérdida de hábitat en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala, ha causado que muchas especies endémicas y solo encontradas en el Bosque Nuboso se vean afectadas por este fenómeno. La mayoría de estos lugares en los que se encuentran están altamente llenos de contaminantes y tienen altos índices de pérdida de hábitat, lo que hace más difícil el estudio de su ecología y evidencia como esto ha causado daños irreparables a muchos ecosistemas en Guatemala.

La idea principal de esta investigación es brindar una narrativa importante acerca de los anfibios y de su conservación, también de ofrecer metodologías innovadoras que permiten la conservación *in situ* de las poblaciones de anuros utilizando refugios artificiales. Estas estrategias innovadoras en Biología de la Conservación nos ayudan a recuperar las comunidades de anfibios silvestres en el Corredor Biológico del Bosque Nuboso y crear conciencia acerca de cómo estas especies se ven altamente afectadas a factores externos y en algunos casos antropogénicos.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Evaluar la utilidad y efectividad de los refugios artificiales hechos de PVC para el estudio de anfibios arborícolas para el área del Corredor Biológico del Bosque Nuboso de Guatemala, específicamente para la Reserva Natural Privada Biotopin.

B. Objetivos específicos

- Caracterizar las especies de anuros que utilizan los tubos PVC, tanto como refugio como sitios de reproducción para la recuperación de comunidades en el área.
- Evaluar la presencia de deformidades morfológicas posiblemente causadas por quitridiomicosis en las especies de anuros registradas.

V. METODOLOGÍA

A. ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Natural Privada Biotopín tiene una extensión de 30.1 Ha de bosque nuboso. Además, la es una de las ocho reservas naturales privadas que conforman el Corredor del Bosque Nuboso (CBN), con una extensión total de 28,638,950 Ha. Esto la hace una de las más importantes del área ya que resguarda a varias especies importantes para la biodiversidad. En Guatemala, los bosques nubosos se encargan de resguardar a especies tan importantes como la monja blanca y el Quetzal.

En 2019 la Universidad del Valle llevó a cabo una evaluación ecológica completa en el área. Brindando información clave para esta investigación. En resumen, en esta evaluación se encontró un aproximado de 12 especies de anfibios y 22 especies de reptiles; 62 especies de aves y 28 especies de mamíferos. Entre estas especies destacan la serpiente gushnayera (*Bothriechis aurifer*), salamandras como *Bolitoglossa helmrichi*, el halcón cola roja (*Buteo jamaicensis*) y murciélagos del género *Artibeus*. También plantea el objetivo de conservación “Conservar la diversidad biológica representativa de la región y los procesos ecológicos naturales, además de servir como reservorio genético ante los impactos del cambio climático” (UVG, 2019).

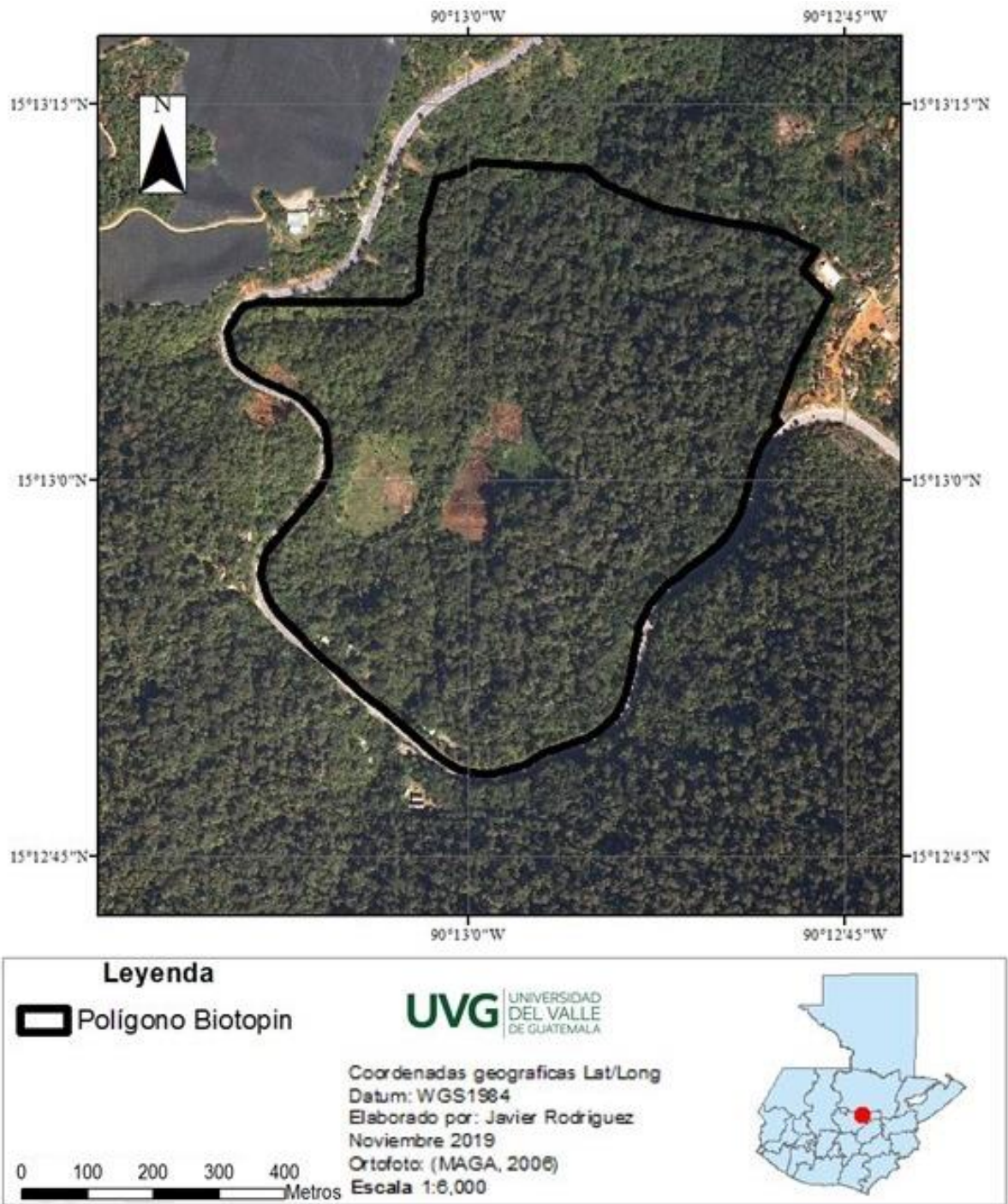


Figura 11: Mapa ubicación de la Reserva Natural Privada Biotopín. (UVG, 2019).

B. MÉTODOS DE CAMPO

Se utilizaron tubos de PVC de 2 pulgadas de diámetro y de 50 centímetros de largo, los cuales estaban marcados con numero de parcela y número de refugio artificial. Todos estaban tapados de un extremo con tapones de PVC y “duck tape” y sellados alrededor con teflón de una pulgada, para

asegurar que el agua no se saliera. Estos se colocaron vacíos con el objetivo de que el agua de lluvia las llenara.

Según Magnusson, *et al.* (2005), una manera efectiva de muestreo para áreas muy abiertas es “RAPELD” (El nombre del método RAPELD mezcla el acrónimo RAP “Rapid Assessment Program” con el de PELD “el acrónimo brasileño de LTER”). Esta específicamente diseñada para estudios ecológicos a corto plazo, y que permiten evaluar factores bióticos como abióticos. Consiste en crear parcelas permanentes y estandarizadas de 250 m de largo, siguiendo una línea base en el terreno y separadas 1 km entre sí. La línea central de cada parcela está compuesta por 25 puntos de muestreo rectos de 10 m de largo (Pereira-Ribeiro, *et al.*, 2017).

C. DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Siguiendo la metodología descrita anteriormente; se crearon tres parcelas de aproximadamente 150 metros de largo, las cuales se dividieron cada 10-8 metros para colocar los Tubo PVC, el objetivo fue ponerlas en árboles para que sea fácil para los individuos buscarlas. Cada una de las parcelas está separada por 800 metros entre sí. En total se utilizaron 45 Tubos PVC para este estudio. Las parcelas se seleccionaron en base a la cercanía que tengan con alguno de los cuerpos de agua de la reserva.

Para cada punto se tomaron los siguientes datos (Anexos 1)

- Coordenadas GPS, Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento.

Los tubos estuvieron en un periodo activo en la RNP Biotopín de tres meses aproximadamente. Estas se revisaron cada dos semanas para la recolección de datos.

Se utilizó información previa de la reserva para tener una base de datos con la que comparar los resultados obtenidos por los tubos PVC, para así poder concluir cuales son las especies que prefieren el refugio artificial y responder a la pregunta de investigación.

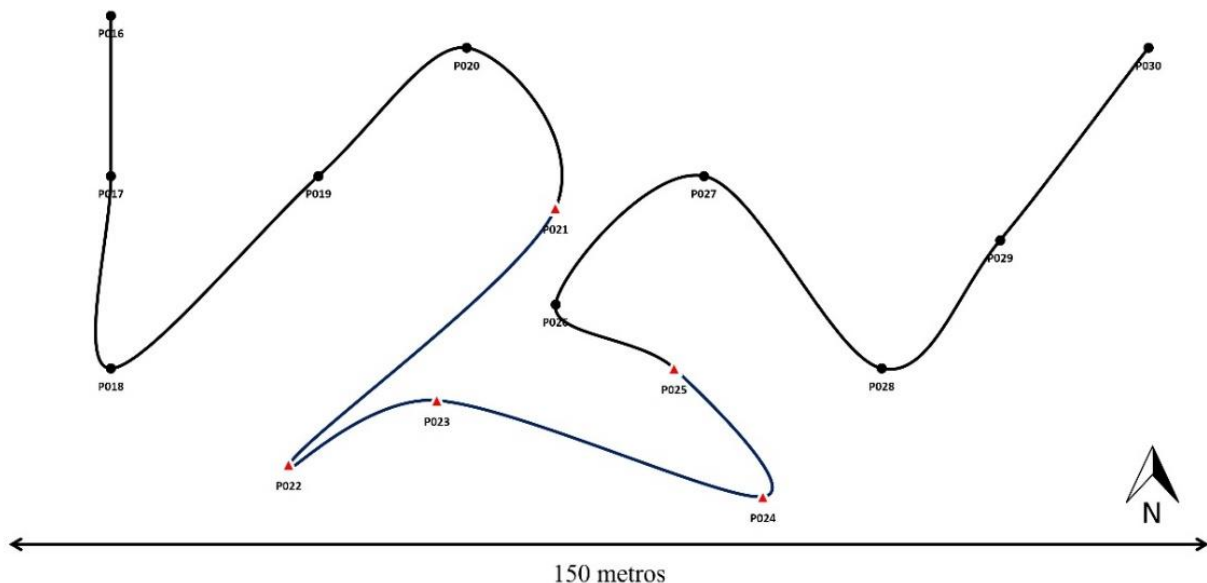


Figura 12: Diagrama de puntos de muestreo en Parcela 3.

Triángulos rojos: registro de renacuajos en refugios artificiales. Línea azul: transecto en el que se registraron avistamientos de renacuajos en refugios artificiales.

VI. RESULTADOS

En el cuadro número uno se puede observar las seis fechas en las que se visitó la reserva y los avistamientos en cada una de ellas. A lo largo de los tres meses de visitas se observaron renacuajos en cinco tubos PVC que se encontraban en la misma zona. Estos fueron los tubos P021 al P025. En estos se encontraron de uno a cuatro especímenes de renacuajos pertenecientes a dos especies. Cada parcela tenía diferentes características, el objetivo de la locación de cada una fue su cercanía a los cuerpos de agua de la RNP Biotopín. La composición florística se caracteriza por la presencia de las familias Fagaceae, Lauraceae, Bromeliaceae, Rubiaceae y Asteraceae.

Todas las parcelas tuvieron un largo de 150 metros, en estos se colocaron 15 tubos PVC los cuales se rodeaban de especies de *Quercus* y helechos. La parcela 1 se encontraba en un punto en el que se reportaron temperaturas de 16.5-18.1 °C, porcentaje de humedad relativa de 77-84% y 0km/h de viento. El cuerpo de agua que se encontraba en esta parcela era el Río Sulin. El área del río donde se creó la parcela 1 era la que presentaba más profundidad, en comparación con la parcela 2, la cual se creó en la misma línea, pero donde la profundidad del Río Sulin era menor. Estas dos parcelas comparten el mismo ambiente, el área era la misma, únicamente que estaban separadas por 800 metros, esto con el fin de tener las dos variables diferentes de profundidad. La parcela 2 reportó temperaturas de 17.4-18.0 °C, porcentaje de humedad relativa de 79-86% y 0km/h de viento. Las diferencias claves que separan la parcela 1 y 2 son las variables de profundidad del río y la cantidad de sol que había en la misma. La parcela 2 era la más cercana al sendero y a la piscina natural de la reserva, esta no tenía tanta sombra como las demás, en comparación con la parcela 1 y 3, las cuales estaban bastante alejadas del sendero y de cualquier área común y turística de la reserva. La corriente de agua para estas dos parcelas era alta, con el paso del tiempo y la cantidad de lluvia, el río comenzó a subir y la corriente era cada vez más fuerte. En la parcela 1 era menor en comparación a la parcela 2, principalmente porque esta se encontraba más cerca de la cascada.

La parcela 3 (Fig 12), en la que se registraron los resultados. Presentaba datos diferentes a las anteriormente descritas. Principalmente porque esta parcela se encontraba en el Río Apaj. Es importante mencionar que la unión del río Apaj, Colorado y de un nacimiento de agua desde la reserva, dan origen al Río Sulin (UVG, 2019). Esta parcela se encontraba en un área bastante alejada de cualquier punto turístico de la reserva, por lo que era más difícil llegar a ella. Se separó por 800 metros de la parcela 2 y presentó temperaturas de 18.6-19.3 °C, humedad relativa de 87.2 - 100% y 0km/h de viento. El cuerpo de agua en esta área no era tan profundo, era prácticamente una pequeña corriente de agua que caía sobre las rocas hasta llegar a una poza que con el paso del tiempo y la cantidad de lluvia que hubo, se fue haciendo cada vez más grande. Es importante mencionar que en esta parcela los puntos fueron cambiando de altitud, ya que se encontraba en una pendiente inclinada. Los tubos PVC que se encontraban más abajo y más cerca de la poza de agua fueron en los que se registraron avistamientos de renacuajos. La corriente de agua en esta parcela era muy baja, presentaba varios puntos de agua estancada y sin movimiento.

Cuadro 1: Fechas en las que se visitó la reserva y avistamientos por tubo PVC.

	Fecha					Avistamientos
	5-6 de Mar	19-20 de Mar	2-3 de Abr	16-18 de Abr	30 de abr a 2 de May 14-15 de May	
Tubo PVC	P001 - P010					
	P011 - P020		X			Arañas en trampa P013 y P016
	P021 - P030				X X	Renacuajos en trampas P021-P025
	P031 - P045					

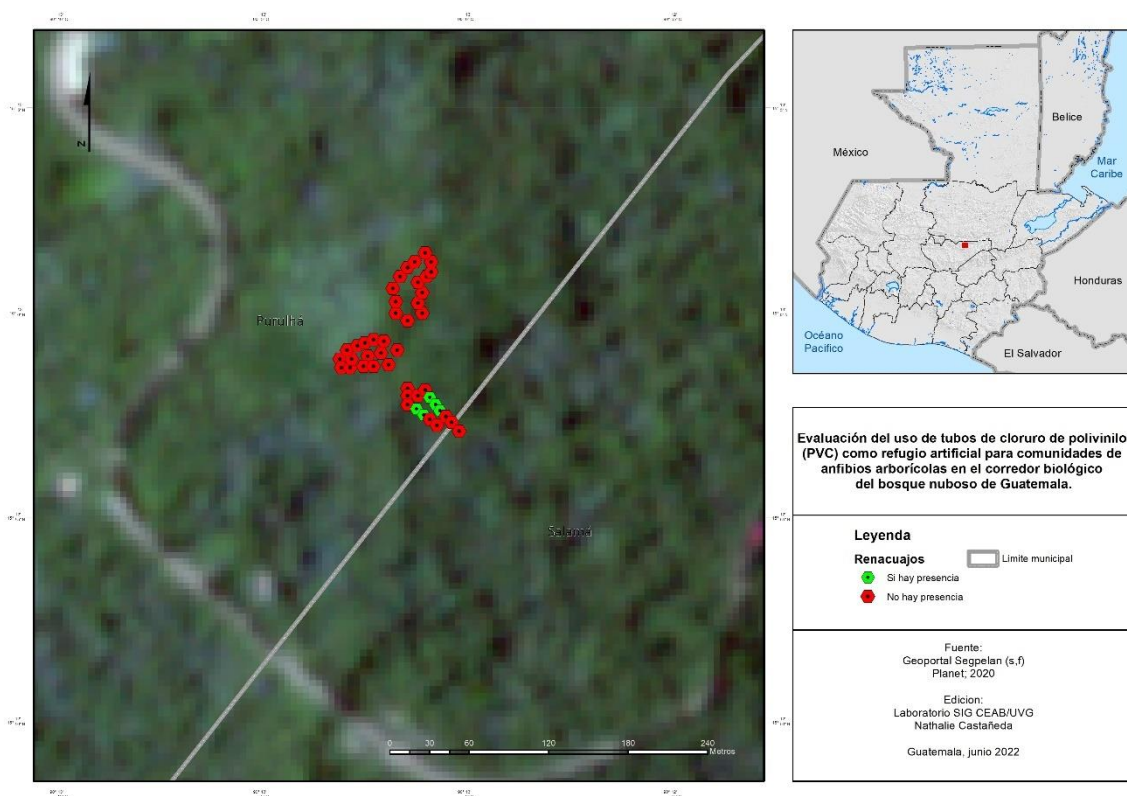


Figura 13: Mapa de ubicación de parcelas 1, 2 y 3 para monitoreo de anfibios en la Reserva Natural Privada Biotopin.

Elaborado por Diego Incer con el programa ArcGIS versión 10.8.1.

Se recolectaron cinco renacuajos de los cinco diferentes tubos PVC para documentar su ciclo de vida y como se desarrollaron en un lapso de 25 días. Estos fueron traídos en envases de vidrio y se les alimento con hojuelas de comida de pescado cada 2 días. Las fotografías se llevaron a cabo en un ambiente cerrado y fueron tomadas por el fotógrafo Daniel Núñez. Se encontró que cuatro individuos de los cinco eran de la misma especie *Ptychohyla hypomykter* y un individuo de *Plectrohyla quecchi*.

Cuadro 2: Registro de avistamientos de las dos especies por cada tubo PVC que presento resultados. A: *Ptychohyla hypomykter*. B: *Plectrohyla quecchi*.

	No. de tubo PVC					
	P021	P022	P023	P024	P025	
Fechas de visitas a RNP Biotopín	5-6 mar	x	x	x	x	x
	19-20 mar	x	x	x	x	x
	2-3 abr	x	x	x	x	x
	16-18 abr	x	x	x	x	x
	30-2 may	A	A	A	x	x
	14-15 may	B	A	A	A	A

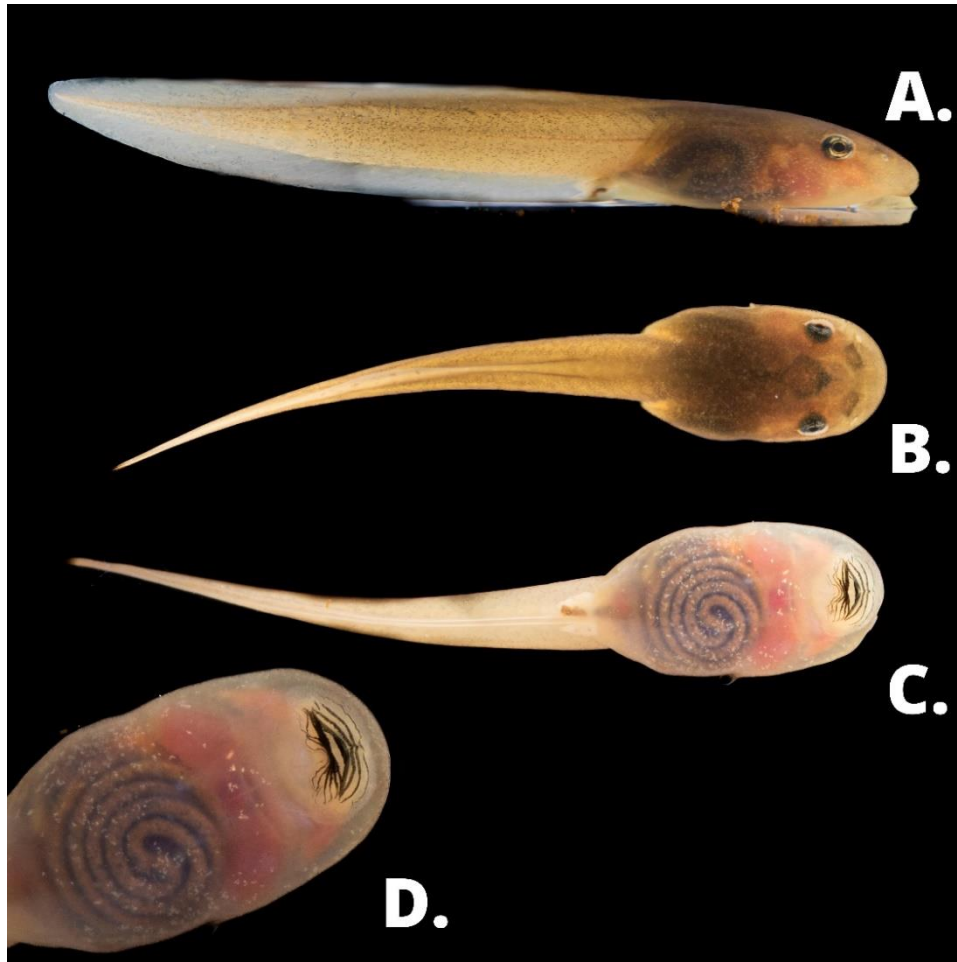


Figura 14: Fotografía de renacuajo de la especie *Ptychohyla hypomykter*. Recolectado en parcela 3. A. Vista lateral; B. Vista dorsal; C. Vista ventral; D. Vista ventral con aumento en la boca. (Núñez, 2022).

En la Figura 14 se pueden observar las estructuras de los renacuajos recolectados en los tubos PVC P022 al P025. En el apartado B. podemos ver la disposición dorsal de los ojos del individuo y una pequeña presencia del espiráculo. En el apartado C. se pueden observar varias estructuras importantes, principalmente el tubo cloacal, este tiene una disposición dextral ya que se encuentra orientada al lado derecho del individuo. También se puede ver el espiráculo con disposición sinistral, ya que solo se encuentra de un lado del individuo. En el apartado D. se observa la boca, una de las estructuras clave para la determinación de especies de renacuajos. Esta presenta una disposición de 4/4 filas de dentículos, arriba y abajo.

Según Kohler (2011) la descripción de *Ptychohyla hypomykter* es de cuatro filas de dentículos inferiores, especificando que la A1 puede verse fragmentada; el disco oral tiene papilas labiales continuas; tubo cloacal en disposición dextral y espiráculo con disposición sinistral.



Figura 15: Fotografía de renacuajo de la especie *Plectrohyla quecchi*. Recolectado en parcela 3. A. Vista lateral; B. Vista dorsal; C. Vista ventral; D. Vista ventral con aumento en la boca. (Núñez, 2022).

En la Figura 15 se pueden observar las estructuras del renacuajo de *Plectrohyla quecchi* recolectado en el tubo PVC P021. En el apartado B, podemos ver la disposición dorsal de los ojos del individuo. En el apartado C, se pueden observar varias estructuras importantes, principalmente el tubo

cloacal, este tiene una disposición dextral ya que se encuentra orientada al lado derecho del individuo. También se observa el espiráculo con disposición sinistral, ya que se encuentra de los dos lados del individuo. En el apartado D, se observa la boca, esta presenta una disposición de 2/3 filas de dentículos, arriba y abajo.

Según Kohler (2011), a descripción de *Plectrohyla quecchi* es de ausencia de papilas submarginales laterales a la mandíbula; fila de dentículos P-3 ligeramente más corta que las filas de dientes P-1 y P2. Sin separación mediana en la fila de dientes A-2; Espiráculo con disposición sinistral, ubicado en o ligeramente por debajo de la línea media; tubo cloacal en disposición dextral; disco oral no emarginado y disposición de 2/3 filas de dentículos, arriba y abajo.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se hicieron visitas a la reserva cada quince días con el fin de dar un tiempo para que las comunidades de anfibios se acostumbraran a la presencia de los tubos PVC y quisieran buscarlas como refugio. A lo largo de tres meses se hicieron seis visitas, de las cuales tres fueron insatisfactorias ya que no se tuvo avistamientos de ningún tipo. Sin embargo, en las últimas visitas se lograron observar renacuajos en el fondo de los Tubo PVC.

Los renacuajos se observaron en los refugios artificiales que estaban colocados en un área húmeda, en los árboles que se encontraban en la parcela 3, la cual se encontraba en el Río Apaj de la reserva. Los refugios artificiales se separaron cada 10 metros con el fin de crear una distancia corta pero aun así lo suficientemente larga para que los individuos pudieran utilizarlas como refugio para sus huevos sin importar las condiciones del exterior del refugio artificial. Es válido mencionar que en la parcela 1 y 2 algunos tubos PVC se encontraban en puntos en los que la lluvia caía con más frecuencia. Los refugios artificiales más afectados por la cantidad de lluvia fueron los que se encontraban en la parcela 2, la cual fue descrita anteriormente en la sección de resultados. Esta presentaba condiciones diferentes a la parcela 1 y 3, ya que estaba cerca del área común y turística de la reserva. Esto mismo provocó que tres de quince tubos PVC se rebalsaran de tanta agua y se debilitaran los nudos con los que se encontraban amarrados al árbol, por lo que en la siguiente visita fueron encontradas más abajo del árbol. Una de estas se cayó por completo y quedó vacía para cuando se encontró, las otras dos solo se encontraron en una posición diferente. Es importante mencionar que solo en la parcela 2 ocurrió esto.

Los refugios artificiales en los que se encontraron renacuajos fueron P021, P022, P023, P024 y P025 (Cuadro 2) De la parcela número 3. En los cinco puntos donde se colocaron los tubos PVC se registraron vientos de 0kph; temperaturas de 18.6 - 19.3 °C y humedad relativa de 87.2 - 100% (Cuadro 3). Las condiciones de humedad relativa fueron cambiando a lo largo de los tres meses, en la primera visita se encontraba en el rango de 87.2 a 90%. Para la última visita se reportaron datos del 100% de humedad relativa. Se evidenció una posible relación al hecho de que cada vez las visitas se iban acercando más a la época lluviosa, por lo que los niveles de humedad estaban cada vez más altos y el clima más frío. También se debe mencionar que las lluvias fueron altas y muy constantes, llovía la mayor parte del día y la noche, esto comenzó a crear corrientes más altas en los ríos y a provocar que se subieran.

El estudio se llevó a cabo en los meses de marzo, abril y mayo, en este lapso de 90 días se presentaron bastantes lluvias en el área. Campbell *et al.* (2010) encontraron que las observaciones de ranas arbóreas verdes (*Hyla cinerea*), ranas arborícolas de pino (*Hyla femoralis*) y ranas arborícolas ardilla (*Hyla squirella*) en tubos PVC fueron de 6 a 10 veces mayores durante las estaciones secas que durante las estaciones húmedas, lo que sugiere que estas proporcionaron un refugio de las condiciones secas y frías. En Guatemala los meses reportados como -época seca- son de noviembre a abril, lo que fundamenta que los avistamientos se hayan reportado hasta las visitas que se realizaron en el mes de mayo. Cabe recalcar que el área siempre reporta altos niveles de humedad relativa, pero en el Cuadro 3 se puede notar como los niveles de humedad subían cada vez que se hacía una visita y como la temperatura bajaba. A pesar de esto si se puede notar una diferencia entre las visitas de marzo y abril en comparación con las de mayo.

Los resultados registran el avistamiento de dos especies que se caracterizan por poner sus nidadas en aguas corrientes y en riachuelos. Es importante mencionar que, de las nidadas para estas dos especies, (*Ptychohyla hypomykter*, *Plectrohyla quecchi*) solo se han encontrado específicamente en riachuelos y en aguas corrientes, no se tienen registros de presencia de renacuajos en aguas estancadas

o en bromelias fitotelmatas. Esto le agrega un valor importante a esta investigación y a la herpetología mesoamericana, ya que esta es la primera vez que se documenta este suceso.

Es probable que debido a las lluvias torrenciales que cayeron durante el período de estudio, las ranas de las especies mencionadas hayan presentado una plasticidad conductual en cuanto a selección de sitio de anidación. Es probable que, si los riachuelos tienen caudales muy potentes, estas especies puedan cambiar su comportamiento de anidación a aguas lénticas. Cuando hay demasiada corriente en aguas lóxicas, puede representar un riesgo para la especie, principalmente si esta no cuenta con ventosas bucales muy desarrolladas. Es por lo tanto probable que le sea ventajoso a estas especies el modificar su conducta reproductiva dejando sus nidadas en puntos estratégicos, en este caso los tubos PVC. Esto se podría caracterizar como un comportamiento oportunista, ya que estas especies sacaron provecho de una determinada situación que normalmente no es parte de sus patrones conductuales. Según Johnston y Altig (1986), las ranas arborícolas tienden a dejar sus nidadas en varios lugares esparcidos, pues pese al coste energético y al alto riesgo de toparse con depredadores, el elegir puntos distantes para los renacuajos brindaría ventajas evolutivas, como reducir el riesgo de endogamia y la competencia por los recursos.

Estas especies se encuentran en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. *Ptychohyla hypomykter* se encuentra enlistada como Vulnerable (VU), lo que significa que la mejor evidencia disponible indica que no cumple alguno de los criterios de peligro, por lo que se considera que se encuentra en riesgo de extinción en estado silvestre, más no en uno crítico. Es muy probable que el número total de individuos maduros en la población sea inferior a 10,000 y se estima que cada una de las subpoblaciones conocidas contiene menos de 1,000 individuos maduros (UICN, 2019). Por lo que su comportamiento de plasticidad deja un registro muy importante, ya que se puede inferir que la especie está adaptándose a mejores condiciones para brindar un mayor índice de sobrevivencia a sus crías. Con base en los resultados de este estudio se puede afirmar que los renacuajos colectados para esta especie no se vieron afectados por el patógeno de la quitridiomycosis. Esto deja un registro de como la especie puede mostrar comportamientos adaptativos a las condiciones en las que se encuentra su hábitat.

Plectrohyla quecchi se encuentra enlistada como **en Peligro (EN)**, lo que significa que la mejor evidencia disponible indica que cumple alguno de los criterios para considerar que se enfrenta a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre. El hecho de poder registrar la presencia de renacuajos de *Plectrohyla quecchi* en aguas lénticas realmente es un resultado muy satisfactorio. Pues demuestra que la especie presenta características plásticas y que se encuentra en una constante búsqueda de refugio para sus crías, uno que les permita sobrevivir y tener mayores posibilidades de seguirse reproduciendo. A pesar de esto, es importante mencionar que el renacuajo colectado para esta especie si contaba con deformaciones bucales, estas descritas anteriormente, pueden relacionarse directamente con la presencia de quitridiomycosis en el hábitat. Por lo que se puede inferir que esta especie es menos resiliente al hongo *B. dendrobatidis*.

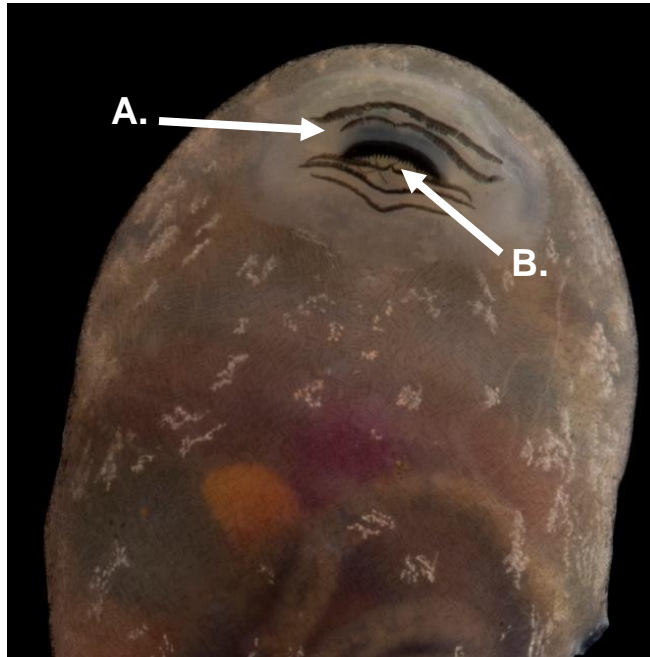


Figura 16: Deformaciones e indicios de quitridiomycosis causada por el patógeno *B. dendrobatidis* en renacuajo de *Plectrohyla quecchi*.

En A se observa como la fila de dentículos A2 está incompleta del lado derecho. En B se observa que le falta la parte inferior del pico córneo (Núñez, 2022).

Mendelson *et al.*, 2004, realizaron un estudio de varios géneros de anuros, entre ellos *Plectrohyla* y *Ptychohyla*, en el cual analizan como el patógeno de quitridiomycosis afecta a las comunidades de anfibios del área de Río Cafetal en Baja Verapaz, en este describen que una característica ecológica de estos géneros es su preferencia por zonas húmedas, donde las temperaturas son bajas y con alta humedad para colocar a sus crías. Descubrieron que solo un renacuajo de *Ptychohyla hypomykter* fue infectado positivamente por *B. dendrobatidis*, lo que indica que esta especie parece que es más tolerante al patógeno que otras especies, como por ejemplo, especies del género *Plectrohyla*, cuyas disminuciones en el área de estudio se asocian directamente con infecciones por quitridiomycosis.

Estas especies suelen depositar huevos en charcos o en arroyos y que suele haber un pico de actividad reproductiva al comienzo de la temporada de lluvias (desde de marzo a mayo). En parte debido a las bajas temperaturas del agua, varias especies del género están asociadas con arroyos en esta área pero no los usan para reproducirse. La precipitación y humedad son las variables ambientales que biológicamente influyen en el proceso de reproducción del género *Plectrohyla*, porque cuando ocurre la temporada de lluvia se dan los eventos reproductivos y de crecimiento de las crías (Duellman y Campbell, 1992). Esto se puede interpretar claramente como el fundamento del avistamiento de renacuajos de este género.

En el estudio de 2021, McGrath-Blaser, *et al.*, fundamenta la falta de observaciones en sus tubos PVC con la presencia de estanques más profundos que retenían más agua, lo que posiblemente atraía a las ranas lejos de sus refugios. Esto puede explicar la falta de observaciones en las otras parcelas del estudio, principalmente porque en las parcelas 1 y 2, todos los tubos PVC fueron

colocados cerca de los cuerpos de agua, con el fin de tener más humedad y más oportunidad de que en el área se encontraran anfibios en busca de refugio. El cuerpo de agua más grande y con corrientes más altas se encontraba cerca de las parcelas 1 y 2. Mientras que en la parcela donde se reportaron avistamientos se encontraba un cuerpo de agua relativamente más pequeño y con poca corriente, lo que puede causar la afluencia de anuros en busca de refugio y de sitios de reproducción.

La gran parte de los refugios artificiales no presentaron ocupación lo cual se puede deber al tiempo de muestreo, ya que realmente fue muy poco en comparación de otros estudios. Otra causa posible es que los refugios artificiales no se colocaron tan alto, ya que la mayoría estaban a 1.60 metros del suelo y algunas un poco abajo. Esto se debe a que los árboles de la reserva no eran lo suficientemente estables para escalarlos y colocarlas más alto y a que no había tantos en los alrededores de los cuerpos de agua, tomando en cuenta que se colocaron en parcelas y cada uno de los puntos estaba distanciado por 10 metros.

VIII. CONCLUSIONES

Los refugios artificiales de PVC mostraron ser efectivos para muestreos de comunidades de anuros amenazados, y que a su vez podrían ser de mucha utilidad como sitios alternativos de reproducción de estas especies.

Se encontraron renacuajos de dos especies: *Ptychohyla hypomykter* y *Plectrohyla quecchi*, en los tubos PVC analizados. Esto es el primer registro científico de nidadas de estas especies en aguas estancadas.

Los renacuajos de *Ptychohyla hypomykter* no presentaron deformidades bucales mientras que el único renacuajo de *Plectrohyla quecchi* si presentaba deformidades bucales, teniendo la hilera A2 incompleta y ausente el pico córneo inferior.

IX. RECOMENDACIONES

Prolongar el tiempo de muestreo para que estas se puedan quedar en el área por varios meses y así las comunidades de anfibios puedan colonizar los refugios artificiales.

Realizar los muestreos en época lluviosa y seca para crear una variable de comparación entre diferentes temperaturas, precipitación y porcentaje de humedad relativa.

Llevar a cabo un análisis de variables dentro del refugio artificial de PVC, para buscar una replicación más precisa.

Crear un modelo estadístico que fundamente los resultados y así poder afirmar con certeza que ciertas variables si afectan directamente al avistamiento de renacuajos en los refugios artificiales.

Replicar el mismo estudio con las mismas variables, pero en esta ocasión, agregar el dato de un medidor de flujo caudal y analizar si los avistamientos se ven afectados en cuanto el caudal suba o baje.

A. Recomendaciones al diseño y colocación

Estratificar altitudinalmente los refugios artificiales de PVC para contar con una variedad de opciones de altura, con el fin de más variables de estudio.

Comparar como los colores y materiales pudieron haber afectado a los resultados, como por ejemplo analizar la preferencia de parte de los anuros con refugios artificiales de diferentes colores, tamaños y materiales. En este caso como el uso de bambú o de otro color de PVC.

Replicar la misma metodología con los tubos PVC, pero en esta ocasión agregar una corona de agujeros a la mitad del tubo, esto para que el agua fluya y no se rebalse.

Agregar sustrato previamente revisado para que no afecte nada dentro del refugio artificial, esto para promover el crecimiento de algas que eventualmente se van a convertir en refugios ideales para que las crías de los anuros puedan alimentarse en el transcurso de tiempo en el que se llegan a revisar los tubos PVC y prolongar el tiempo de supervivencia de los individuos que se encuentren adentro.

Si este estudio fuese a ser continuado o replicado seria pertinente incluir variables climáticas dentro del mismo para poder ver si existe una correlación directa, y con esto poder determinar mejores fechas o estaciones de muestreo.

Colocar cámaras trampa en los tubos PVC para documentar las especies que los visitan y poder también documentar el comportamiento de oviposición de las especies de anuros que los seleccionaron como sitios de puesta.

X. LITERATURA CITADA

Acevedo, M. (2006). *Anfibios y reptiles de Guatemala: Una breve síntesis con bibliografía*, Biodiversidad de Guatemala (v. 1, pp. 487-524). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Acevedo, M., Wilson, L. D., Cano, E. B., & Vásquez-Almazán, C. (2010). *Diversity and conservation status of the Guatemalan herpetofauna*, Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles (pp. 407-434). Utah: Eagle Mountain Publishing, LC

Ariano, D., (2021). *Lista general de anfibios de Guatemala. Curso de Herpetología. Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad*. Universidad del Valle de Guatemala.

Ariano, D., Smith, E., Ruano, G., Campbell, J., Mendelson, J., Acevedo, M., & Morales, R. (2019). IUCN Red List of Threatened Species: *Plectrohyla quecchi*.

Blaustein, a. R., j. M. Romansic, e. A. Scheessele, b. A. Han, a. P. Pessier, and j. E. Longcore. 2005. *Interspecific variation in susceptibility of frog tadpoles to the pathogenic fungus Batrachochytrium dendrobatidis*. *Conserv. Biol.* 19:1460–1468.

Blaustein, A., Han, B., Relyea, R., Johnson, P., Buck, J., Gervasi, S. and Kats, L., 2011. The complexity of amphibian population declines: understanding the role of cofactors in driving amphibian losses. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), pp.108-119.

Boughton, R., Staiger, J. and Franz, R., 2000. Use of Tubo PVC Refugia as a Sampling Technique for Hylid Treefrogs. *The American Midland Naturalist*, 144(1), pp.168-177.

Campbell, K., Campbell, T. and Johnson, 2010. The use of Tubo PVC refugia to evaluate spatial and temporal distributions of native and introduced treefrogs. *The American Midland Naturalist*, (73).

Cervantes, J., Serna, R., Salazar, J. and Perez, J., 2018. Nicho ecológico fundamental de *Ennomiophyla miotympanum* (Cope, 1863) con DIVA-GIS y MaxEnt. *Revista Biodiversidad Neotropical de México*, 8(2), pp.84-93.

Collins JP, Crump ML (2009) *Extinction in our times: global amphibian decline*. New York: Oxford University Press USA. 304 p. ISBN.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2009). *Informe Nacional de Cumplimiento a los Acuerdos del Convenio Sobre diversidad biológica*.

Estrella, J. y Piedra, L., 2018. Anfibios y reptiles (Herpetofauna) en las asociaciones vegetales de la Laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(2), p.127.

Estudiantes de Licenciatura de Biología UVG, 2019. Plan Maestro de la Reserva Natural Privada Biotopín, Purulhá, Baja Verapaz.

Fisher, M., 2009. *Silent Springs: Why Are All the Frogs “Croaking”?*. PLoS Biology, 7(9), p.e1000198.

- Green, D.H. 2003. *The ecology of extinction: population fluctuation and decline in amphibians*. Biol. Conserv. 111:331–343.
- Guerra-Centeno, D., Morán-Villatoro, D., Fuentes-Rousselin, H., Meoño-Sánchez, E. and Valdez-Sandoval, C., 2014. *Herpetofaunal richness of Los Tarrales Natural Private Reserve, Atitlan Lake basin, Guatemala*.
- Hoverman, J., 2015. *A Guide to Larval Amphibian Identification in the Field and Laboratory*. 1st ed. Purdue Extension.
- IUCN. 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3. Disponible en: www.iucnredlist.org. (ingreso: 03 de Junio 2022).
- Johnston, G. F. & R. A. 1986. *Identification characteristics of anuran tadpoles*. Herp. Review 17: 36-37.
- Lannoo, M. 2005. *Amphibian Declines: The Conservation Status of United States Species*. University of California Press. Berkeley, CA.
- Nichols, d. K., e. W. Lamirande, a. P. Pessier, and j. E. Longcore. 2001. *Experimental transmission of cutaneous chytridiomycosis in dendrobatid frogs*. J. Wildl. Dis. 37:1 11.
- Magnusson, W., Lima, A., Luizão, R., Luizão, F., Costa, F., Castilho, C. and Kinupp, V., 2005. *RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites*. Biota Neotropica, 5(2), pp.19-24.
- Mendelson III, J.R., Brodie Jr., E.D., Malone, J.H., Acevedo, M.E., Baker, M.A., Smatresk, N.J. and Campbell, J.A. 2004. Factors associated with the catastrophic decline of a cloudforest frog fauna in Guatemala. *International Journal of Tropical Biology*: 991-1000.
- McCallum, M.L. 2007. *Amphibians decline or extinction? Current declines dwarf background extinction rate*. J. Herpetol. 41: 483–491.
- McGrath-Blaser, S., Neighbors, A. and Hyman, O., 2021. Novel, Less Invasive Hyloid Survey Device Performs Equally to Traditional Pipe Shelters in a Field-based Comparison. *Herpetological Conservation and Biology*, 20(6), p.S70.
- Navarro-Lozano A, Sánchez-Domene D, Rossa-Feres DC, Bosch J, Sawaya RJ (2018) *Are oral deformities in tadpoles accurate indicators of anuran chytridiomycosis?* PLoS ONE 13(1): e0190955.
- Pereira-Ribeiro, J., Ferregueti, Á., Bergallo, H. and Rocha, C., 2017. Use of polyvinyl chloride pipes (PVC) as potential artificial shelters for amphibians in a coastal plain forest of southeastern Brazil. *Journal of Coastal Conservation*, 21(3), pp.327-331.
- Reiche, H. 2015. *Propuesta para la actualización del Plan de Manejo del Biotopo Universitario del Quetzal BUCQ. Tesis de Licenciatura en ingeniería agrónoma*. Universidad de San Carlos de Guatemala. 79 pp.

Sabagh, L., Ferreira, R. and Rocha, C., 2017. *Host bromeliads and their associated frog species: Further considerations on the importance of species interactions for conservation*. *Symbiosis*, 73(3), pp.201-211.

Skerratt, L. F., L. Berger, R. Speare, S. Cashins, K. R. McDonald, A. D. Phillott, H. B. Hines, and N. Kenyon. 2007. *Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs*. *Ecohealth* 4:125–134.

Suriyamongkol, T., Forks, K., Villamizar-Gomez, A., Wang, H., Grant, W., Forstner, M. and Mali, I., 2021. *A Simple Conservation Tool to Aid Restoration of Amphibians following High-Severity Wildfires: Use of Tubo PVCs by Green Tree Frogs (Hyla cinerea) in Central Texas, USA*. *Diversity*, 13(12), p.649.

Vásquez, C., Phipps, C., Boza, E., Morán, E., Álvarez, F., Lonsdale, G., Köhler, G., Cruz, G., McCranie, J.R., Campbell, J., Kolby, J., Mendelson, J.R., Wilson, L.D., Herrera, L., Turcios, M., Acevedo, M., Barker, R., Robleto, S., Brown, T., Martin, T. & Henríquez, V. (2019). IUCN Red List of Threatened Species: *Ptychohyla hypomykter*.

Wake, D. and Vredenburg, V., 2008. *Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, pp.11466-11473.

XI. ANEXOS

Cuadro 3: Datos de latitud, longitud y condiciones climáticas para cada punto de muestreo en la primera visita a la RNP Biotopín.

Visita 1						
Tubo PVC	(N-Latitud)	(W-Longitud)	Viento (km/h)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Renacuajos
P001	15.21635	-90.21746	0	19.8	77.1	NO
P002	15.21629	-90.21745	0	15.9	90	NO
P003	15.21629	-90.21739	0	16.2	86.4	NO
P004	15.21635	-90.21738	0	16	85.4	NO
P005	15.21641	-90.21741	0	17	90	NO
P006	15.21644	-90.21734	0	17.2	99.3	NO
P007	15.21637	-90.21727	0	16.5	100	NO
P008	15.2163	-90.2173	0	16.6	96.5	NO
P009	15.2163	-90.21723	0	17.4	93.6	NO
P010	15.21631	-90.21713	0	16.8	100	NO
P011	15.21639	-90.21718	0	16.9	100	NO
P012	15.21646	-90.21729	0	17.3	100	NO
P013	15.21648	-90.21723	0	16.3	100	NO
P014	15.21647	-90.21716	0	16.9	98.9	NO
P015	15.21641	-90.21707	0	16.9	100	NO
P016	15.21615	-90.217	0	17.5	100	NO
P017	15.2161	-90.217	0	17.4	100	NO
P018	15.21604	-90.217	0	16.8	100	NO
P019	15.2161	-90.21693	0.1	17.1	100	NO
P020	15.21614	-90.21688	0	18.8	100	NO
P021	15.21609	-90.21685	0	19.3	87.2	NO
P022	15.21601	-90.21694	0	18.8	90.5	NO
P023	15.21597	-90.21689	0	18.6	89	NO
P024	15.21604	-90.21681	0	18.6	86	NO
P025	15.216	-90.21678	0	18	100	NO
P026	15.21594	-90.21685	0	18.1	99	NO
P027	15.2159	-90.2168	0	18	100	NO
P028	15.21596	-90.21674	0	19.6	95.9	NO
P029	15.21592	-90.2167	0	18.6	94	NO
P030	15.21586	-90.21665	0	18.5	96.7	NO
P031	15.21661	-90.217	0	18.6	93	NO
P032	15.21666	-90.2169	0	18.7	94.2	NO
P033	15.21666	-90.21708	0	17.7	92	NO
P034	15.21674	-90.21708	0	18	88	NO
P035	15.21673	-90.21693	0	18.7	88.6	NO
P036	15.2168	-90.2169	0	19.4	84	NO
P037	15.21683	-90.2171	0	19.9	82	NO
P038	15.21691	-90.21705	0	19.8	80.4	NO
P039	15.21687	-90.21693	0	21.7	73.4	NO
P040	15.21691	-90.21687	0	21.5	72.9	NO
P041	15.21697	-90.217	0	21.5	72	NO
P042	15.21694	-90.21684	3.1	20.9	77.8	NO
P043	15.21701	-90.21695	2	20.1	77.2	NO
P044	15.21701	-90.21684	0	21	74.5	NO
P045	15.21707	-90.21688	0	20	73.2	NO

Cuadro 4: Datos de latitud, longitud y condiciones climáticas para cada punto de muestreo en la tercera visita a la RNP Biotopín.

Visita 3						
Tubo PVC	(N-Latitud)	(W-Longitud)	Viento (km/h)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Renacuajos
P001	15.21635	-90.21746	0	19.8	79.1	NO
P002	15.21629	-90.21745	0	15.9	90	NO
P003	15.21629	-90.21739	0	16.2	86.4	NO
P004	15.21635	-90.21738	0	16	85.4	NO
P005	15.21641	-90.21741	0	17	90	NO
P006	15.21644	-90.21734	0	17.2	99.3	NO
P007	15.21637	-90.21727	0	16.5	100	NO
P008	15.2163	-90.2173	0	16.6	96.5	NO
P009	15.2163	-90.21723	0	17.4	93.6	NO
P010	15.21631	-90.21713	0	16.8	100	NO
P011	15.21639	-90.21718	0	16.9	100	NO
P012	15.21646	-90.21729	0	17.3	100	NO
P013	15.21648	-90.21723	0	16.3	100	NO
P014	15.21647	-90.21716	0	16.9	98.9	NO
P015	15.21641	-90.21707	0	16.9	100	NO
P016	15.21615	-90.217	0	17.5	100	NO
P017	15.2161	-90.217	0	17.4	100	NO
P018	15.21604	-90.217	0	16.8	100	NO
P019	15.2161	-90.21693	0.1	17.1	100	NO
P020	15.21614	-90.21688	0	18.8	100	NO
P021	15.21609	-90.21685	0	19.3	100	NO
P022	15.21601	-90.21694	0	18.8	100	NO
P023	15.21597	-90.21689	0	18.6	100	NO
P024	15.21604	-90.21681	0	18.6	100	NO
P025	15.216	-90.21678	0	18	100	NO
P026	15.21594	-90.21685	0	18.1	99	NO
P027	15.2159	-90.2168	0	18	100	NO
P028	15.21596	-90.21674	0	19.6	95.9	NO
P029	15.21592	-90.2167	0	18.6	94	NO
P030	15.21586	-90.21665	0	18.5	96.7	NO
P031	15.21661	-90.217	0	18.6	98	NO
P032	15.21666	-90.2169	0	18.7	94.2	NO
P033	15.21666	-90.21708	0	17.7	92	NO
P034	15.21674	-90.21708	0	18	100	NO
P035	15.21673	-90.21693	0	18.7	88.6	NO
P036	15.2168	-90.2169	0	19.4	84	NO
P037	15.21683	-90.2171	0	19.9	82	NO
P038	15.21691	-90.21705	0	19.8	83.4	NO
P039	15.21687	-90.21693	0	21.7	71.3	NO
P040	15.21691	-90.21687	0	21.5	72.9	NO
P041	15.21697	-90.217	0	21.5	72	NO
P042	15.21694	-90.21684	3.1	20.9	100	NO
P043	15.21701	-90.21695	2	20.1	100	NO
P044	15.21701	-90.21684	0	21	74.5	NO
P045	15.21707	-90.21688	0	20	78.2	NO

Cuadro 5: Datos de latitud, longitud y condiciones climáticas para cada punto de muestreo en la quinta visita a la RNP Biotopín.

Visita 5						
Tubo PVC	(N-Latitud)	(W-Longitud)	Viento (km/h)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Renacuajos
P001	15.21635	-90.21746	0	19.8	78.1	NO
P002	15.21629	-90.21745	0	15.9	90	NO
P003	15.21629	-90.21739	0	16.2	86.4	NO
P004	15.21635	-90.21738	0	16	85.4	NO
P005	15.21641	-90.21741	0	17	90	NO
P006	15.21644	-90.21734	0	17.2	99.3	NO
P007	15.21637	-90.21727	0	16.5	100	NO
P008	15.2163	-90.2173	0	16.6	96.5	NO
P009	15.2163	-90.21723	0	17.4	93.6	NO
P010	15.21631	-90.21713	0	16.8	100	NO
P011	15.21639	-90.21718	0	16.9	100	NO
P012	15.21646	-90.21729	0	17.3	100	NO
P013	15.21648	-90.21723	0	16.3	100	NO
P014	15.21647	-90.21716	0	16.9	98.9	NO
P015	15.21641	-90.21707	0	16.9	100	NO
P016	15.21615	-90.217	0	17.5	100	NO
P017	15.2161	-90.217	0	17.4	100	NO
P018	15.21604	-90.217	0	16.8	100	NO
P019	15.2161	-90.21693	0.1	17.1	100	NO
P020	15.21614	-90.21688	0	18.8	100	NO
P021	15.21609	-90.21685	0	19.3	100	SI
P022	15.21601	-90.21694	0	18.8	100	SI
P023	15.21597	-90.21689	0	18.6	100	SI
P024	15.21604	-90.21681	0	18.6	100	NO
P025	15.216	-90.21678	0	18	100	NO
P026	15.21594	-90.21685	0	18.1	99	NO
P027	15.2159	-90.2168	0	18	100	NO
P028	15.21596	-90.21674	0	19.6	95.9	NO
P029	15.21592	-90.2167	0	18.6	94	NO
P030	15.21586	-90.21665	0	18.5	74.7	NO
P031	15.21661	-90.217	0	18.6	85	NO
P032	15.21666	-90.2169	0	18.7	89.2	NO
P033	15.21666	-90.21708	0	17.7	86	NO
P034	15.21674	-90.21708	0	18	89	NO
P035	15.21673	-90.21693	0	18.7	88.6	NO
P036	15.2168	-90.2169	0	19.4	84	NO
P037	15.21683	-90.2171	0	19.9	82	NO
P038	15.21691	-90.21705	0	19.8	83.4	NO
P039	15.21687	-90.21693	0	21.7	71.3	NO
P040	15.21691	-90.21687	0	21.5	72.9	NO
P041	15.21697	-90.217	0	21.5	72	NO
P042	15.21694	-90.21684	3.1	20.9	76	NO
P043	15.21701	-90.21695	2	20.1	79	NO
P044	15.21701	-90.21684	0	21	74.5	NO
P045	15.21707	-90.21688	0	20	78.2	NO

Cuadro 6: Datos de latitud, longitud y condiciones climáticas para cada punto de muestreo en la sexta visita a la RNP Biotopín.

Visita 6						
Tubo PVC	(N-Latitud)	(W-Longitud)	Viento (km/h)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Renacuajos
P001	15.21635	-90.21746	0	17.8	75.1	NO
P002	15.21629	-90.21745	0	15.9	90	NO
P003	15.21629	-90.21739	0	16.2	86.4	NO
P004	15.21635	-90.21738	0	16	85.4	NO
P005	15.21641	-90.21741	0	16	90	NO
P006	15.21644	-90.21734	0	16.2	99.3	NO
P007	15.21637	-90.21727	0	16.5	100	NO
P008	15.2163	-90.2173	0	16.6	96.5	NO
P009	15.2163	-90.21723	0	16.4	93.6	NO
P010	15.21631	-90.21713	0	16.8	100	NO
P011	15.21639	-90.21718	0	16.9	100	NO
P012	15.21646	-90.21729	0	17.3	100	NO
P013	15.21648	-90.21723	0	16.3	100	NO
P014	15.21647	-90.21716	0	16.9	98.9	NO
P015	15.21641	-90.21707	0	18.9	100	NO
P016	15.21615	-90.217	0	18.5	100	NO
P017	15.2161	-90.217	0	18.4	100	NO
P018	15.21604	-90.217	0	18.8	100	NO
P019	15.2161	-90.21693	0.1	18.1	100	NO
P020	15.21614	-90.21688	0	18.8	100	NO
P021	15.21609	-90.21685	0	19.3	100	SÍ
P022	15.21601	-90.21694	0	18.8	100	SÍ
P023	15.21597	-90.21689	0	18.6	100	SÍ
P024	15.21604	-90.21681	0	18.6	100	SÍ
P025	15.216	-90.21678	0	18	100	SÍ
P026	15.21594	-90.21685	0	18.1	99	NO
P027	15.2159	-90.2168	0	18	100	NO
P028	15.21596	-90.21674	0	19.6	95.9	NO
P029	15.21592	-90.2167	0	18.6	94	NO
P030	15.21586	-90.21665	0	18.5	96.7	NO
P031	15.21661	-90.217	0	20.6	98	NO
P032	15.21666	-90.2169	0	19.7	94.2	NO
P033	15.21666	-90.21708	0	19.7	92	NO
P034	15.21674	-90.21708	0	19	100	NO
P035	15.21673	-90.21693	0	20.7	76.6	NO
P036	15.2168	-90.2169	0	19.4	81	NO
P037	15.21683	-90.2171	0	20.9	80	NO
P038	15.21691	-90.21705	0	21.8	83.4	NO
P039	15.21687	-90.21693	0	21.7	71.3	NO
P040	15.21691	-90.21687	0	21.5	72.9	NO
P041	15.21697	-90.217	0	21.5	72	NO
P042	15.21694	-90.21684	3.1	20.9	100	NO
P043	15.21701	-90.21695	2	20.1	100	NO
P044	15.21701	-90.21684	0	21	74.5	NO
P045	15.21707	-90.21688	0	20	78.2	NO