

Crianza hábitat de las Ranas Rojas:

Un estudio sobre *Oophaga pumilio* y sus sitios de cría de renacuajos

1. Introducción

Algunos de estos problemas son causados por la fragmentación del hábitat (Cushman SA, 2015) o enfermedades como *Chytridiomycosis*, *Ranavirus* y *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bell., Et al. Chacon et al., 2013; Green et al., 2003). Para *Oophaga pumilio*, las poblaciones costarricenses siguen siendo estables (UICN, 2015). Esta rana de colores brillantes se puede encontrar en Panamá, Nicaragua y Costa Rica (Frost, 2014). El *O.pumilio* es conocido por su amplia variación en la coloración, con 15 a 30 morfos de color en algunos lugares (Summers, 2003). *O.pumilio* está bien estudiada para los alcaloides en su cuerpo (Torres-Mendoza, 2013) y el cuidado de cría de sus renacuajos (Strynoski, 2012), pero se sabe menos sobre los requerimientos específicos de hábitat de esta rana.

Sin embargo, estudios previos han demostrado que *O.pumilio* depende de las especies de bromelia (*Bromeliaceae*) y de la hojarasca en su ciclo de vida. La rana pone sus huevos en la hojarasca y el macho guarda estos embragues durante aproximadamente una semana. Cuando se eclosionan, los renacuajos serán llevados a pequeños estanques de agua terrestre como las axilas llenas de agua de las bromelias. Durante unas seis semanas la hembra sigue visitando a su descendencia para alimentarlos con huevos no fertilizados. Estos huevos son la principal fuente de alimento para los renacuajos (Strynoski, 2012). Estudios previos han estudiado la suplementación de recursos mediante la adición de lechadas de hojas y bromelias a parcelas en Costa Rica, y mostraron que la adición de bromelias a un área aumenta la población de *O.pumilio* (Donnelly, 1989). Sin embargo, la adición de hojarasca en el mismo estudio no tuvo un efecto significativo en el tamaño de la población (Donnelly, 1989).

La destrucción y fragmentación del hábitat puede ser un problema para las especies arbóreas (Turner, 1996). La deforestación es un problema continuo en Costa Rica, ya que la tala ilegal ocurre en algunas áreas (Miller, 2011). Para el *O.pumilio*, la remoción de bromelias en particular podría tener un impacto negativo en el tamaño de la población. Las bromelias también sirven como hábitat crítico para las larvas de algunas especies de mosquitos, como *Aedes aegypti*, que puede ser un vector de la malaria, la fiebre amarilla y el dengue (Schaperi, 1999). Como tal, puede haber motivación para los habitantes de áreas arbóreas para eliminar las bromelias de los toldos cerca de las viviendas humanas.

Debido a que *O.pumilio* son especies carismáticas, a menudo son un atractivo para el ecoturismo, y como tal hay un gran incentivo para que los administradores de áreas protegidas abiertas al ecoturismo monitoreen el tamaño de sus poblaciones. Los estudios sobre las necesidades de hábitat de *O.pumilio* son, por lo tanto, de suma importancia para los administradores interesados en mantener *O.pumilio* como una atracción ecoturística sostenible a largo plazo. En la región de Tortuguero, Costa Rica, el único hábitat local de alta elevación, el

Cerro Tortuguero, se ha reabierto al ecoturismo el 19 de diciembre de 2016 (SINAC, 2016), y una de las animales Que se puede encontrar allí es *O.pumilio*, o la rana roja.

El propósito de este estudio fue examinar y comparar las preferencias específicas de las poblaciones de *O.pumilio* en el sitio de cría de renacuajos, con el fin de informar mejor a las autoridades de manejo sobre cómo manejar de manera responsable los tamaños de población de *O.pumilio* en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado. Se ha demostrado que las bromelias tienen un impacto generalmente positivo sobre el tamaño de la población de *O.pumilio* (Donnelley, 1989). Al comparar poblaciones de *O.pumilio* basadas en la cantidad y tipos de bromelias alrededor de la Estación Biológica Cano Palma y El Cerro Tortuguero fue posible identificar y probar diferencias entre poblaciones, así como el grado en que el tamaño de la población se correlacionó con la presencia de bromelias.

2. Metodos

2.1. Ubicaciones de muestreo

Se monitorearon dos ubicaciones principales para encontrar diferencias en las poblaciones de ranas, especies y número de bromelias y otros sitios de cría. Esto ocurrió en dos lugares principales: Caño Palma y el Cerro Tortuguero, estas áreas están ubicadas en el refugio de vida silvestre Barra Del Colorado en la provincia de Limón, Costa Rica. Las parcelas alrededor de Caño Palma etiquetadas con A y alrededor de las parcelas del Cerro fueron etiquetadas con B. Las dos localidades fueron divididas por el Caño Palma (canal) y fueron separadas por aproximadamente 750 metros. El Cerro es un volcán extinto, 119 metros sobre el nivel del mar (SINAC, 2016). Esta área de aproximadamente 25 hectáreas se encuentra a unos 6 kilómetros al norte de la Villa Tortuguero. El Cerro Tortuguero y Caño Palma son hábitats húmedos neotropicales de bosque lluvioso de tierras bajas. Alrededor de cada ubicación, cinco parcelas se establecieron en diferentes lugares con un tamaño de 15 por 15 metros (figura 2.1.).

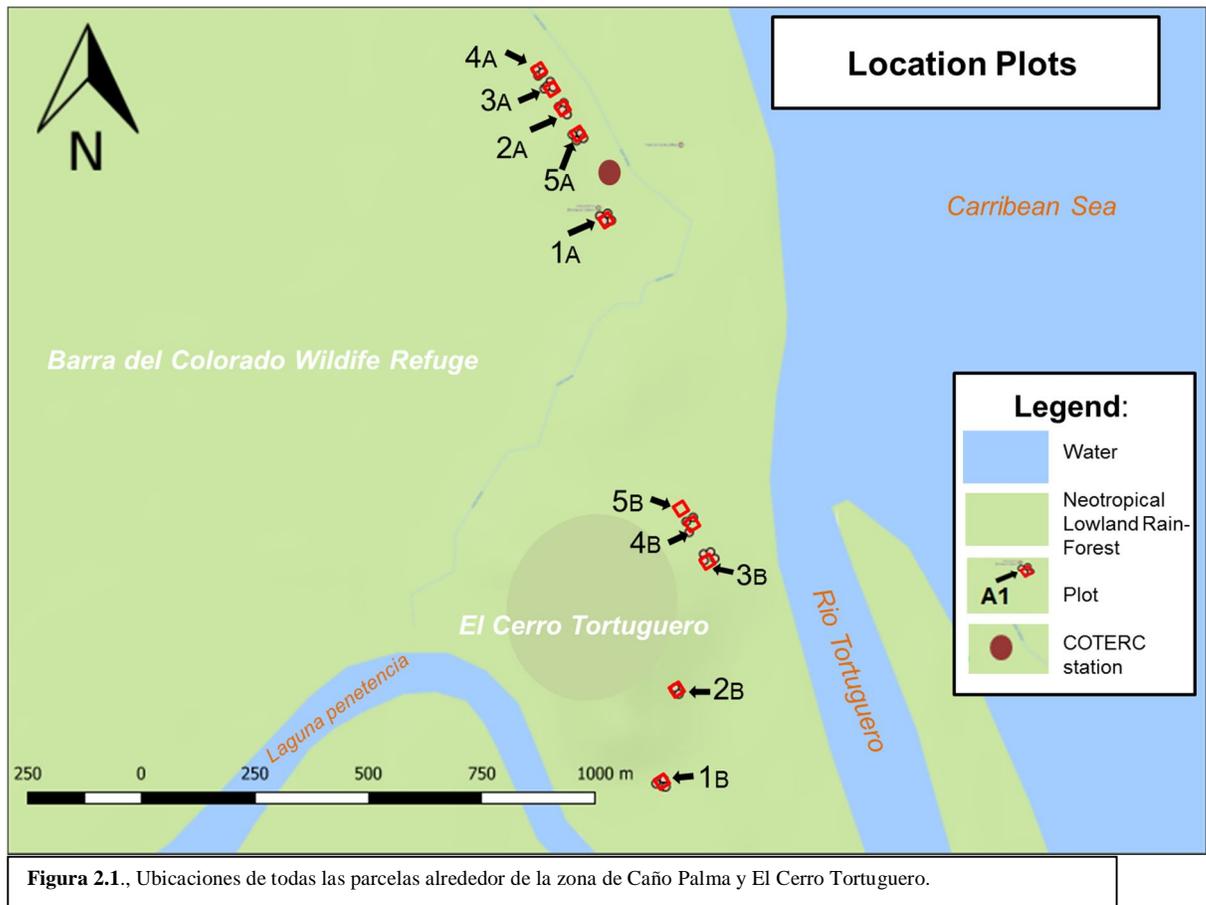


Figura 2.1., Ubicaciones de todas las parcelas alrededor de la zona de Caño Palma y El Cerro Tortuguero.

2.2. Recopilación de datos

Los datos dentro de las parcelas fueron recolectados en dos series: una para la captura e identificación de las ranas, de acuerdo con los métodos descritos en 2.2.1, y una segunda para monitorear todos los sitios de crianza identificados dentro de las parcelas fueron verificadas siguiendo el protocolo (2.2. 2). Un patrón de zig-zag fue caminado en cada parcela de manera que cada metro cuadrado fue buscado para la presencia de *O.pumilio*. Cada estudio de la parcela comenzó en la esquina de la parcela noroeste y terminó en cada esquina de la parcela del sudeste. El género de las ranas fue determinado por la coloración de la garganta y la llamada. Los varones tienen una garganta oscura y son los únicos capaces de llamar. Los juveniles se distinguían por un hocico a la longitud de ventilación (SVL) menor de 20 milímetros (Donnelly, 1989).

2.2.1. Capturando y fotografiando

Se usó una variante del método de identificación fotográfica de la metodología de captura y recaptura para obtener información sobre el tamaño de la población de *O.pumilio* dentro de las 5 parcelas diferentes en cada ubicación. Cada rana capturada fue fotografiada dorsal, ventral y

ambos lados laterales (Apéndice 1). Estas fotos fueron utilizadas para reconocer ranas individuales dentro de las parcelas y contar la cantidad de recapturas más tarde. Las ranas fueron capturadas a mano, y un guante de látex fue obligatorio debido a las toxinas que pueden ser liberados de la piel de las ranas. Después de que una rana fue procesada fue puesta de nuevo en el mismo lugar exacto donde fue capturado. Las ubicaciones donde se encontraron las ranas antes de ser capturadas se anotaron en una de las categorías (Figura 2.2). Si se encontró una rana en un posible sitio de cría, esto se anotó en las siguientes categorías (Figura 2.3.) Se encontraron tazas plásticas de 0,01L en la parcela 2A, que se encontraron adheridas a un árbol como sobrante de un estudio previo sobre plantas artificiales Sitios de cría de ranas. Cada parcela se muestreó durante un mínimo de 30 minutos para estandarizar el esfuerzo.

2.2.2 Recolección de los datos del sitio de cría de renacuajos

Puesto que se encontraron muy pocas bromelias en las parcelas alrededor de ambas áreas, se probaron otros posibles sitios de cría para su capacidad de retener agua y, cuando era posible, se contaron además de bromelias para que pudieran ser monitoreadas también para cualquier actividad de cría posible. Estos posibles sitios de cría de renacuajos fueron etiquetados con cinta adhesiva y verificaron en cada encuesta la presencia de ranas dentro de los 30 centímetros, la cantidad de huevos y la cantidad de renacuajos. Los tipos de sitios de cría se encontraban en las siguientes categorías (Figura 2.3.). Diferentes tipos de sitios de cría se compararon para obtener una idea de qué tipo de sitio de cría se utilizó más.

Ubicación de la rana	Abreviatura
Basura de hojas	LL
Iniciar sesión	LO
Tronco de árbol	TT
Raíz del árbol	TR
Planta*	PL
Calathea gymnocarpa	CG
Bromeliad sp.	BR
Vaso	CU
Rama	BR
Palma	PA
Puddle de árbol **	TP
* Especies de plantas al azar en el sotobosque	
** Charco natural que aparece en un árbol	

Tabla 2.2. Clases de ubicación sobre qué ranas de substrato se encontraron.

Tipo de sitio de crianza	Abreviatura
<i>Guzmania monostachia</i>	GM
<i>Aechmea diclamydea</i>	AD
<i>Bromelia pinguin</i>	BP
<i>Werauhia gladioliflora</i>	WG
<i>Aechmea mexicana</i>	AM
Vaso**	CU
Puddle de árbol **	TP
<i>Calathea gymnocarpa</i>	CG
* Aspecto natural del charco en un árbol	

Table 2.3. Diferentes tipos de sitios de cría de

3.3. Procesamiento de datos y estadísticas

Todas las fotos de ranas fueron ordenadas y colocadas en diferentes carpetas, de modo que cada rana individual tiene su propia carpeta para realizar un seguimiento de la cantidad de recapturas. En cada carpeta se hicieron subcarpetas, estas fueron nombradas con las fechas de cuando esta rana individual fue cogida. El tamaño de la población por parcela se calculó con la

ecuación de captura y recaptura (Apéndice 2). Se utilizó el programa estadístico IBM SPSS 22. Toda la significación se basó en un intervalo de confianza del 95% o superior, indicado por un valor alfa (α) inferior a 0,05.

Se utilizaron estadísticas descriptivas para comparar los tamaños de población de *O.pumilio* entre las parcelas y Caño Palma y El Cerro. Se utilizó una prueba T para encontrar una diferencia en las poblaciones de *O.pumilio* por sitio de estudio. Se utilizó una regresión lineal para encontrar asociaciones entre los números y tipos de sitios de cría total por parcela y las poblaciones de *O.pumilio* por parcela. Este ensayo también se utilizó para encontrar una correlación entre la cantidad de bromelias por parcela y la cantidad de ranas por parcela.

Se utilizó una regresión lineal para encontrar asociaciones entre las poblaciones de *O.pumilio* y el número de bromelias y otros sitios de cría por parcela. El sitio de cría más preferido en general se probó comparando la cantidad de ranas con este tipo específico de sitio de cultivo usando un ANOVA de una vía. El sustrato preferido se encontró con estadística descriptiva. La misma prueba se utilizó para analizar si había diferencias entre el número de ranas encontradas en diferentes tipos de sitios de cría.

3. Resultados

3.1. *O.pumilio* poblaciones de Caño Palma y el Cerro

Se ha observado una diferencia significativa ($P = 0,0015 < \alpha 0,05$) en el tamaño medio poblacional de *O.pumilio* por parcela entre las ubicaciones de Caño Palma y El Cerro Tortuguero. El tamaño de la población de *O.pumilio* en las cinco parcelas alrededor de Caño Palma fue de 143 ranas. En el Cerro este número era 340 (Figura 3.1.1.). Dentro de las cinco parcelas alrededor de Caño Palma se encontraron cinco sitios de cría y alrededor de los sitios de cría del Cerro 87 (Figura 3.1.1.).

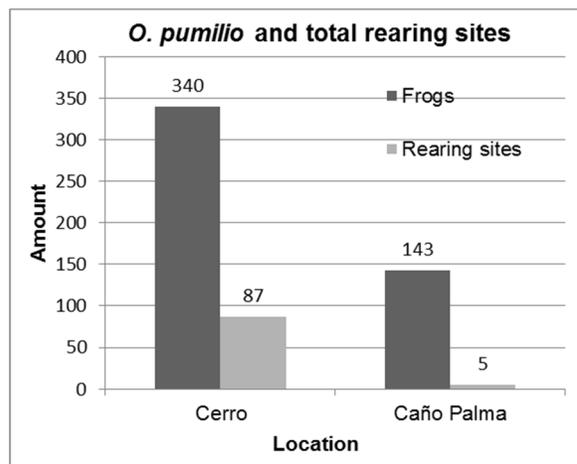


Figura 3.1.1. *O.pumilio* poblaciones y sitios de cría alrededor de Caño Palma y El Cerro Tortuguero.

3.2. El número de sitios de cría y las poblaciones de *O.pumilio* dentro de las parcelas por ubicación principal

Se ha encontrado una asociación ($P = 0,002 < \alpha 0,05$) entre el tamaño medio de la población de *O.pumilio* y las cantidades de sitios de cría de renacuajos por parcela alrededor de las localidades de Caño Palma y El Cerro Tortuguero. Alrededor de Caño Palma, la parcela 5A tiene la mayor población de *O.pumilio* con 40 ranas, seguida por la parcela 4A y 2A (Figura 3.2.1). Alrededor de El Cerro Tortuguero, la parcela 3B tiene la población más alta de *O.pumilio* con 91 ranas seguidas por la parcela 1B y 4B con ambas 71 ranas (Figura 3.2.2).

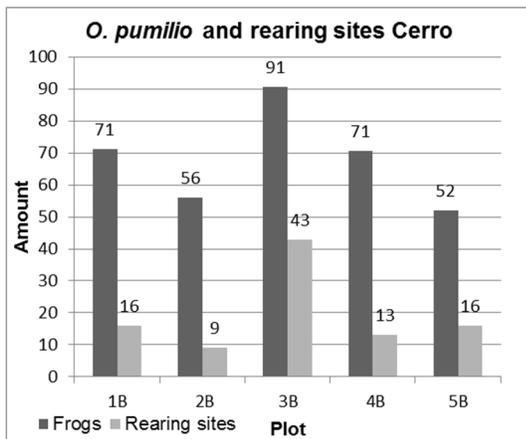


Figura 3.2.1. Poblaciones de *O.pumilio* y sitios de cría por parcela alrededor de Caño Palma.

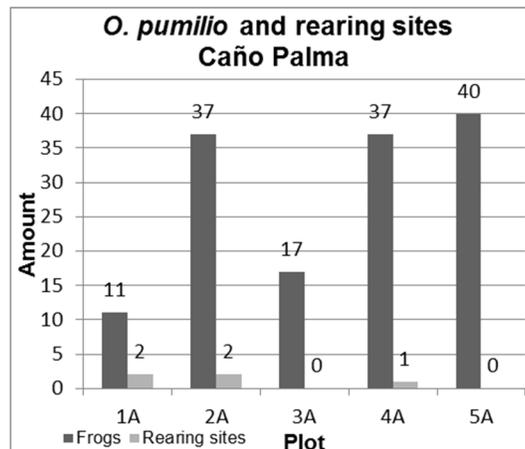


Figure 3.2.2. *O.pumilio* population and rearing sites per plot around El Cerro Tortuguero.

3.3. Diferentes tipos de sitios de cría de renacuajos en ambos lugares

Se ha encontrado una asociación ($P = 0,001 < \alpha 0,05$) entre el tamaño medio de la población de *O.pumilio* y las cantidades de *Calathea gymnocarpa* por parcela en ambos lugares. No *C.gymnocarpa* se ha encontrado alrededor de Caño Palma. Alrededor de Caño Palma se han encontrado tres tipos diferentes de sitios de cría de renacuajos (Figura 3.3.1.). Se han encontrado cuatro tipos diferentes de sitios de cría de renacuajos alrededor de El Cerro Tortuguero (Figura 3.3.2.).

3.3.1. Diferentes tipos de sitios de cría de renacuajos en Caño Palma

No se encontró asociación significativa ($P = 0,752 > 0,05$) en el tamaño medio de la población de *O.pumilio* y en las cantidades de sitios de cría de renacuajos por parcela alrededor de Caño Palma. La especie de bromeliácea *Aechmea diclamydea* se ha encontrado dos veces en la parcela 1A y dos tazas se encontraron en la parcela 2A (Figura 3.3.1.). Una bromelia de especies de *Guzmania monostachia* se encontró en la parcela 4A (Figura 3.3.1.).

3.3.2. Diferentes tipos de sitios de cría de renacuajos en El Cerro

No se encontró asociación significativa ($P = 0,081 > 0,05$) entre el tamaño poblacional promedio de *O.pumilio* y las cantidades de sitios de cría de renacuajos por parcela alrededor del Cerro Tortuguero. No se encontró asociación significativa ($P = 0,094 < 0,05$) entre el tamaño promedio de *O. pumilio* y las cantidades de *C.gymnocarpa* por parcela alrededor del Cerro Tortuguero. Alrededor de El Cerro, la parcela 3B tenía 33 *Calathea gymnocarpa* y diez *Aechmea diclamydea*. Los gráficos 1B y 5B tenían dieciséis *C.gymnocarpa*. La única parcela con un charco de árbol y *Bromelia pinguin* fue la parcela 2B (Figura 3.3.2.).

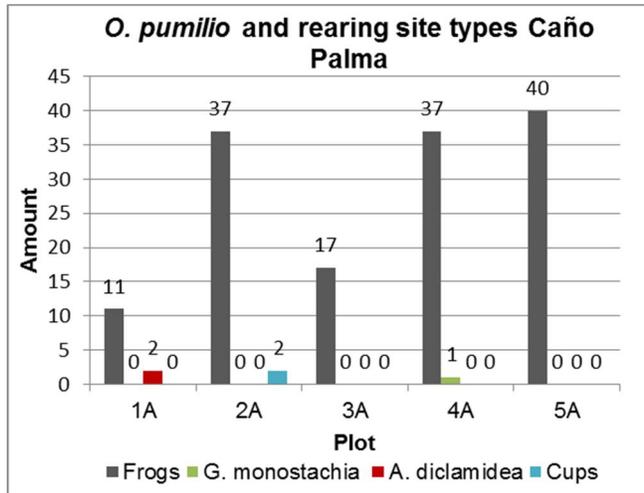


Figura 3.3.1 Poblaciones de *O.pumilio* y diferentes tipos de sitios de cría por parcela alrededor de Caño Palma.

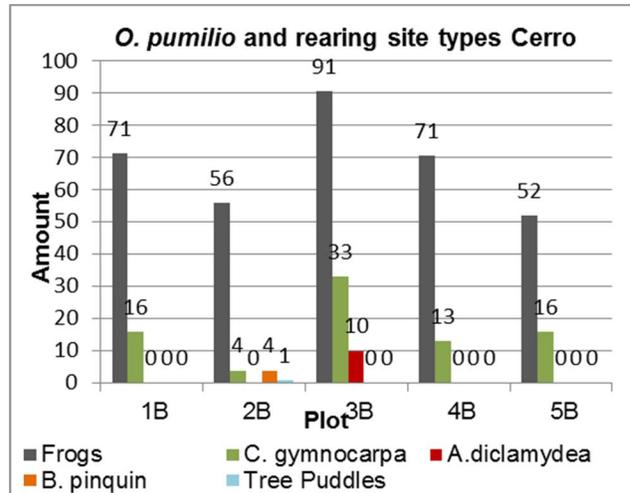


Figure 3.3.2 *O.pumilio* populations and different types of rearing sites per plot around El Cerro Tortuguero.

3.3.3. Número de bromelias y tamaños de población de *O.pumilio* dentro de las parcelas

No se encontró asociación ($P = 0,131 > 0,05$) en el tamaño medio de la población de *O.pumilio* y las cantidades de bromelias por parcela en ambos lugares. Alrededor de Caño Palma, las únicas parcelas que contenían bromelias fueron la parcela 1A con dos bromelias y la parcela 4A con una bromelia (Figura 3.3.3). La parcela 3B contenía diez bromelias y la parcela 2B contenía cuatro bromelias, estas parcelas fueron las únicas parcelas alrededor del Cerro Tortuguero con bromelias (Figura 3.3.4).

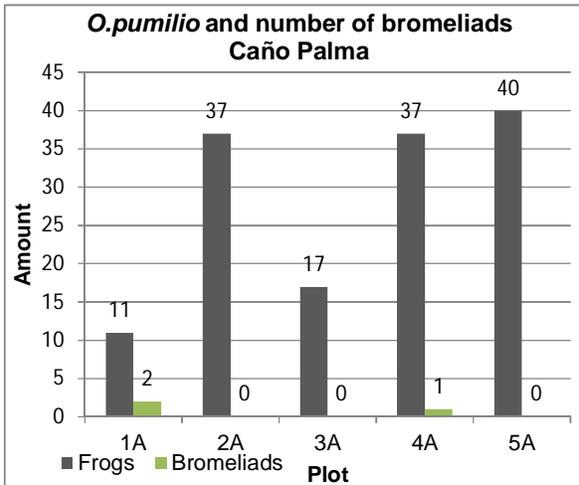


Figura 3.3.3. Poblaciones de *O. pumilio* y número de bromelias por parcela alrededor de Caño Palma.

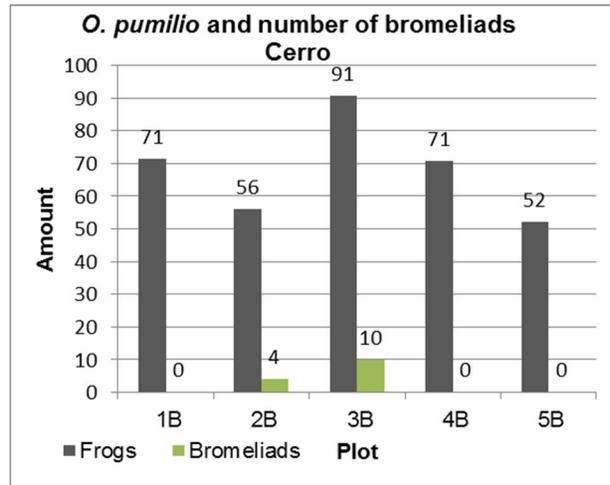


Figura 3.3.4. Poblaciones de *O. pumilio* y número de bromelias por parcela alrededor del Cerro Tortuguero.

3.3.4. Especies de Bromeliaceae y poblaciones de *O. pumilio* dentro de las parcelas

En las parcelas alrededor de Caño Palma, *Aechmea diclamydea* en la parcela 1A y *Guzmania monostachia* en la parcela 4A (Figura 3.3.5) se encontraron dos especies de bromelias diferentes. Alrededor de El Cerro Tortuguero también se encontraron dos especies de bromelias, *Aechmea diclamydea* en la parcela 3A y *Bromelia pinguina* en la parcela 2B (Figura 3.3.6).

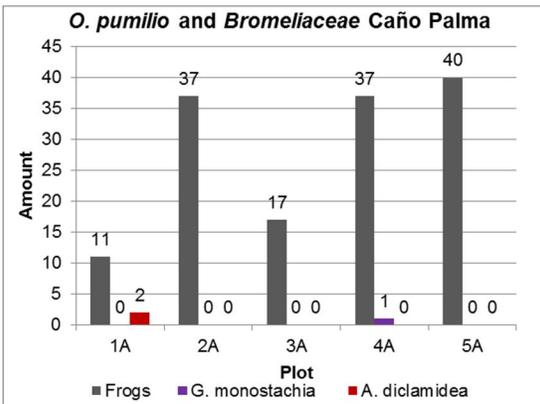


Figure 3.3.5 *O. pumilio* populations and *Bromeliaceae* per plot around Caño Palma.

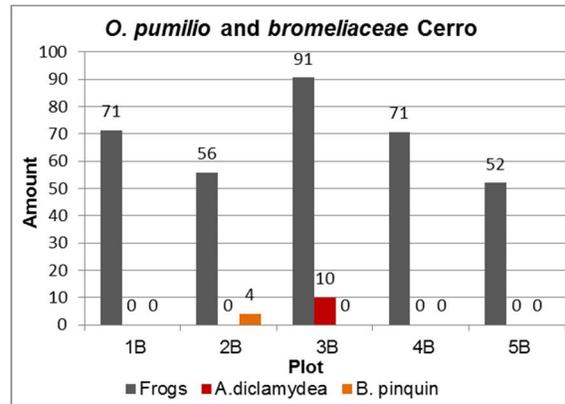
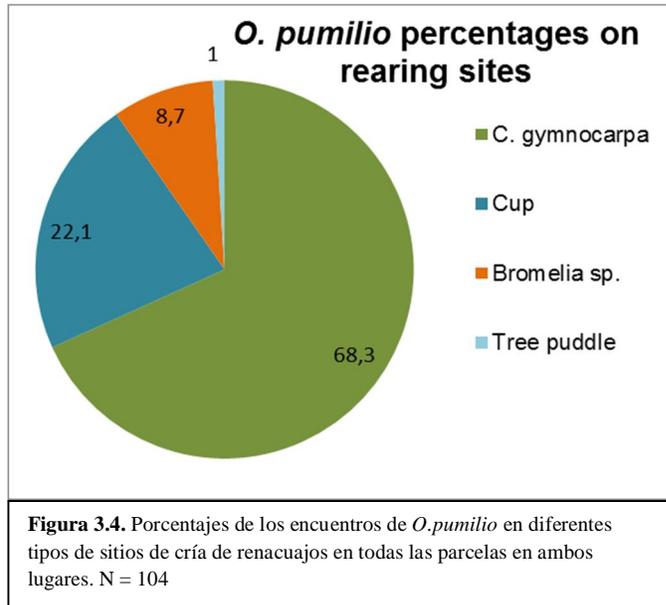


Figure 3.3.6. *O. pumilio* populations and *Bromeliaceae* per plot around El Cerro Tortuguero.

3.4. Encuentros de *O. pumilio* en diferentes sitios de cría alrededor de ambos lugares.

No se encontraron diferencias significativas ($P = 0,564 > 0,05$) entre el número de ranas y encuentros en los diferentes tipos de sitios de cría. De las ranas que fueron capturadas en un

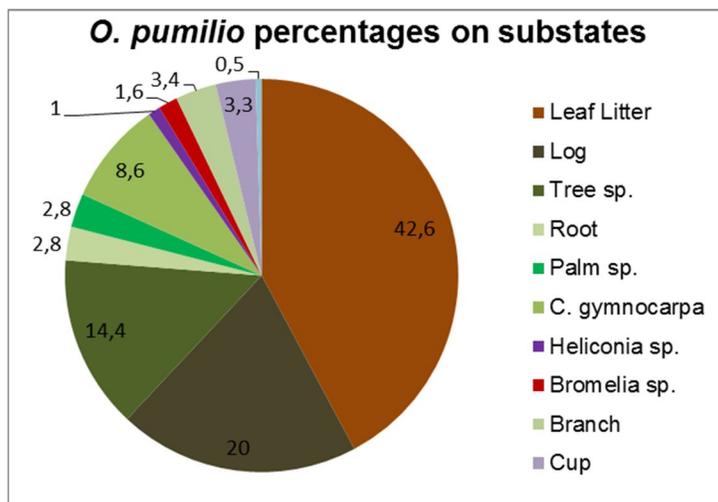
posible sitio de cría, el 68,3 por ciento fue localizado por *C.gymnocarpa*. Un porcentaje del 22,1 por ciento de las ranas de ranas que fueron capturadas en un sitio de cría fueron capturados en tazas. Un porcentaje de 8,7 fue capturado en una bromelia (Figura 3.4.).



3.5. Encuentros de *O.pumilio* sobre diferentes sustratos.

Se han encontrado diferencias significativas ($P = 0,000 < 0,05$) entre los diferentes tipos de sustratos y el número de ranas que se encontraron por primera vez en estos. Los encuentros en la hojarasca difieren significativamente ($P = 0,000 < 0,05$) con los encuentros en troncos. Los encuentros con los logs difirieron apenas significativos ($P = 0,049 < 0,05$) con los encuentros en árboles. Las fracciones más pequeñas no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$).

De las ranas que fueron capturadas en diferentes sustratos, el 42,6 por ciento fue capturado en la hojarasca. Veinte por ciento de las ranas capturadas se encontraron por primera vez en un tronco y un porcentaje de 14,4 de las ranas capturadas se encontraron por primera vez en un tronco de árbol. Se encontró un porcentaje del 8,6 por ciento en *C.gymnocarpa* (Figura 3.5).



4. Discusión y conclusión

4.1. *O. pumilio* población y número de sitios de cría por ubicación

En las parcelas con mayor número de sitios de cría, la población de *O. pumilio* fue la más grande. Esto sugiere que el tamaño de la población del *O. pumilio* por parcela depende del número total de sitios de cría por parcela, como también lo encontró Donnelly quien añadió sitios de cría a parcelas (Donnelly, 1989). Se encontró una asociación entre el número de sitios de cría de renacuajos y la población de *O. pumilio*. Con una población total de 340 ranas y 87 sitios de cría dentro de las cinco parcelas alrededor de El Cerro y 143 ranas y cinco sitios de cría dentro de las cinco parcelas alrededor de Caño Palma, la población de *O. pumilio* por parcela fue significativamente mayor alrededor del Cerro Tortuguero. En otro estudio alrededor de la estación biológica de La Selva en Costa Rica, la adición de bromelias como tipo de sitio de cría también aumentó la población de *O. pumilio* (Donnelley M. A., 1989).

4.1.1. Diferentes tipos de sitios de cría y *Calathea gymnocarpa*

Se encontraron más tipos de sitios de cría en las parcelas alrededor de El Cerro, luego en las parcelas alrededor de Caño Palma y un tipo se destacó, la especie de la planta de *Gymnocarpa Calathea* (Gargullo M. B, 2008) un miembro de las Araras (*Marantaceae*). Esta especie de la planta tiene las axilas llenadas del agua, que pueden ser tadpole que crían sitios para el *O. pumilio*. No existen estudios previos que indiquen que *O. pumilio* utilice esta especie vegetal como sitio de cría. Una evidencia concreta de esto fue descubierta durante una encuesta cuando una rana se arrastró fuera de una axila, dejando dos huevos (Apéndice 3) detrás de ella. Se encontró una correlación entre el número de *C. gymnocarpa* y el tamaño de la población de *O. pumilio* por parcela, lo que puede sugerir que esta especie de la planta se puede utilizar para aumentar el tamaño de la población de estas ranas dentro de una determinada área. Alrededor de

Caño Palma el sitio de cría más utilizado fue la copa artificial. Otros estudios sugieren que este es un sitio de cría de interés para el *O.pumilio* (Strynoski J. L., Strynoski J. L., 2014).

4.1.2. Números y especies de *Bromeliaceae* dentro de las parcelas.

En total, se identificaron tres especies de bromelias diferentes en todas las parcelas alrededor de Caño Palma y El Cerro. *Aechmea diclamydea* es una especie de bromelia procedente de Trinidad y Tobago (Downs R. J., 1979), pero se ha identificado en la parcela 1A y en la parcela 3B. Costa Rica tiene más de tres mil especies diferentes y 58 géneros de bromelias (Cáceres González, D. A, 2013) por lo que es posible que este individuo haya sido mal identificado, ya que pueden existir varias especies difíciles de distinguir. Otra especie de bromelia encontrada en la parcela 4A fue *Guzmania monostachia*. Esta especie de bromelia de la familia *Guzmania* es una especie dominante en Costa Rica (Cascante - Marín Alfredo M, 2006). *Bromelia pinguin* fue una bromelia que se encontró en la parcela 2B alrededor de El Cerro. Esta especie de *bromeliaceae* también conocida como piña silvestre es común en toda Centroamérica (Gargullo M. B, 2008). No hubo asociación entre el número de especies y la abundancia de bromelias por parcela y las poblaciones de *O.pumilio* de una parcela.

4.2. *O.pumilio* se encuentra en diferentes tipos de sitios de cría.

De todo el total de 828 ranas que se encontraron, 104 se encontraron en los sitios de cría. No se han encontrado diferencias significativas entre el número de ranas y encuentros en los diferentes tipos de sitios de cría. Esto podría significar que no existen preferencias específicas dentro de esta especie de rana para sitios de cría específicos. Los sitios de cría en los que se encontró más *O.pumilio*, con 68,3 por ciento, fue el *C.gymnocarpa*. Esto podría ser porque alrededor de El Cerro Tortuguero el *C.gymnocarpa* es una especie vegetal abundante y muchos de ellos se encontraron dentro de las parcelas allí. Un porcentaje de 22 ranas fueron capturadas en las copas de la parcela 2A en Caño Palma y en torno a este lugar éste fue el tipo de sitio de cría más popular. Los charcos artificiales pueden ser útiles para monitorear ranas y renacuajos y se ha demostrado previamente que son usados por *O.pumilio* (Strynoski J. L., 2012; Strynoski J. L., 2014). Se encontró un porcentaje de 8,7 de las ranas en una especie de bromelia. Una explicación de este hecho es que el número de bromelias por parcela fue bastante bajo.

4.3. *O.pumilio* encuentra en diferentes sustratos.

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tipos de sustratos y el número de ranas que se encontraron por primera vez en estos. Los encuentros en la hojarasca difieren significativamente con los encuentros en troncos. El número de encuentros en los registros difería sólo significativo con los encuentros en los árboles. Las fracciones inferiores no mostraron diferencias significativas. El porcentaje más alto de ranas encontradas con 42,6 por ciento fue capturado en la hojarasca. Una explicación para esto podría ser que estas ranas estaban buscando comida. La dieta de *O.pumilio* se compone de artrópodos, como los ácaros hormigas y diminutos escarabajos (Saporito, R. A., 2011). Estos artrópodos son muy abundantes en la

hojarasca de las selvas neotropicales (Heinen, J. 1992). Veinte por ciento de las ranas fueron capturadas en troncos. La madera muerta en el bosque húmedo por lo general también contiene un alto número y la diversidad de artrópodos (Clark D. B., 2002), lo que podría significar que las ranas también se alimentan en los troncos. Se encontró un porcentaje de 8,6 de todas las ranas capturadas en *C.gymnocarpa*. Esto puede sugerir otra vez que esta especie de la planta es de importancia del hábitat a *O.pumilio* en el área del refugio de la fauna de Barra del Colorado. Se encontró un porcentaje del 14,4 por ciento primero en un árbol. Como *O.pumilio* es una especie de dentro de un árbol, por lo tanto parcialmente arbórea, los árboles son importantes para su hábitat (Myers C.W., 1984). Para *O.pumilio* es más difícil moverse alrededor de un área con pocos árboles (Nowakowski, A. J., 2013).

4.4. Conclusión

Los mayores tamaños de población de *O.pumilio* por parcela se encontraron en las parcelas con mayor número de sitios de cría de renacuajos. El número total de sitios de cría de renacuajos totales por parcela se asocia con la población de *O.pumilio* por parcela. *O.pumilio* poblaciones por parcela fueron significativamente mayores alrededor de El Cerro Tortuguero. Dentro de las parcelas alrededor de El Cerro, más tipos de sitios de crianza se encontraron entonces alrededor de Caño Palma. En El Cerro se encontró *Calathea gymnocarpa* como potencial sitio de cría de renacuajos y número de *C.gymnocarpa* por parcela correlacionada con un aumento en el tamaño de la población de *O.pumilio* por parcela. Esto sugiere que esta especie de la planta se puede utilizar para aumentar el tamaño de la población de estas ranas dentro de una cierta área. En este estudio se identificaron un total de tres especies de bromelias diferentes, *Aechmea diclamydea*, *Guzmania monostachia* y *Bromelia pinguin*. El número total y las especies de bromelias por parcela no mostraron asociación con las poblaciones de *O.pumilio* por parcela, probablemente debido al hecho de que no se encontraron muchas bromelias. Los posibles sitios de cría en los que se encontró *O.pumilio* más, con 68,3 por ciento fue el *C.gymnocarpa*. Esto podría ser porque alrededor de El Cerro Tortuguero el *C.gymnocarpa* es una especie vegetal abundante y muchos de ellos se encontraron dentro de las parcelas allí. El porcentaje más alto de ranas encontradas con 42,6 por ciento fue capturado en la hojarasca. Una explicación para esto podría ser que las ranas estaban buscando comida.

5. Referencias

Allen, M., Diaz-Escobar M., Donnelly M. A., Otero Jiménez, B., Nowakowski, A. J., 2013. *Landscape resistance to movement of the poison frog, Oophaga pumilio, in the lowlands of northeastern Costa Rica*. *Animal Conservation*, 16: 188–197. doi: 10.1111/j.1469-1795.2012.00585.5 P

Belderok, R. 2015. *The Strawberry Poison Dart Frog (Oophaga pumilio) Density in Relation to Environmental Variables*. Unpublished manuscript.

Bell K., Bolan F., Chaves G., Donnelly A. M., Philippi T., Sasa M., Savage J. M., Whitfield M. S., 2006, *Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica*

Cáceres González, D. A., Schulte, K., Schmidt, M., & Zizka, G. 2013. *Diversity and levels of endemism of the Bromeliaceae of Costa Rica – an updated checklist*. *PhytoKeys*, (29), 17–61. Advance online publication. <http://doi.org/10.3897/phytokeys.29.4937>

Cascante-Marín, Alfredo M; Wolf, Jan H.D; Oostermeijer, J. Gerard B; den Nijs, Joannes C.M; Sanahuja, O; Durán-Apuy, A. 2006. *Establishment, reproduction and genetics of epiphytic bromeliad communities during premontane forest succession in Costa Rica*. Editorial Amsterdam, Universiteit van Amsterdam, NL. (ISBN 90-7689461-2.) 11-30 P.

Chacon Iria, Donnelly M.A., Geerdes E., Jimenez R. R., Kerby J. L., Rodriguez E. B., Whitfield S. M., 2013. *Infection and co-infection by the amphibian chytrid fungus and ranavirus in wild Costa Rican frogs*. *Dis Aquat. Org.* 104:173-178

Chanson J. C., Cox N. A., Fischman D. L., Rodrigues A. S. L., Stuart S. N., Waller R. W., Young B. E., 2004. *Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide*. IUCN-SSC/CI-CABS Biodiversity Assessment Unit, science.1103538 / 10.1126/ P. 1

Clark D. B., Clark D. A., Brown S., Oberbauer F. S., Veldkamp E., 2002. *Stocks and flows of coarse woody debris across a tropical rain forest nutrient and topography gradient*. *Forest Ecology and Management* Volume 164, Issues 1–3. 237–248 P.

Cushman S. A., 2005. *Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

Donnelly M. A., 1989. *Effects of Reproductive Resource Supplementation on Space-Use Patterns in *Dendrobates pumilio**. *Oecologia*, Vol. 81, No. 2 (1989), pp. 212-218

Donnelly M. A., 1989. *Demographic Effects of Reproductive Resource Supplementation in a Territorial Frog, *Dendrobates Pumilio** : *Ecological Monographs*, Vol. 59, No. 3 (Sep., 1989), pp. 207-221

Downs R. J., Smith L. B. 1979. *Bromeliaceae Part III*. *Flora Neotropica*, Monograph 14(3): 1493–2142 p..

Frost, Darrel R., 2014, *Oophaga pumilio (Schmidt, 1857)*. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. American Museum of Natural History. Retrieved 12 September 2014.

Gargullo M. B., Magnuson B., Kimball L., 2008. *A Field guide to plants of Costa Rica*, Oxford university press 200603597 380P.

Green E., Lips K. R., Papendick R., 2003. *Chytridiomycosis in Wild Frogs from Southern Costa Rica*. *Journal of Herpetology*, 37(1):215-218.

Heinen, J. 1992. *Comparisons of the Leaf Litter Herpetofauna in Abandoned Cacao Plantations and Primary Rain Forest in Costa Rica: Some Implications for Faunal Restoration*. *Biotropica*, 24(3), 431-439. doi:10.2307/2388614

IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2015. *Oophaga pumilio*. *IUCN Red List of Threatened Species* (IUCN) 2015: e.T55196A3025630. doi:10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T55196A3025630.en.

Nowakowski, A. J., Otero Jiménez, B., Allen, M., Diaz-Escobar, M. and Donnelly, M. A. 2013, *Landscape resistance to movement of the poison frog, Oophaga pumilio, in the lowlands of northeastern Costa Rica*. *Anim Conserv*, 16: 188–197. doi:10.1111/j.1469-1795.2012.00585.

Myers, C. W., Daly J., W., Martinez, V., (1984). *An arboreal poison frog (Dendrobates) from western panama*. *American Museum Novitates*, 2783, 1-20 P.

Saporito, R.A., Donnelly, M.A., Spande, T.F., & Garraffo, H.M., (2011) *A review of chemical ecology in poison frogs*. *Chemoecology* 22: 159-168.

Schaperi S., 1999. *Evaluation of Costa Rican Copepods (Crustacea: Eudecapoda) For larval Aedes Aegypti control with Special Reference to Mesocyclops thermocyclopoides*. *Institute of Zoölogy, Hannover.*, 15(4):510-51.P. 510

SINAC, 2016. *General characteristics: Barra del Colorado National Wildlife Refuge - Cerro Tortuguero Sector*, Retrieved on January 4th 2017 from: <http://www.sinac.go.cr/EN-US/ac/acto/bdc/Pages/default.aspx>

Stynoski, J. L., 2012. *Behavioral Ecology of Parental Care in a Dendrobatid Frog (Oophaga pumilio)* Open Access Dissertations. Paper 755.

Stynoski, J. L., Torres-Mendoza, Y., Sasa-Marin, M. and Saporito, R. A. 2014, *Evidence of maternal provisioning of alkaloid-based chemical defenses in the strawberry poison frog Oophaga pumilio*. *Ecology*, 95: 587–593. doi:10.1890/13-0927.1

Summers, K.; Cronin, T.W.; Kennedy, T., 2003. *Variation in spectral reflectance among population of Dendrobates pumilio, the strawberry poison frog, in the Bocas del Toro Archipelago, Panama* . Journal of Biogeography 30: 35–53. doi:10.1046/j.1365-2699.2003.00795.

Torres-Mendoza, Y., 2013. *Differences in alkaloid defenses in the poison frog Oophaga pumilio between disturbed and undisturbed habitats of Bocas del Toro, Panama* .Senior Honors Projects.Paper P 7.

Turner I. M., 1996. *Species Loss in Fragments of Tropical Rain Forest: A Review of the Evidence*. Journal of Applied Ecology Vol. 33, No. 2 pp. 200-209 P.

Apéndice 1: Ejemplo de fotos de identificación *O.pumilio*.



Figura 3.1. Dorsal lado de la rana.



Figura 3.2. Lado izquierdo lateral de la rana.



Figura 3.3.Lado lateral derecho de la rana.



Figura 3.2.Venta lateral de la rana.

Tomar fotos de cuatro lados del *O. pumilio*

Para la identificación basada en patrón es importante tomar imágenes de alta calidad. Un ajuste de macro en la cámara es una necesidad para obtener todos los detalles. Debido a que el sensor tarda mucho en exponerse en condiciones oscuras de suelo forestal, una luz fotográfica impermeable puede ser de buen uso. En mi experiencia la técnica de agarrar la rana en una pierna trasera es la mejor para fotografiar los cuatro lados. De esta manera es relativamente fácil trabajar la rana en la materia.

Apéndice 2. Repita la metodología de recaptura de marcas de captura.

La formula:

$$N = \frac{M_2C_2 + M_3C_3 + M_4C_4 + M_5C_5 + M_6C_6 + M_7C_7 + M_8C_8 + M_9C_9 + M_{10}C_{10} + M_{11}C_{11} + M_{12}C_{12} + M_{13}C_{13} + M_{14}C_{14} + M_{15}C_{15}}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10} + R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{14} + R_{15}}$$

N = Población estimada

M = Número de individuos marcados / capturados dentro de la muestra

C = Individuos capturados dentro de la muestra

R = Número de individuos recapturados dentro de la muestra

El número más bajo representa la ronda / repetición.

Apéndice 3. Huevos encontrados en *Calathea gymnocarpa*.



Figura 5.1. Huevos de *O. pumilio* unidos al interior de un *Calathea gymnocarpa* axil,

Figura 5.
Calathea

Ubicación de los huevos

Los huevos fueron descubiertos el 30 de octubre de 2016 en uno de los *C. gymnocarpa* dentro de la parcela 2B en El Cerro Tortuguero. Una hembra *O. pumilio* fue encontrada arrastrándose fuera de esta axila y así fue como se descubrieron los dos huevos.



Figura 5.3. Cerca de la zona donde los huevos fueron descubiertos en la axila,