

Selección de hábitat de ranas arbóreas (*Hylidae*):

La abundancia y distribución de *Hylids* en tres áreas de bosque tropical.

Introducción

Desde la década de 1980 las poblaciones de anfibios han disminuido (Collins & Storfer, 2003). Se cree que los anfibios son una especie indicadora de la salud ambiental en general. A diferencia de otras clases de animales, los anfibios obtienen su oxígeno parcial o totalmente a través de su piel y dependen de la disponibilidad de agua durante la mayor parte de su ciclo de vida (Smith & Sutherland, 2014). Una de las amenazas en cuanto al declive de los anfibios es la pérdida y alteración del hábitat (Halliday, 2016). En todo el mundo, los hábitats naturales están siendo destruidos para dar paso a la agricultura y la vivienda humana (Halliday, 2016). El cambio en el uso de la tierra ha resultado en la remoción del hábitat o la prevención del acceso de los anfibios a los sitios de reproducción (Collins y Storfer, 2003). Además, el aumento de la agricultura ha dado lugar a condiciones altamente eutróficas de fuentes de agua (Boyer & Grue, 1995). Estas condiciones son perjudiciales para los anfibios y pueden estar asociadas con la mortalidad o malformaciones del embrión de rana (Boyer & Grue, 1995). Debido a las amenazas relativas a la alteración y la destrucción del hábitat, se ha convertido en un imperativo para comprender plenamente los vínculos entre los anfibios amenazados y sus hábitats. Para estimar la amenaza de pérdida futura de hábitat para las poblaciones de anfibios supervivientes, es necesario investigar los factores que influyen en la abundancia de la población (Osborne et al., 2008).

Hylids rara vez se encuentran en el suelo. Por lo general no descienden a las aguas de arroyos, estanques o pantanos excepto durante la temporada de lluvias para reproducirse (Heyer & Savage, 1969). Por esta razón, no son un grupo fácil de supervisar visualmente. Los varones usan llamados específicos de especies para anunciar su posición a posibles compañeros y rivales (Wells, 1977). Estos sonidos específicos de la especie se pueden utilizar para estimar su abundancia.

Durante este estudio, se estudió la abundancia de especies *Hylid* de tres áreas diferentes. La investigación se realizó para obtener una mejor comprensión de los factores ambientales que influyen en la diversidad de especies y la abundancia. Factores tales como ubicación, calidad del agua, datos meteorológicos y competencia vocal fueron investigados. Además, se estudió la cantidad de machos, hembras y juveniles y la distancia a una fuente de agua para dar más claridad sobre el comportamiento de reproducción de *Hylids*. Las tres áreas permitieron la comparación entre el hábitat alto y bajo de la elevación, así como el hábitat secundario y primario del bosque. Tanto los encuentros acústicos como visuales se utilizaron para estimar la abundancia de *Hylid* y asegurar la máxima recopilación de datos.

Además, se compararon los parámetros de calidad del agua de cada área de estudio para determinar cómo los factores pH, fósforo, nitrato, nitrito, cobre, hierro, oxígeno y amoníaco afectan la diversidad y abundancia de *Hylids*. El pH se midió porque muchas sustancias disueltas en agua están sujetas a cambios causados por los niveles de pH (JBL, 2016). Por otra parte, la medición de las etapas intermedias de amonio, nitrito y nitrato permite sacar algunas conclusiones sobre la función del sistema (JBL, 2016), el amoníaco, por ejemplo, es una sustancia altamente tóxica y las concentraciones que son demasiado altas deben evitarse. Los

niveles de nitratos y fósforo indican cuán trófico es el agua. Además, el cobre y el hierro son a la vez oligoelementos y altas concentraciones son perjudiciales para la vida acuática. Se esperaba que la combinación de bosque primario y secundario diera la variedad más diversa de especies de *Hylid* y los resultados en poblaciones más grandes, y que las diferencias de altitud conceden una composición diferente de la especie. Además, la zona con la calidad de agua más favorable también alberga una gama más diversa de especies y una mayor cantidad de individuos.

También se estudió el efecto de la lluvia en la actividad de las especies y se esperaba que tuviera un efecto positivo significativo en la cantidad de *Hylids* activos (Heyer & Savage, 1969). Para terminar el proyecto, se hicieron espectrogramas para comprender mejor los sonidos de diferentes especies de *Hylid* y para facilitar futuros proyectos (Hopp, et al., 1998). Además, los espectrogramas darán una idea de la competencia sana entre *Hylids*, ya que las especies que llaman a la misma frecuencia podrían ser competidores potenciales entre sí.

Además, se comparó el comportamiento reproductivo de las especies entre las diferentes áreas. La composición de machos, hembras y juveniles *Hylids* indica la actividad de una especie. Por ejemplo, muchos juveniles significan que la cría tuvo lugar y sólo unas pocas hembras indican que las circunstancias aún no son óptimas para la cría. Además, la distancia de un individuo a una fuente de agua da una idea de la actividad de las especies.

2. Metodología

2.1. Descripción de la zona

El estudio se realizó en tres sitios diferentes en el área de Tortuguero, ofreciendo diferentes tipos de hábitat. Las tres áreas se muestran en la figura 2.1. La letra A encontrada en la figura indica el área Caño Palma, B indica el Cerro y C muestra Tortuguero. El clima de la zona de Tortuguero es relativamente húmedo y recibe 5000 mm de lluvia cada año. La temperatura media es de 26 ° C y la humedad relativa es del 70% (Lewis., Et al). El primer transecto estaba detrás de la estación de investigación de Caño Palma y tiene cierta fragmentación. El segundo transecto, el Cerro, se utiliza intermitentemente para el ecoturismo y tiene también alguna fragmentación del hábitat. Es el único sitio en el área de Tortuguero que ofrece un hábitat de mayor elevación. Caño Palma y el Cerro son bosques secundarios. El tercer transecto se ubicó en el Parque Nacional de Tortuguero, un área protegida que tiene la menor fragmentación de hábitat de los tres sitios. También cuenta con una mezcla de bosque primario y secundario.

2.1.1. Caño Palma Estación biológica

El área de Caño Palma consta de 40 ha de bosque tropical secundario neotropical. El bosque se caracteriza por una estructura de dosel menos desarrollada, árboles más pequeños y menos diversidad. El dosel es menos denso que en las otras áreas dando como resultado más luz en el suelo del bosque que apoyan la vegetación del suelo. El dosel cubre sólo la mitad de la parte superior del bosque y los árboles son relativamente más cortos en esta área que en los otros dos. El área es generalmente húmeda y es conocida por las inundaciones. Cuando el canal de Caño Palma es muy alto, las áreas vecinas se inundarán creando un ambiente parecido a un pantano.

2.1.2. El Cerro

La zona alrededor del Cerro está fragmentada y contiene un sendero para los turistas. El Cerro es un extinto volcán de 119 metros de altura (OCM Landscape map, 2012) con una cubierta de dosel moderada y densa. Los árboles que se encuentran en el Cerro son los más altos y más amplios en comparación con los otros sitios de estudio. Además, el material del suelo del bosque consiste casi exclusivamente en la basura de hojas gruesas. El área en el Cerro es relativamente seca en comparación con las otras áreas, debido a su elevación.

2.1.3. Parque Nacional Tortuguero

Siendo el único sitio de estudio que contiene bosque primario y secundario, el Parque Nacional alberga una gran diversidad de flora y fauna. El Parque Nacional tiene una cubierta de dosel gruesa y soporta árboles que son moderadamente altos en comparación con las otras dos áreas. La senda para caminar se compone principalmente de arena y piedra. El parque está rodeado por una aldea al norte, océano al este, y río al oeste. El número de charcos de lluvia temporales aparecerá después de una fuerte precipitación. Esto atrae a una gran variedad de especies de *Anuran*.



Figura 2. 1: Mapa del paisaje de la zona de Tortuguero (OCM Landscape, 2012).

2.2. Descripción de la especie

Según la Lista Roja de la UICN, trece *Hylids* se pueden encontrar en el área de Tortuguero. Las especies son: *Agalychnis callidryas*, *Agalychnis saltator*, *Cruziohyla calcarifer*, *Dendropsophus ebraccatus*, *Dendropsophus phlebodes*, *Hypsiboas rufitelus*, *Scinax boulengeri*, *Scelax elaeochroa*, *Smilisca baudinii*, *Smilisca phaeota*, *Smilisca puma*, *Smilisca sordida* y *Tlalocohyla loquax*. Todas estas especies son de menor preocupación. El estado de la población de todas las especies es estable, excepto para *C.calcarifer* y *A.callidryas*. La población de estas dos especies está disminuyendo.

2.3. Métodos

Se realizaron encuestas visuales y acústicas en un período de doce semanas, del 10 de septiembre al 29 de noviembre de 2016. Durante este período se evaluó cada una de las tres áreas y se recogieron datos una vez a la semana en encuestas nocturnas (19: 00-23: 00). Los transectos tenían cerca de 4 kilómetros de longitud. Durante una encuesta, de dos a cinco topógrafos caminaron el transecto lentamente usando linternas para detectar *Hylids*. Los topógrafos se

acercarían a la localización de sonido cuando un grupo de *Hylids* fue oído y los *Hylids* masculinos fueron desafiados a veces imitando su sonido.

Para cada encuesta se observó la hora de inicio, la hora de finalización, la fecha, la cobertura de nubes, la luz de la luna y la lluvia. El Apéndice 1 muestra los datos meteorológicos y la información general de las encuestas. Además, se realizó un mapa de la ubicación de las diferentes poblaciones de *Hylid* y la ubicación de los estanques utilizados para el apareamiento. Los mapas muestran la distribución de *Hylids* en las tres áreas en el día más lluvioso del período de estudio. Además, se midió la calidad del agua de los cuerpos de agua principales.

2.3.1. Recopilación de datos

2.3.1.1. Encuestas de encuentro visual

Las encuestas de encuentro visual se usan comúnmente para determinar la especie y para estimar la abundancia de un área. Este método sólo es apropiado para aquellos anfibios que pueden ser vistos mientras caminan por un hábitat (Ernst & Rödel, 2004). Las especies, la posición, la altura, la distancia al cuerpo de agua más cercano, el género / madurez, la localización GPS y la precisión del GPS se observaron cuando un individuo fue detectado a la vista del transecto. La variable de ubicación fue nominal y dividida en: Tierra, rama, tallo, hoja y agua. Se estimó la altura de un individuo desde el suelo. La distancia de un individuo al cuerpo de agua más cercano fue estimada y dividida en: Menos de cinco metros de la fuente de agua ya 20 o más metros de la fuente de agua. Las distancias entre los tres grupos ordinales (0m, <5m y >20m) fueron grandes para facilitar las estimaciones. El sexo y la edad se dividieron en hombres, mujeres y jóvenes. Las coordenadas GPS se utilizaron para mostrar la ubicación y se observó la precisión del GPS.

2.3.1.2. Encuestas de encuentro acústico

Se utilizaron encuestas de encuentro acústico para contar los llamados *Hylids* masculinos. Estos recuentos se utilizaron para estimar la abundancia relativa de todos los adultos y composición de especies (Zimmermann, 1994). Un registrador con el sonido de todos los *Hylids* masculinos fue traído en cada encuesta para facilitar la detección. Todos los machos llamantes escuchados durante los paseos de transectos fueron contados. Cuando se escuchó un individuo o un grupo de individuos, se anotaron las coordenadas GPS, la precisión del GPS y las especies.

2.3.2. Analizando el sonido

Cada especie de *Hylid* fue registrada durante los sondeos y su sonido fue traducido a espectrogramas. Los sonidos se grabaron con el grabador Zoom H5. Un espectrograma es una representación visual del espectro de frecuencias en un sonido, ya que varían con el tiempo. Los espectros se realizaron con el software Wavepad (NCH Software, 2012). El intervalo de tiempo fue de 30 segundos para cada espectrograma y los decibelios fueron corregidos para ajustarse a

la anchura del diagrama. Las frecuencias de otros sonidos no deseados se eliminaron del espectrograma. Estos espectrogramas muestran qué especies pueden competir por el espacio sonoro y dan una presentación visual de diferentes sonidos *Hylid*. Además, el espectrograma muestra la gama total de frecuencias del sonido y la gama en la que el sonido es más dominante.

2.3.3. Mapas de distribución

Para comparar los tres sitios, se hicieron mapas de distribución de *Hylids* detectados visual y acústicamente. Este mapa incluía estanques vernaes donde *Hylids* estaban activos. Se hicieron tres mapas, un mapa de cada área que contenía datos visuales y acústicos de la cantidad total de *Hylids* encontrados durante el período de estudio. Qgis 2.18.0 (Open Source Geospatial Foundation, 2016) se utilizó para hacer los mapas de distribución.

2.3.4. Calidad del agua

Los parámetros de calidad del agua como el pH y la temperatura también fueron analizados para ver si hay una diferencia entre las calidades del agua en las tres áreas. La calidad de un estanque vernal aleatorio en cada área se midió cada dos semanas. Se anotaron las variables tamaño, profundidad, localización GPS y temperatura de los cuerpos de agua. Además, se tomaron cuatro botellas con 100 mililitros de la fuente de agua para analizar la composición química de la muestra. Se midieron los parámetros pH, fósforo, nitrato, nitrito, cobre, hierro, oxígeno y amoníaco. El kit de prueba de agua dulce de JBL se usó para probar los elementos de agua. El pH, amonio, nitrito, nitrato, hierro, fósforo y cobre se midió de acuerdo con el libro de instrucciones JBL. La próspera concentración de los parámetros se encuentra en el apéndice 2 de la tabla 1. El tabla 2 del apéndice 2 se utiliza para determinar la presencia de amoníaco, utilizando el pH y el valor de amonio.

2.4. Análisis estadístico

Toda la significación se basó en intervalos de confianza del 95%, dando un valor alfa de 0,05. El programa IBM SPSS statistics 23 (IBM Corporation, 2015) se utilizó para probar los intervalos de confianza.

2.4.1. Abundancia de especies

La prueba de Chi-cuadrado de Pearson se utilizó para determinar si la especie varía significativamente según el lugar del estudio. La Hipótesis nula fue "La diversidad *Hylid* es independiente en el área en que viven" y la hipótesis alternativa fue "La diversidad *Hylid* depende del área en la que viven". Se utilizaron datos visuales y acústicos de los individuos de todas las especies *Hylid* para probar la dependencia. Además, se determinó la diferencia en la abundancia de especies entre las tres áreas con el ANOVA unidireccional. La Hipótesis nula fue "No hay diferencia en la abundancia de especies entre las tres áreas" y la hipótesis alternativa fue

"Existe una diferencia en la abundancia de especies entre las tres áreas". Nuevamente los datos visuales y acústicos de los individuos fueron probados para las diferencias.

2.4.2. Actividad de especies

La cantidad total de machos llamantes se utilizó para determinar la actividad entre diferentes especies de *Hylid*. Esto se usó para mostrar cuándo las especies se activaron y si las especies compitieron por el espacio sonoro. La prueba de regresión lineal se utilizó para mostrar si las especies tenían un efecto sobre el comportamiento de la llamada de cada uno. La Hipótesis nula fue "No hay una diferencia en la actividad de las especies entre las fechas de la encuesta" y la hipótesis alternativa fue "Hay una diferencia en la actividad de las especies entre las fechas de la encuesta. La prueba de regresión lineal también se usó para ver si la precipitación tuvo un efecto significativo en la actividad de la especie. La hipótesis nula para la actividad y la precipitación fue: "La precipitación no tuvo efecto sobre la cantidad de llamados *Hylids* masculinos" y la hipótesis alternativa fue "La precipitación tuvo un efecto sobre la cantidad de llamando *Hylids* masculino."

2.4.3. Ubicación preferida

Los lugares donde se encontraron *Hylids* fueron probados con la prueba de Chi-cuadrado. Esta prueba mostró si los grupos estaban divididos por igual o no. La Hipótesis nula fue "La cantidad de *Hylids* encontrada en la ubicación diferente fue dividida igualmente". Y la hipótesis alternativa fue "La cantidad de *Hylids* encontrados en el lugar diferente no estaba dividido por igual".

2.4.4. Distancia al agua

La distancia de un individuo al agua es una variable ordinal. Las diferencias entre la distancia entre el agua entre las diferentes especies y las tres áreas se midió con la prueba de Kruskal-Wallis. La hipótesis 0 fue: "La distancia entre los individuos del agua entre las especies está igualmente dividida" y la hipótesis 1 fue: "La distancia entre los individuos del agua entre las especies no está igualmente dividida". La hipótesis nula para las áreas fue: "La distancia de los individuos del agua entre las áreas está igualmente dividida" y la hipótesis alternativa fue: "La distancia entre los individuos del agua entre las áreas no está dividida de manera igual". La prueba de Mann-Whitney se utilizó para probar las diferencias por parejas. Esto se hizo para encontrar si había diferencias entre dos grupos específicos.

2.4.5. Relación de hombres, mujeres y jóvenes

Las diferencias entre la proporción de machos, hembras y juveniles encontrados en las tres áreas se probaron con la prueba T de muestra independiente. La Hipótesis-0 para la fracción de varones fue "No hay diferencia en la fracción de varones encontrados entre las tres áreas" y la hipótesis-1 fue "Existe una diferencia en la fracción de varones encontrados entre las tres áreas".

Esto también fue probado para la proporción de hembras y juveniles. La diferencia entre la cantidad total de machos, hembras y juveniles se probó con el Chi cuadrado. Esta prueba mostró si los grupos estaban divididos por igual o no. La Hipótesis 0 fue "La cantidad de *Hylids* masculinos, femeninos y juveniles fueron divididos igualmente". Y la 1-hipótesis era "La cantidad de *Hylids* masculinos, femeninos y juveniles no fueron divididos igualmente".

3. Resultados

3.1. Datos visuales y acústicos de *Hylid*

3.1.1. Diversidad y abundancia de especies visuales

La composición de la especie *Hylid* detectada visualmente no fue dependiente del sitio del estudio ($p = 0,062 < 0,05$). Sin embargo, hubo una diferencia en la abundancia de especies observada entre las tres áreas ($p = 0,018 < 0,05$). El Cerro tenía una composición de especies menos diversa visualmente que Tortuguero ($p = 0,041 < 0,05$) y Caño Palma ($p = 0,014 < 0,05$).

La Tabla 3.1 muestra la cantidad total de *Hylids* encontrados por especie y área. Se encontraron once muestras de *H.rufitelus* en Caño Palma, el 48% de la cantidad total de *Hylids* visto, lo que la convierte en la especie más abundante para el área. Otras personas detectadas visualmente en Caño Palma fueron cinco *D.Phlebodes*, tres *S.baudinii*, *S.elaeochroa* y una *S.Sordida*. Se encontraron cinco especies en total (Tabla 3.1). Cuatro especies fueron detectadas visualmente en el Cerro, siendo *S.baudinii* la más abundante. Trece individuos de la *S.baudinii* se encontraron, el 46% de la cantidad total de *Hylids*. Otros individuos encontrados fueron seis *H.rufitelus*, seis *S.sordida* y tres *A.callidryas* (tabla 3.1). El área en el Parque Nacional de Tortuguero tenía la diversidad más alta de *Hylid*. Siete especies fueron detectadas visualmente. 70% de los *Hylids* encontrados fueron *S.elaeochroa*, convirtiéndose en la especie más abundante con una población de 150 individuos. Las otras seis especies fueron *H.rufitelus* con 23 individuos, *S.baudinii* con diecisiete, *A.callidryas* con trece, *D.ebraccatus* con nueve, *S.sordida* con dos y *D.phlebodes* con una (tabla 3.1).

Species	Palma	Palma (%)	Cerro	Cerro (%)	Tortuguero	Tort (%)	Total	Total (%)
AC	0	0,00%	3	10,71%	13	6,05%	16	6,02%
DE	0	0,00%	0	0,00%	9	4,19%	9	3,38%
DP	5	21,74%	0	0,00%	1	0,47%	6	2,26%
HR	11	47,83%	6	21,43%	23	10,70%	40	15,04%
SB	3	13,04%	13	46,43%	17	7,91%	33	12,41%
SE	3	13,04%	0	0,00%	150	69,77%	153	57,52%
SS	1	4,35%	6	21,43%	2	0,93%	9	3,38%
Total	23	100,00%	28	100,00%	215	100,00%	266	100,00%

Tabla 3. 1: Cantidad total de individuos de diferentes especies de *Hylid* observados en las tres áreas del Cerro, Caño Palma y Tortuguero. Las abreviaturas de las especies son las siguientes: AC: *A.callidryas*, DE: *D.ebraccatus* DP: *D.phlebodes*, HR: *H.rufitelus*, SB: *S.baudinii*, SE: *S.elaeochroa* y SS: *S.sordida*.

3.1.2. Diversidad y abundancia de especies acústicas

La composición de las especies basada en detecciones auditivas, dependía del sitio de estudio ($p = 0,008 < 0,05$). La abundancia de especies escuchadas fue también diferente entre las tres áreas ($p = 0,02 < 0,05$). Tortuguero tuvo una composición de especies auditivas más diversa que Caño Palma ($p = 0,00 < 0,05$) y el Cerro ($p = 0,041 < 0,05$).

Cuatro de las especies encontradas visualmente en Caño Palma también fueron detectadas auditivas como se muestra en la tabla 3.2. El 80% de los machos que llamaron también fueron *H.rufitelus*, confirmando que esta es la especie *Hylid* más abundante en el área. *H.rufitelus* fue escuchado 68 veces, *A.callidryas* once veces, *D.phlebodes* cinco veces y *S.elaeochroa* una vez. *A.callidryas* fue oído pero nunca visto. (Tabla 3.2). *H.rufitelus* fue la especie más abundante a partir de muestras sonoras encontradas en el Cerro. 53% De los *Hylids* escuchados llamaban a *H.rufitelus*. *H.rufitelus* fue escuchado dieciocho veces, *A.callidryas* nueve veces y *S.baudinii* siete veces (tabla 3.2). *S.elaeochroa* no era la especie más escuchada en Tortuguero. *A.callidryas* fue el 44% de todos los *Hylids* escuchados en Tortuguero y *S.elaeochroa* fue del 40%. 258 *A.callidryas* y 235 *S.elaeochroa* se escucharon. *H.rufitelus* fue escuchado 38 veces *D.ebraccatus* 32 veces, *S.baudinii* 24 y *D.phlebodes* dos veces. (Tabla 3.2).

Species	Palma	Palma (%)	Cerro	Cerro (%)	Tortuguero	Tort (%)	Total	Total (%)
AC	11	12,94%	9	26,47%	258	43,80%	278	39,27%
DE	0	0,00%	0	0,00%	32	5,43%	32	4,52%
DP	5	5,88%	0	0,00%	2	0,34%	7	0,99%
HR	68	80,00%	18	52,94%	38	6,45%	124	17,51%
SB	0	0,00%	7	20,59%	24	4,07%	31	4,38%
SE	1	1,18%	0	0,00%	235	39,90%	236	33,33%
SS	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Total	85	100,00%	34	100,00%	589	100,00%	708	100,00%

Tabla 3. 2: La cantidad total de individuos de diferentes especies de Hylid escuchados en las tres áreas del Cerro, Caño Palma y Tortuguero. Las abreviaturas de las especies son las siguientes: AC: *A.callidryas*, DE: *D.ebraccatus* DP: *D.phlebodes*, HR: *H.rufitelus*, SB: *S.baudinii*, SE: *S.elaeochroa* y SS: *S.sordida*.

3.1.3. Actividad de especies

La gráfica de la figura 3.1 muestra la actividad de la especie de llamar a machos en Caño Palma durante diferentes fechas de estudio, la figura 3.2 muestra la actividad de la especie en el Cerro y la figura 3.3 indica la actividad de la especie en el Parque Nacional Tortuguero. Los tres gráficos también muestran precipitaciones en el eje vertical secundario. La precipitación y la actividad de las especies se correlacionaron significativamente en Caño Palma ($p = 0.013 < 0.05$) y Tortuguero ($p = 0.005 < 0.05$).

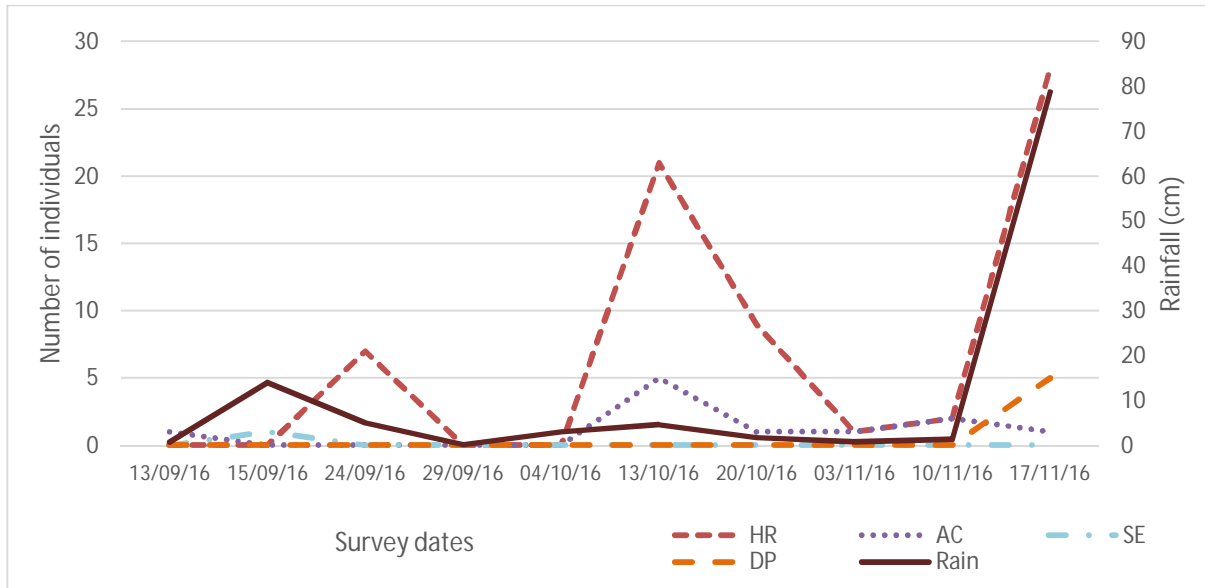


Figura 3.1: Actividad de las especies y precipitaciones en Caño Palma en diferentes fechas de estudio. Las abreviaturas de las especies son las siguientes: AC: *A.callidryas*, DP: *D.phlebodes*, HR: *H.rufitelus* y SE: *S.elaeochroa*.

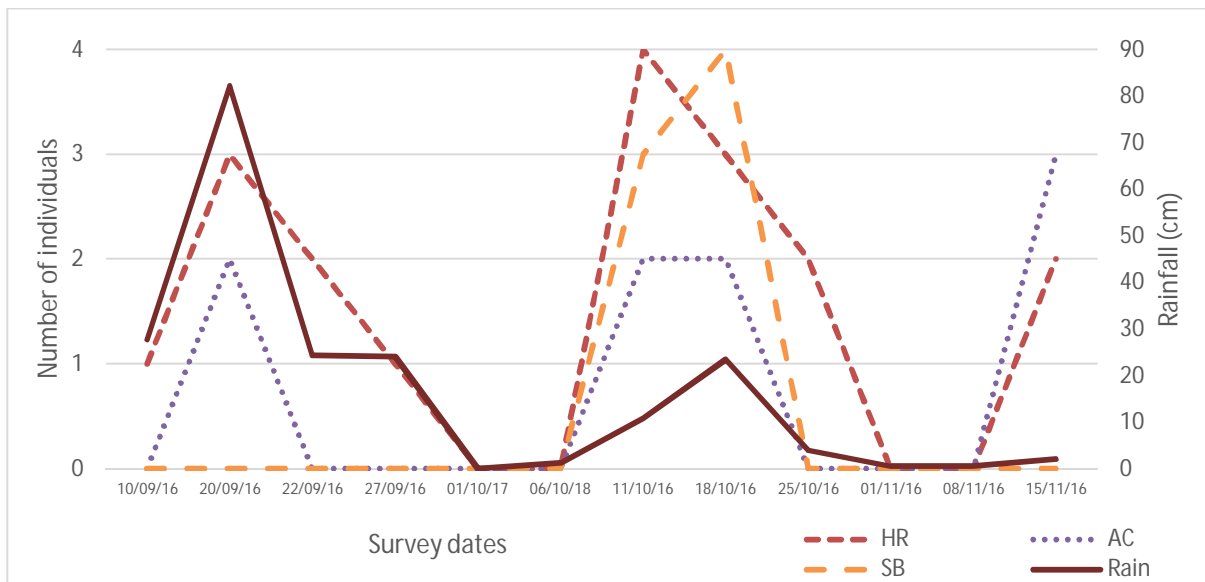


Figura 3.2: Actividad de las especies y precipitaciones en el Cerro en diferentes fechas. Las abreviaturas de las especies son las siguientes: AC: *A.callidryas*, HR: *H.rufitelus*, y SB: *S.baudinii*.

La competencia entre machos de diferentes especies fue evaluada para las personas que fueron escuchadas en el Parque Nacional Tortuguero. En la figura 3.3, los machos de *S.elaeochroa* parecían tener un efecto negativo en los machos llamantes de *A.callidryas*: Cuando los machos de *S.elaeochroa* aumentaron en actividad, disminuyó la cantidad de machos llamantes de *A.callidryas*. Sin embargo, esta observación no fue apoyada estadísticamente ($p = 0,672 > 0,05$).

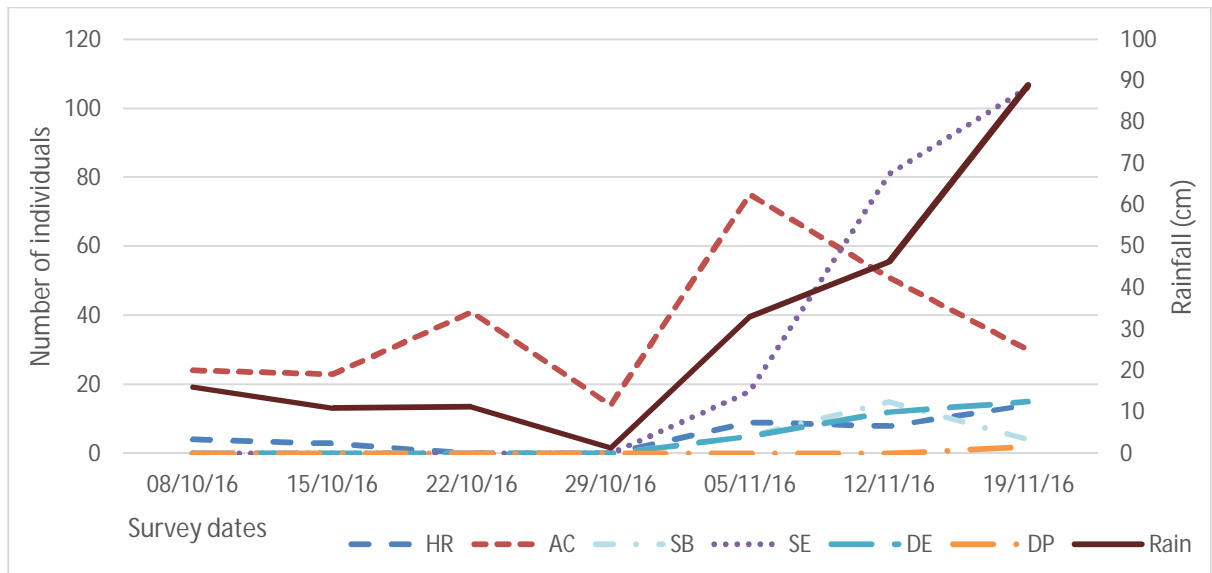


Figura 3.3: Actividad de las especies y precipitaciones en Parque Nacional Tortuguero en diferentes fechas de la encuesta. Las abreviaturas de las especies son las siguientes: AC: *A.callidryas*, DE: *D.ebraccatus* DP: *D.phlebodes*, HR: *H.rufitelus*, SB: *S.baudinii*, y SE: *S.elaeochroa*.

3.1.4. Distancia al agua

La distancia de los individuos a los estanques vernaes fue significativamente diferente entre las tres áreas ($p = 0,001 < 0,05$). No hubo diferencia entre Caño Palma y el Cerro ($0,124 < 0,05$), sin embargo, hubo entre Tortuguero y Caño Palma ($p = 0,024 < 0,05$). Las áreas Cerro y Tortuguero tuvieron la mayor diferencia ($p = 0,000 < 0,05$).

En Tortuguero, el 73% de los individuos fueron encontrados directamente en la fuente de agua. En el Cerro este porcentaje fue de 36% y en Caño Palma el 35%. 57% de los individuos en Caño Palma se encontraban a menos de 5 metros del estanque vernal. En Tortuguero el 1% de los individuos se encontraban a menos de 5 metros de la fuente de agua y en el Cerro este porcentaje era de 18. 46% De los individuos en el Cerro se encontraron a más de 20 metros de una fuente de agua. Este porcentaje fue de 26% en Tortuguero y 9% en Caño Palma (Figura 3.4). La Tabla 3.3 muestra el número absoluto de individuos encontrados por distancia y área de agua.

Location	Palma	Cerro	Tortuguero	Total
0 m	8	10	156	168
<5 m	13	5	3	27
>20 m	2	13	56	71
Total	23	28	215	266

Tabla 3.3: Números absolutos de individuos encontrados a 0 metros del agua, a menos de cinco metros del agua ya más de veinte metros del agua en las tres áreas.

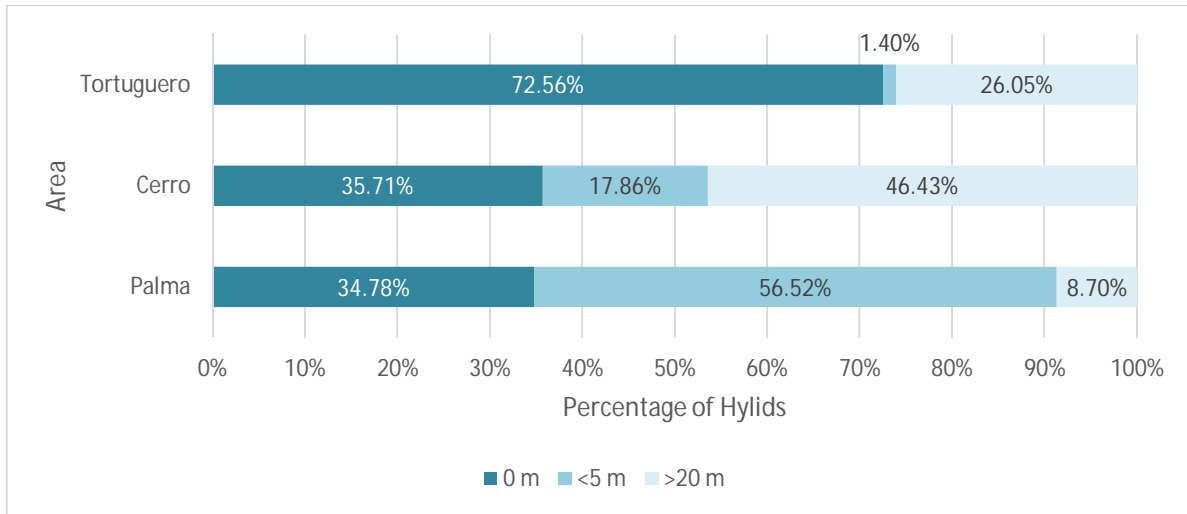


Figura 3. 4: Diagrama de barras del porcentaje de individuos encontrados a diferentes distancias del agua (0 metros, menos de cinco metros v más de veinte metros) en las tres áreas.

La distancia de los individuos al agua también fue diferente entre las diferentes especies ($p = 0,00 < 0,05$). *D.ebraccatus* siempre fue encontrado directamente en la fuente de agua y tuvo una diferencia significativa en la distancia con las otras especies ($p < 0,05$), con *D.phlebodes* como una excepción ($p = 0,456 > 0,05$). El 89% de los individuos encontrados de *S.sordida* se encontraban a más de veinte metros de la fuente de agua. Esto difiere de las otras especies ($p < 0,05$). La Tabla 3.3 muestra el número absoluto de individuos encontrados por distancia de agua y especies.

Species	0 m	<5 m	>20 m	Total
AC	8	2	6	16
DE	9	0	0	9
DP	5	0	1	6
HR	24	11	5	40
SB	15	11	7	33
SE	107	2	44	153
SS	0	1	8	9
Total	168	27	71	266

Tabla 3. 4: Números absolutos de individuos encontrados a 0 metros del agua, a menos de cinco metros del agua ya más de veinte metros del agua entre las diferentes especies de *Hylid*. Las abreviaturas de las especies son las siguientes: AC: *A.callidryas*, DE: *D.ebraccatus* DP: *D.phlebodes*, HR: *H.rufitelus*, SB: *S.baudinii*, SE: *S.elaeochroa* y SS: *S.sordida*

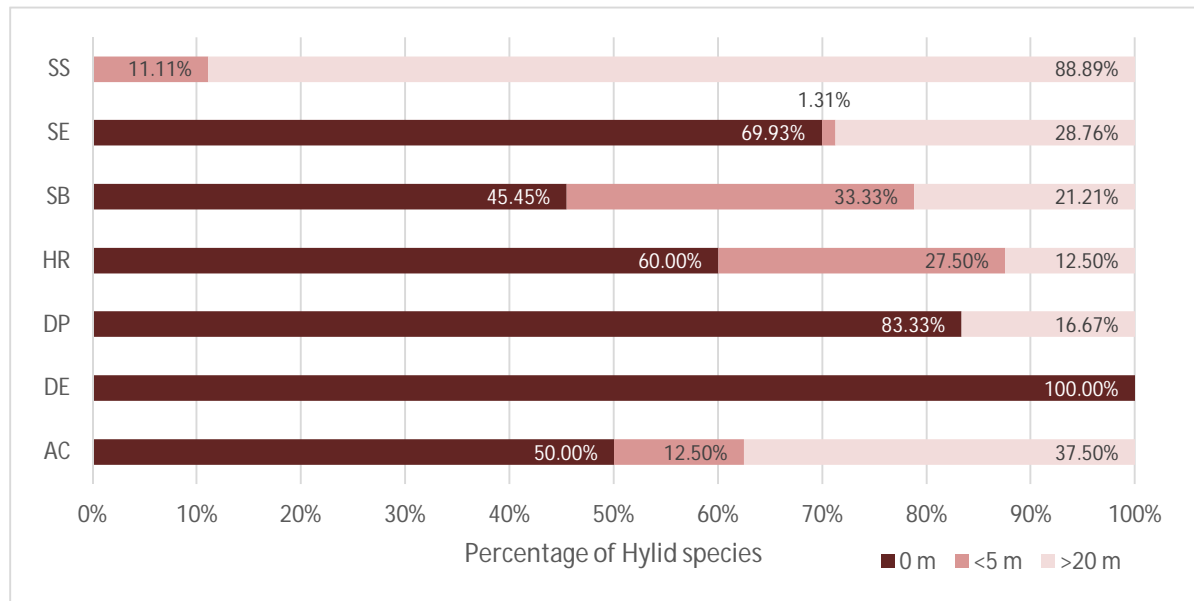


Figura 3. 5: Porcentaje de individuos encontrados a 0 metros del agua, a menos de cinco metros del agua ya más de veinte metros del agua entre las diferentes especies de *Hylid*. Las abreviaturas de las especies son las siguientes: AC: *A.callidryas*, DE: *D.ebraccatus* DP: *D.phlebodes*, HR: *H.rufitelus*, SB: *S.baudinii*, SE: *S.elaeochroa* y SS: *S.sordida*

3.1.5. Ubicación de la especie

La ubicación en la que se encontraron *Hylids* no se dividió por igual entre los grupos ($p = 0,00 < 0,05$). En cambio *Hylids* prefirió sentarse en las hojas sobre los otros lugares. 199 *Hylids* fueron encontrados sentándose en las hojas, haciéndole el 75% de la cantidad total de *Hylids* encontró. Se encontraron 11% de los *Hylids* sentados en tallos, 6% en agua, 5% en ramas y 1% en hierba. 2% de los *Hylids* se encontraron sentados en otros lugares como paredes, troncos, troncos y hojas de la basura.

Location	Leaf	Stem	Water	Branch	Grass	Other
<i>Hylids</i>	199	30	17	12	4	4

Tabla 3. 5: Cantidad de *Hylids* encontrados en diferentes lugares. La otra ubicación consta de los siguientes grupos: tronco, muro, tronco y hojarasca.

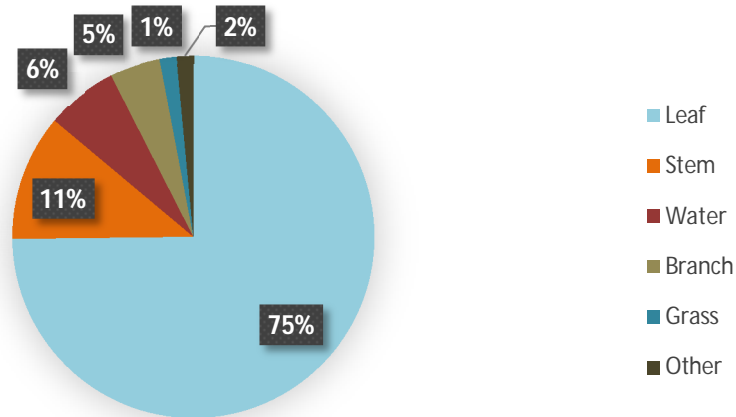


Figura 3. 6: Gráfico circular del porcentaje de *Hylids* individuales que se encuentran en diferentes lugares. La otra ubicación consta de los siguientes grupos: tronco, muro, tronco y hojarasca.

3.1.6. Machos, hembras y juveniles

Los *Hylids* masculinos detectados visualmente eran los más comunes en todas las tres áreas. En Tortuguero el 60% de los *Hylids* encontrados eran masculinos, en el Cerro este porcentaje era de 65 y en Caño Palma el 83% de los *Hylids* eran varones. La proporción de machos encontrados en Tortuguero difirió significativamente con la proporción de machos encontrados en Caño Palma ($p = 0,027 < 0,05$). La proporción de varones encontrados en el Cerro no difirió significativamente con la fracción de machos encontrada en las otras dos áreas ($p > 0,05$). En el Cerro el 25% de los *Hylids* encontrados eran hembras, en Caño Palma esto era 6% y en Tortuguero 16% hembras. No se encontraron diferencias significativas entre las tres áreas ($p > 0,05$). En Tortuguero la mayoría de los juveniles (24%) fueron encontrados en comparación con las otras áreas. En el Cerro el 10% eran juveniles y en Caño Palma el 11%. No se encontraron diferencias significativas entre las tres áreas ($p > 0,05$). La cantidad total de machos difirió significativamente de la cantidad total de hembras y juveniles ($p = 0,00 < 0,05$). La cantidad de hembras también difirió de la cantidad total de juveniles ($p = 0,017 < 0,05$).

Type	Palma	Cerro	Tortuguero	total
Males	15	13	130	158
Females	1	5	34	40
Juveniles	2	2	51	55
Total	18	20	215	253

Tabla 3. 6: La cantidad de *Hylids* masculinos, femeninos y juveniles encontrados en las tres áreas.

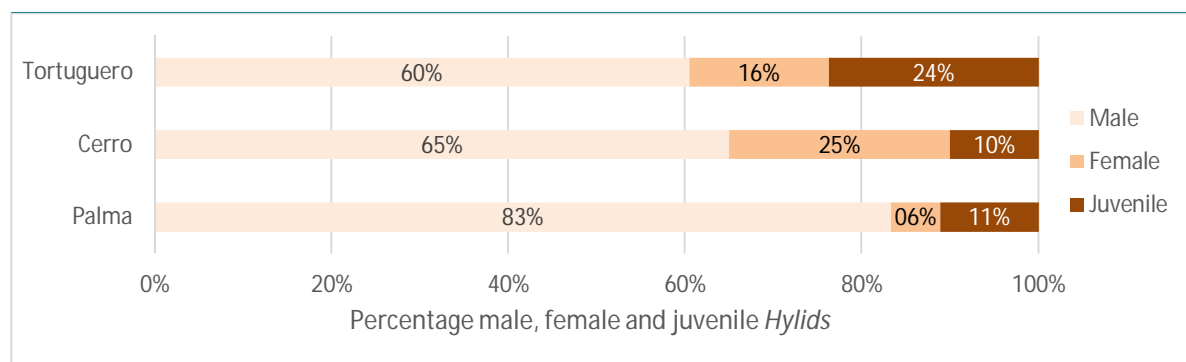


Figura 3. 7 Porcentaje de *Hylids* masculinos, femeninos y juveniles encontrados en el área de tres

3.2. Selección de hábitat

3.2.1.1. Calidad del agua

La Tabla 3.7 muestra la calidad del agua encontrada en los estanques en las tres áreas. Las concentraciones de nitratos, cobre y oxígeno encontradas durante el análisis de la calidad del agua estaban en un nivel saludable. El pH era predominantemente bajo, a excepción de un estanque en Tortuguero. Algunos estanques tenían concentraciones de amoníaco y nitrito demasiado altas. El fósforo también se encuentra a veces en una concentración demasiado alta. Sin embargo, el resultado más alarmante fue la cantidad de hierro que se encontró en los estanques. Las concentraciones de hierro casi nunca fueron en un nivel bajo excepto en dos estanques medidos en Tortuguero. La calidad general de los estanques encontrados en Tortuguero parecía ser mejor que los estanques en Caño Palma y el Cerro. Las concentraciones

Date	Area	Temp. (C)	pH	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	PO4 (mg/l)	Fe (mg/l)	Cu (mg/l)	O2 (mg/l)
11/09/16	Cerro	27	6.0-6.5	0.6	0.025-0.05	1.0	0.5	1.5	<0.1	10
01/10/16	Cerro	26	6.5	0.1	0.1	0.5-1.0	<0.1	1.5	<0.1	10
14/10/16	Cerro	26	6.5	0.2	0.01-0.025	<0.5	0.5	1.5	<0.1	10
13/09/16	Palma	26	6.0	0.1	<0.01	0.5-1.0	<0.1	0.8	<0.1	10
29/09/16	Palma	27	5.0	0.05	0.025	0.5-1.0	0.25	1.5	<0.1	10
18/10/16	Palma	26	6.0-6.5	0.1	<0.01	<0.5	<0.1	1.0	<0.1	10
10/11/16	Palma	26	5.0	0.1	<0.01	<0.5	<0.1	1.0	<0.1	10
17/11/16	Palma	26	6.5	0.1	<0.01	<0.5	0.25	0.2	<0.1	10
15/10/16	Tort.	25	7.0	0.2	0.2	1.0	0.5	0.2	0.1	10
05/11/16	Tort.	26	6.5	0.1	0.025	<0.5	<0.1	0.1	<0.1	10
12/11/16	Tort.	26	6	<0.05	<0.01	<0.5	0.5	0.05	<0.1	10

Tabla 3. 7: Calidad del agua de los estanques en las tres áreas. Datos de agua tomados una vez cada dos semanas.

3.2.2. Mapas de distribución

Los mapas de las figuras 3.8, 3.9 y 3.10 muestran la distribución visual y auditiva de la cantidad total de *Hylids* encontrados en cada fecha de la encuesta. Los mapas también muestran qué estanque vernal es el más popular entre *Hylids*. Un estanque muy azul significa que los coros de *Hylids* a menudo se encuentran cerca del estanque: El color indica la cantidad de estudios en los que *Hylids* fueron encontrados cerca del estanque. Además, el color rojo en los mapas muestra la cantidad de *Hylids* detectados visual y auditivo: Cuanto más oscuro el color, más *Hylids* fueron encontrados cerca de la misma ubicación. Los tres mapas muestran que los *Hylids* se agrupan alrededor de estanques y se oyen principalmente alrededor de fuentes de agua. En algunas áreas de Tortuguero el número de *Hylids* detectados cerca de uno al otro acústicamente fue más de 24 (la mayor cantidad alrededor de 54).

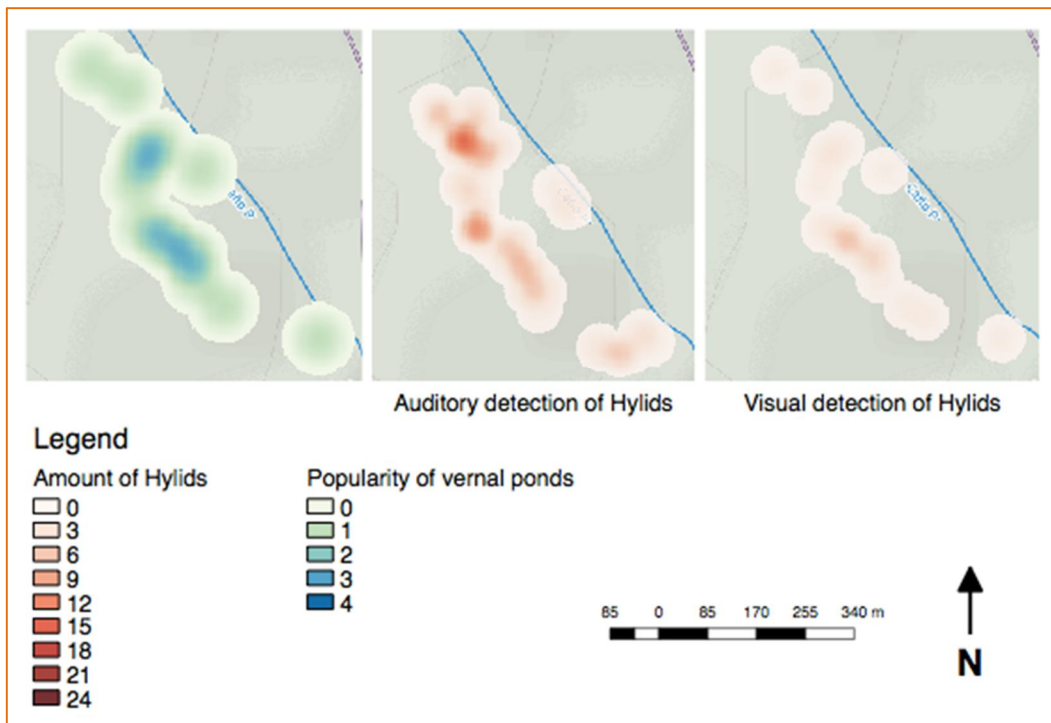


Figura 3. 8: Distribución de *Hylids* auditivos y visuales en Cáno Palma.

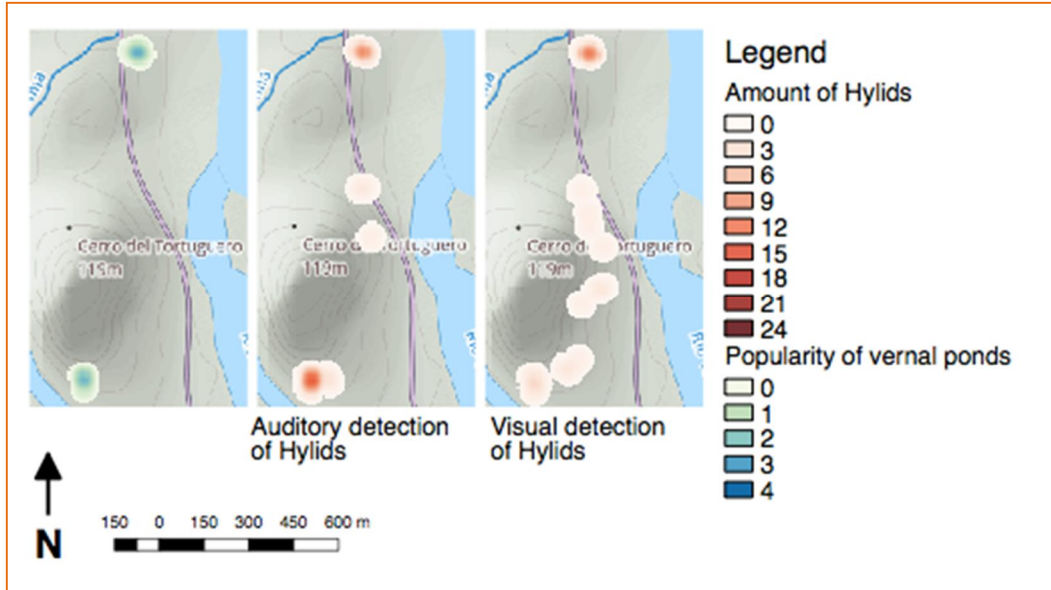


Figura 3.9: Distribución de *Hylids* auditivos y visuales en el Cerro.

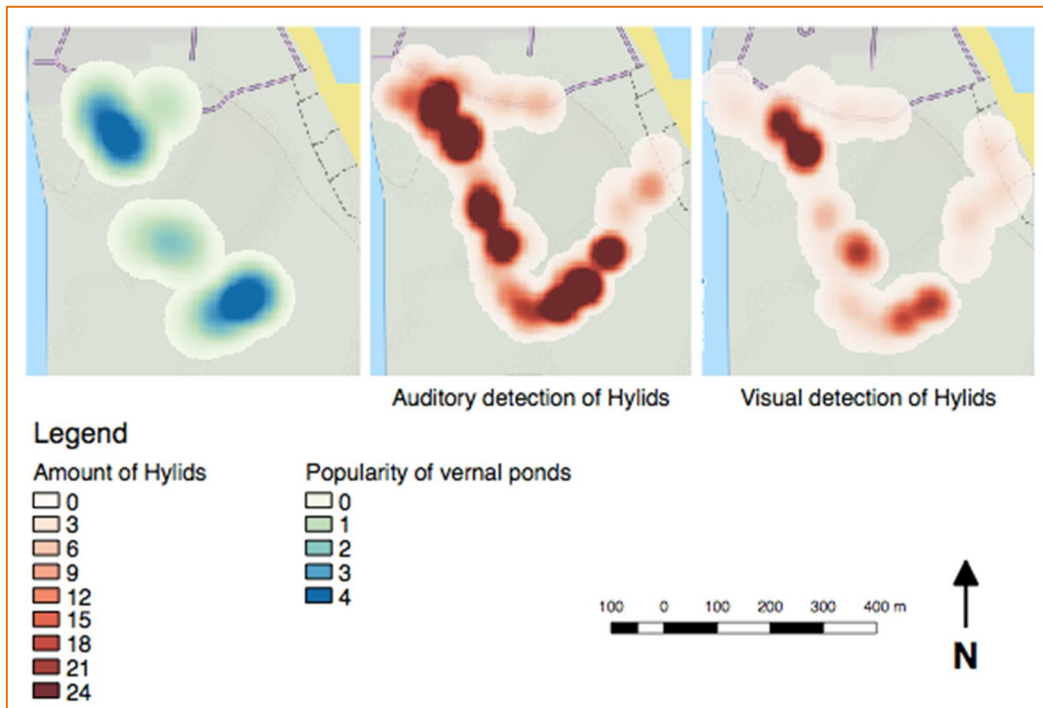


Figura 3.10: Distribución de *Hylids* auditivos y visuales en Tortuguero.

3.3. Sonidos de Hylid

Casi todas las especies de *Hylid* encontradas durante este estudio se llaman a frecuencias entre 500 y 2500Hz. *D.ebraccatus* llamó a un rango de frecuencias muy amplio de 0 a 10000Hz, con el sonido dominante de 3300 a 6600Hz. *A.callidryas* llamó a un rango de 500 a 2000Hz con

un sonido dominante en 1000 a 1500Hz. *H.rufitelus* y *S.baudinii* casi llamaban a las mismas frecuencias. *H.rufitelus* llamó a 700 a 2400 Hz y *S.baudinii* en 500 a 2500 Hz. El sonido dominante de ambos fue de 1000 a 2000/2100 Hz. *S.elaeochroa* llamado de 1300 a 1800Hz (Figura 3.8). El Apéndice 3 muestra los espectrogramas de las diferentes especies.

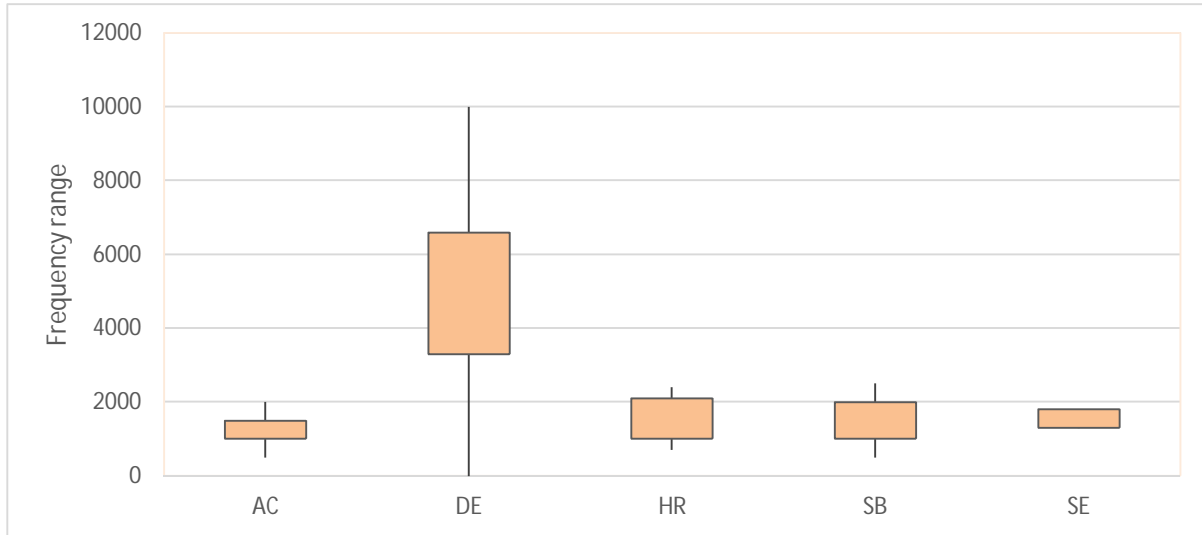


Figura 3. 11: Rango de frecuencia de la especie *Hylid*. Las abreviaturas de las especies son las siguientes: AC: *A.callidryas*, DE: *D.ebraccatus*, HR: *H.rufitelus*, SB: *S.baudinii*, y SE: *S.elaeochroa*.

4. Discusión y conclusiones

4.1. Selección de hábitat de las especies

El parque nacional de Tortuguero albergaba la mayoría de las especies *Hylid* y tenía la cantidad total más alta de *Hylids*. Se encontraron siete especies y se oyeron ocho en esta zona. En Caño Palma se encontraron cinco especies y se escucharon cuatro especies. En el Cerro sólo cuatro especies fueron encontradas y sólo tres de ellos fueron escuchados. 215 de los 266 *Hylids* fueron encontrados en Tortuguero y 589 fueron escuchados del 708. Esta preferencia se esperaba ya que el área es la única conocida por su bosque primario y secundario. Los resultados también encontraron que la calidad general del agua era mejor en el Parque Nacional que en las otras áreas.

Otros factores como el impacto humano podrían haber tenido un efecto sobre la abundancia de *Hylid* en las tres áreas también. El Cerro tiene un entorno relativamente concurrido. La música frecuente procedente de la aldea vecina podría competir con los varones que llamaban en las áreas, haciéndolos difíciles de oír para los socios que apareaban potenciales. Tortuguero también conoce ruidosos alrededores. Una cantidad notablemente menor de *Hylids* se encontraron en la frontera del bosque, al lado de la aldea. Este mismo efecto no se observó más en el bosque. Según estudios anteriores, los sonidos antropogénicos afectan diferencialmente la

tasa de llamadas de los anfibios: algunos anuranos disminuirán su tasa de llamada mientras que otros la incrementarán (Sun y Narins, 2004).

La humedad de las áreas podría haber tenido un efecto en la abundancia de la especie también. Tanto Tortuguero como Caño Palma eran generalmente zonas húmedas después de una fuerte precipitación, ya veces inundada. Caño Palma fue ligeramente más sensible a la lluvia que Tortuguero. El Cerro Sin embargo fue la zona más elevada, por lo que es la zona más seca de los tres. La lluvia que desembarcó en el Cerro iría a ras de las áreas circundantes con una elevación más baja. A veces el Cerro estaba tan seco que no había estanques para recolectar agua de los análisis de calidad del agua.

Otro factor que podría tener un efecto en la abundancia de *Hylid* es la presencia de peces en los cuerpos de agua. Los renacuajos de *Hylids* pueden servir como presa para los peces que habitan el área, dando por resultado una población más pequeña de la rana. En Caño Palma hay peces en los estanques semipermanentes. Es probable que estos peces llegaran a habitar el área después de inundar la zona con agua del canal. Caño Palma es la única zona donde frecuentemente se producen grandes inundaciones (Semlitsch y Gibbons, 1988).

4.2. Especies poblaciones y actividad

Se encontraron siete especies en total y se escucharon seis especies. *S.sordida* se detectó visualmente pero no acústicamente. Una razón posible para esto es que típicamente se reproducen al comienzo de la estación seca, mientras que el monitoreo se llevó a cabo desde el final de la estación seca hasta el comienzo de la estación lluviosa. Esto también podría explicar por qué se encontraron tan pocas especies.

En general, *H.rufitelus* fue el primero en ser activo durante el período de estudio, al final de la estación seca. Las especies recurrirían tanto a los días secos como a los intensos días lluviosos (Figura 3.1, 3.2 y 3.3). Sin embargo, se oyeron más *H.rufitelus* cuando aumentó la precipitación. Esta especie parecía tener una población abundante moderada en todas las áreas. Los machos visuales fueron encontrados en las tres áreas. Las hembras no se encontraron a menudo, lo que indica que los hombres comienzan a llamar a principios de la temporada. También se encontraron juveniles en el Cerro y Tortuguero mostrando que el apareamiento tuvo lugar.

A.callidryas fue la segunda especie que se activó durante el período de estudio, al final de la estación seca. Esta especie parecía estar más tranquila cuando otras especies se activaban. Esto es apoyado por el hecho de que *A.callidryas* llamado a la misma frecuencia que *S.elaeochroa*, *S.baudinii* y *H.rufitelus* (Figura 3.11). Al llamar a *S.elaeochroa*, la llamada de *A.callidryas* disminuyó (Figura 3.3), pareciendo que los dos compiten por el espacio sonoro. El sonido de *A.callidryas* es suave y su llamada contiene una nota corta y sencilla, lo que facilita la superación de otras especies. El 44% de los *Hylids* oídos en Tortuguero fueron *A.callidryas* declarando la población muy estable en la zona. La estabilidad de la población de *A.callidryas* en las otras dos

es cuestionable. Se encontraron machos y hembras de esta especie. Sin embargo, los juveniles eran más raros de encontrar, lo que indica que la especie no se aparea temprano en la temporada de lluvias o que vivían en lo alto de los árboles.

Por otra parte, los grupos de *S.baudinii* hicieron sonidos juntos y cuando se acercaron dejarían de llamar. La especie se activó después de una fuerte lluvia. No se encontraron juveniles de esta especie. Esto indica que el apareamiento no tiene lugar a principios de la temporada.

S.elaeochroa fue, con mucho, la especie más abundante en el área de Tortuguero. 70% de los *Hylids* detectados visualmente fueron *S.elaeochroa* y el 40% de los machos llamantes eran de esta especie. *A.callidryas* fue el 44% de la cantidad total de *Hylids* encontrado con detección auditiva. Sin embargo, el conteo de los machos *S.elaeochroa* llamantes era difícil. Esto se debió al hecho de que las personas no tomaron un descanso durante sus llamadas y coros a veces eran demasiado grandes y ruidosas para contar la cantidad exacta de individuos que participan. Los juveniles fueron encontrados temprano, demostrando que esta especie se apareó temprano en la estación.

Además, *D.ebraccatus* se activó durante las fuertes lluvias. *D.phlebodes* fue la última especie que se activó durante el período de estudio, al comienzo de la estación lluviosa. El tamaño de la población y el comportamiento de apareamiento de estas dos especies sigue siendo muy desconocido en las tres áreas.

4.3. Calidad del agua

Los resultados más alarmantes encontrados fueron la concentración de hierro y el bajo pH del agua en todas las áreas. Se encontró más hierro en los estanques situados en el Cerro y Caño Palma que en los estanques vernaes situados en Tortuguero. Una explicación para esto es que Caño Palma se inunda con agua rica en hierro del canal. El Cerro por otro lado es un área de drenaje que recoge el agua que corre por el viejo volcán. El agua que corre por la colina contiene una gran cantidad de sedimento que contiene hierro. Se sabe poco sobre la toxicidad de altas concentraciones de hierro en larvas de anfibios. Generalmente se ha pasado por alto como una toxina potencial para los anfibios. Sin embargo, investigaciones anteriores han demostrado que una alta concentración de hierro aumentó la tasa de mortalidad de larvas de la salamandra de Jefferson (Home & Dunson, 1994).

Un pH bajo también tiene un efecto negativo en las especies de anfibios. Estudios anteriores han demostrado que un pH inferior a 4,5 tiene un efecto significativo sobre la mortalidad embrionaria de ciertas especies de salamandras. La deposición ácida se ha sugerido como causa de un pH bajo comúnmente encontrado en los hábitats de los anfibios (Sadinski & William, 1992).

4.4. Dificultades

Otros factores que pudieron haber tenido un efecto en los resultados incluyeron inconsistencia del tiempo, sonidos similares y condiciones ásperas. Como se ve en la tabla 3.7 en la sección de resultados, la calidad del agua para el Cerro no siempre fue medida. Esto se debió al hecho de que a veces no se encontraron estanques en la zona debido a los períodos de sequía. Las similitudes de sonido de *D.ebraccatus* y *D.phlebodes* podrían haber tenido un efecto sobre los resultados también. A veces no estaba claro de qué especie provenía el macho que llamaba. La suposición se basó en datos visuales de los *Hylids*. Además, como resultado de un huracán, la reunión de datos tuvo que ser una semana más corta, lo que resultó en tres menos encuestas.

4.6. Conclusiones

El Parque Nacional de Tortuguero, el área que contiene una mezcla de bosque primario y secundario tenía la diversidad y abundancia más grande de *Hylid* de las tres áreas. El volcán extinto, el Cerro, tenía la menor cantidad de individuos. Estos hallazgos fueron encontrados con datos visuales y acústicos. Los datos visuales también mostraron que la proporción femenina y juvenil fue más alta en Tortuguero, lo que indica que las condiciones eran más aceptables para la cría que en los otros sitios de estudio. Además, el 75% de todos los *Hylids* encontrados visualmente, se encontraron sentados en una hoja, por lo que es su ubicación preferida.

Por otra parte, la precipitación tuvo un efecto significativo sobre la actividad de *Hylid*, pero la competencia sana entre las diferentes especies no fue significativamente probada. Sin embargo, los espectros muestran que la competencia sonora podría ser posible entre *A.callidryas*, *H.rufitelus*, *S.baudinii* y *S.elaeochroa*, porque sus llamadas existen en la misma gama de frecuencias. Además, los estanques vernaes en las tres áreas tenían un pH bajo de 5 a 6,5 y contenían altas concentraciones de hierro. Los resultados de la calidad del agua encontrados en el agua de Tortuguero fueron más positivos que los de otras áreas. Los mapas de distribución muestran que los *Hylids* se agrupan alrededor de estanques y se encuentran más a menudo cerca del agua. Esto también se muestra con los datos visuales sobre la distancia de los individuos a las fuentes de agua. La mayoría de los *Hylids* fueron encontrados cerca de la fuente de agua. En el Cerro la mayoría de los individuos fueron encontrados a más de veinte metros de una fuente de agua. Esto se debía a que la zona estaba muy seca y no tenía estanques.

Referencias

Boyer, R., & Grue, C. E. (1995). The need for water quality criteria for frogs. *Environmental Health Perspect* (April 1995), 4, P: 352-357. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

Collins, J. P., & Storer, A. (2003). Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions*, 9, P: 89-98. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Halliday, T. (2016). *The book of frogs: A life-size guide to six hundred species from around the world* (10th ed.). Lewes, United Kingdom: Ivy press.

JBL Testlab instruction book (2016). P. 28-53. Neuhofen, Germany: JBL

Hopp, S. L., Owren, M. J., & Evans, C. S. (1998). *Animal Acoustic Communication: Sound Analysis and Research Methods* (5th ed.). Berlin, Germany: Springer-verlag.

Home, M. T., & Dunson, W. A. (1994). Exclusion of the Jefferson salamander, *Ambystoma jeffersonianum*, from some potential breeding ponds in Pennsylvania: Effects of pH, temperature, and metals on embryonic development. *Arch Environ Contam Toxicol*, 27, P:323-330. New York, United States: Springer verslag.

Lewis, T., Grant, P., Quesada, M. G., Ryall, C., and LaDuke, T. C. (2010). A botanical survey of Caño Palma Biological Station (Estación Biológica Caño Palma), Tortuguero, Costa Rica. *BRENESIA*, P: 3-84. Retrieved from www.COTERC.org

Osborne, T., Morrison, C., & Morley, C. (2008). Habitat Selection and Phenology of the Fiji Tree Frog, *Platymantis vitiensis*: Implications for Conservation. *Herpetology*, 42, P: 699-707. Retrieved from www.jstor.org

Rödel, M. O., & Ernst, R. (2004). Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests. I. An evaluation of methods with recommendations for standardization. *Ecotropica*, 10, P: 1-14. Retrieved from www.researchgate.net

Sadinski, W. J., & Dunson, W. A. (1995). A Multilevel Study of Effects of Low pH on Amphibians of Temporary Ponds. *Herpetology*, 26, P: 413-422. Retrieved from www.jstor.org

Salinas, F. V. (2006). Breeding behavior and colonization success of the Cuban treefrog *Osteopilus septentrionalis*. *Herpetologica*, 62, P: 398-408. Retrieved from www.researchgate.net

Savage, J. M., & Heyer, W. R. (1969). The tree-frogs (Family Hylidae) of Costa Rica: diagnosis and distribution, 16, P: 1-127. Retrieved from www.ots.ac.cr

Semlitsch, R. D., & Gibbons, J. W. (1988). Fish predation in size-structured populations of treefrog tadpoles. *Oecologia*, 75, P: 326. doi:10.1007/BF00376932

Smith, R. K., & Sutherland, W. J. (2014). *Amphibian Conservation Evidence for the effects of interventions* (4th ed.). Exeter, United Kingdom: Pelagic Publishing.

Sun, J. W. C., & Narins, P. M. (2004). Anthropogenic sounds differentially affect amphibian call rate. *Biological Conservation*, 121, P 419-427. Retrieved from: www.elsevier.com/locate/biocon

UNDP Human Development Report 2015. "Table 1: Human Development Index and its components.". UNDP. Table 2.4 and Box 2.10 and 128.

Wells, K. D. (1977). The social behavior of anuran amphibians. *Animal Behaviour*, 25, P: 666-693. Retrieved from www.researchgate.net

Zimmerman, B. L. (1994). Audio strip transects. *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for amphibians*, P: 92-97. Washington & London, Smithsonian Institution Press

Apéndice 1: datos topográficos y meteorológicos

Tabla 1: Información general de la encuesta y datos meteorológicos.

Fecha	Hora	Lugar	Cubierto (%)	Lluvia (cm)
01/10/16	19:10-21:50	Cerro	0	0
04/10/16	19:10-21:45	Palma	100	3
25/10/16	19:25-21:15	Cerro	25	4
24/09/16	18:50-21:00	Palma	25	5
15/10/16	19:30-21:30	Tortuguero	75	11
15/09/16	19:10-21:30	Palma	100	14
08/10/16	19:40-21:15	Tortuguero	25	16
27/09/16	19:10-21:10	Cerro	75	24
05/11/16	19:20-22:20	Tortuguero	100	33
19/11/16	19:15-22:10	Tortuguero	100	89
29/09/16	19:10-21:00	Palma	0	0.2
08/11/16	19:10-21:45	Cerro	25	0.5
01/11/16	19:10-21:30	Cerro	75	0.6
13/09/16	19:00-21:00	Palma	75	0.8
03/11/16	19:00-21:30	Palma	50	0.8
06/10/16	19:45-21:15	Cerro	100	1.2
29/10/16	19:10-21:35	Tortuguero	0	1.3
10/11/16	19:00-21:55	Palma	75	1.3
20/10/16	19:00-21:20	Palma	50	1.8
11/10/16	19:35-21:15	Cerro	100	10.8
22/10/16	19:25-22:00	Tortuguero	100	11.2
15/11/16	19:05-21:05	Cerro	75	2.0
18/10/16	19:10-21:30	Cerro	100	23.5
22/09/16	19:40-21:45	Cerro	100	24.3
10/09/16	19:15-22:30	Cerro	50	27.7
13/10/16	19:05-21:05	Palma	100	4.6
12/11/16	19:30-22:20	Tortuguero	100	46.3
17/11/16	19:05-21:30	Palma	75	78.8
20/09/16	19:15-21:30	Cerro	100	82.2

Apéndice 2: Parámetros del agua

Tabla 1: Parámetro de calidad del agua para peces de agua dulce según JBL.

pH	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
NH4 (mg/l)	<0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	1.0	1.5	3.0	5.0					
NO2 (mg/l)	<0.01	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0					
NO3 (mg/l)	<0.5	1.0	5.0	10	20	40	80	160	240					
Fe (mg/l)	<0.02	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5					
PO4 (mg/l)	<0.02	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.2	1.8					
O2 (mg/l)	<0.2	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10							
Cu (mg/l)	<0.1	0.1	0.2	0.3	0.45	0.6	0.8	1.2	1.6					

	Bueno
	Aceptable
	Perjudicial

Tabla 2: Tabla para determinar la concentración de NH3 en agua usando la concentración de pH y NH4.

		NH4 (mg/l ppm)							
		0.1	0.2	0.4	0.8	1.2	2.0	3.0	5.0
pH	7.0								
	7.5								
	8.0								
	8.2								
	8.4								
	8.6								
	8.8								
	9.0								

	Podría ser perjudicial
	Perjudicial
	Podría ser letal
	Letal

Apéndice 3: Espectrogramas

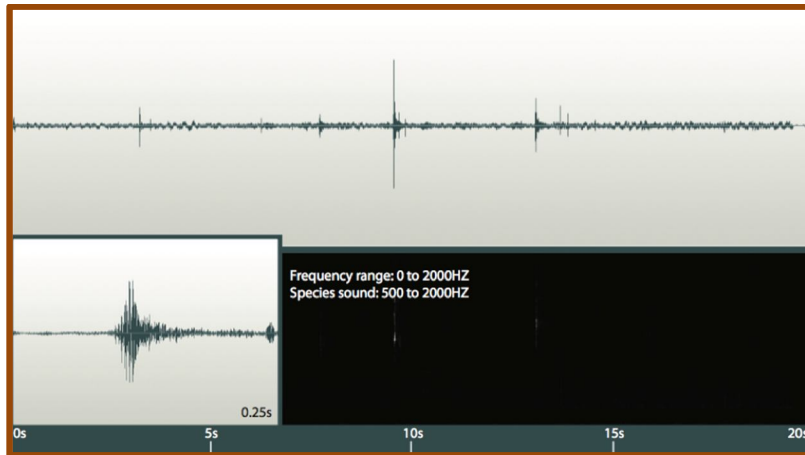


Figura 1: Espectrografía sonora de *A. callidryas* en un intervalo de tiempo de 20 segundos. Gama de frecuencia: 0-2000HZ. Sonido de especies: 500-2000HZ.

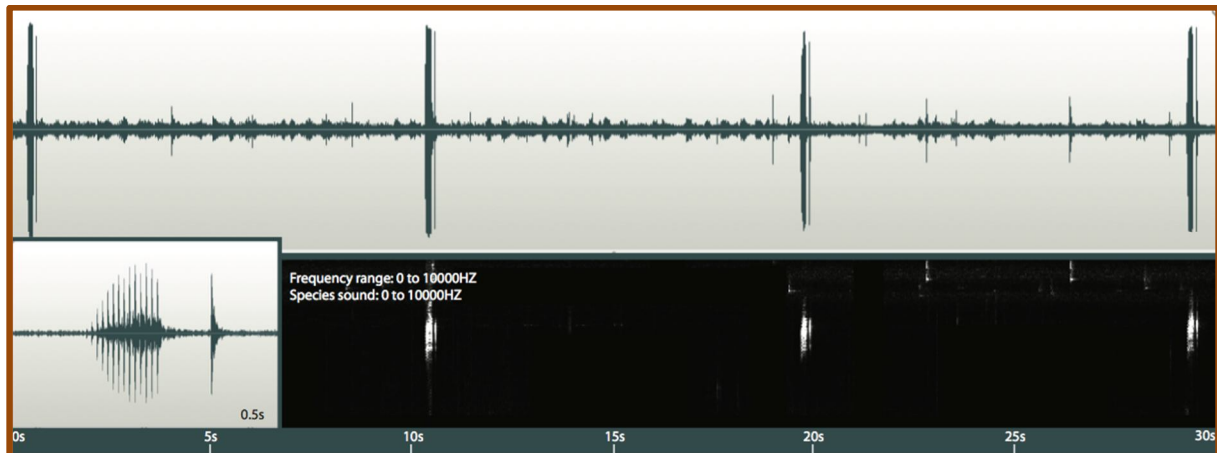


Figura 2: Espectrografía de sonido de *D. ebraccatus* en un intervalo de tiempo de 30 segundos. Gama de frecuencia: 0-10000HZ. Especies sonoras: 0-10000HZ.



Figura 3: Espectrografía sonora de *H.rufitelus* en un intervalo de tiempo de 30 segundos. Gama de frecuencia: 700-24000HZ. Sonido de especies: 700-2400HZ.

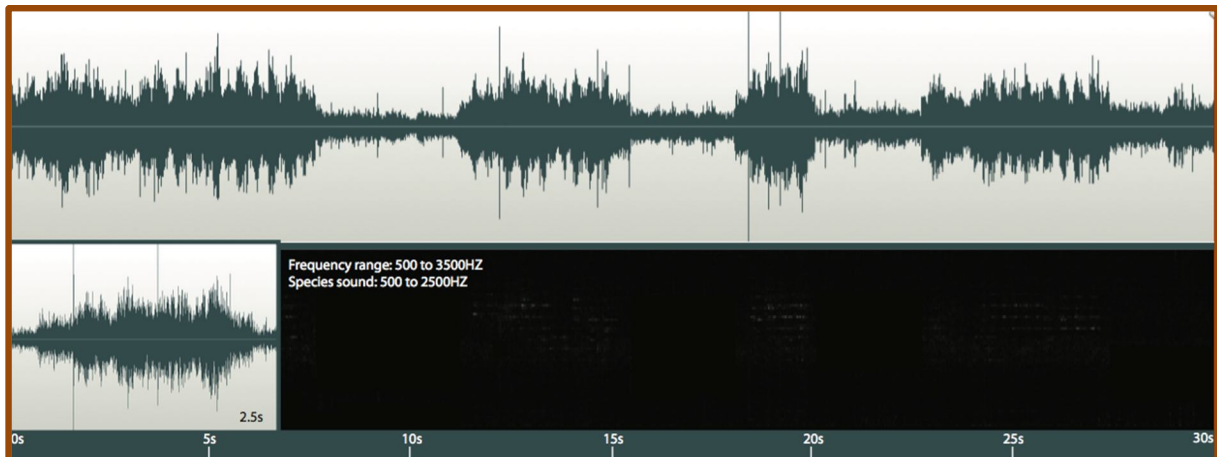


Figura 4: Espectrografía sonora de un grupo de *S.baudinii* en un intervalo de tiempo de 30 segundos. Gama de frecuencia: 500 - 3500HZ. Sonido de las especies: 500-2500HZ.

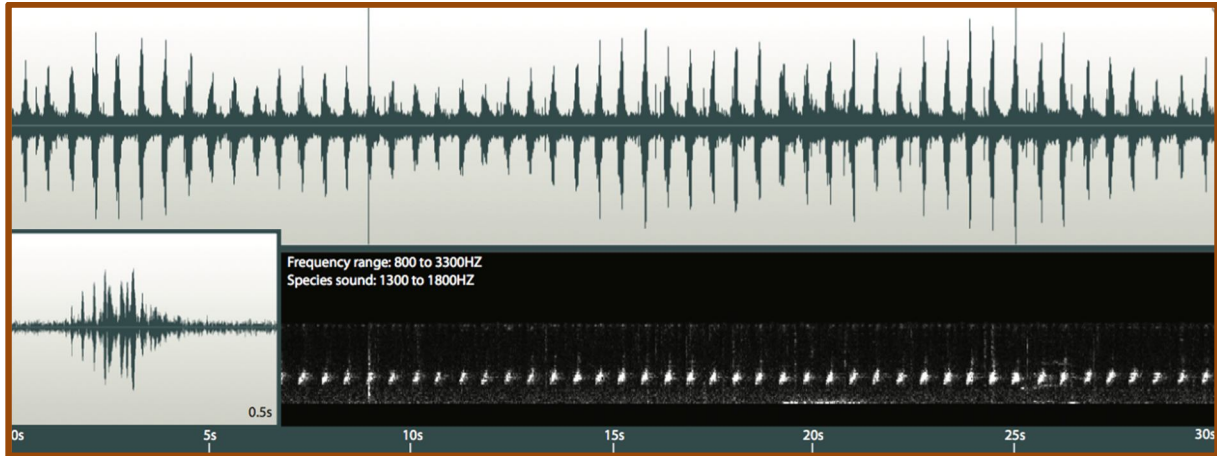


Figura 5: Espectrografía sonora de *S. elaeochroa* en un intervalo de tiempo de 30 segundos. Gama de frecuencia: 800- 3300HZ. Sonido de especies: 1300-1800HZ.