

## Diversidad, y el uso de hábitat y recursos de *Craugastors*

### Introducción

Las poblaciones de anfibios han estado disminuyendo desde los años setenta. Casi un tercio (32%) de las especies de anfibios en todo el mundo están amenazadas (Stuart et al., 2004). Una de las causas de esta disminución es el aumento de la radiación ultravioleta, que está causando daños a los huevos de los anfibios y que ha estado vinculada a la disminución de las poblaciones de anfibios (Alford & Richards, 1999). Otra es la introducción de peces depredadores que comen los huevos y reducen significativamente las poblaciones locales de ranas (Alford y Richards, 1999). Luego hay una modificación del hábitat, que es la causa más documentada. La eliminación del hábitat y el drenaje de los humedales afectan directamente a las poblaciones de ranas eliminando los sitios de reproducción y fragmentando las poblaciones, lo que aumenta la probabilidad regional de extinción (Alford & Richards, 1999). La última causa importante del declive de los anfibios es la enfermedad. El patógeno más preocupante es el hongo chirrido *Batrachochytrium dendrobatidis*. Ataca la piel de los anfibios post-metamórficos y causa la muerte al afectar la respiración cutánea y la osmorregulación. Se ha relacionado con la mortalidad masiva y la disminución de la población en todo el mundo (Beebee & Griffiths, 2005, Stuart et al., 2004).

Comprender la magnitud del problema y su naturaleza requiere comprender cómo los factores locales afectan la dinámica de las poblaciones locales (Alford & Richards, 1999). La relevancia de cada factor probablemente depende del tipo de hábitat y de las especies en cuestión, por lo que es crítico comprender los efectos sinérgicos complejos entre factores ambientales (Gardner, 2001). Hasta ahora se ha hecho poca investigación sobre el efecto de la hojarasca sobre las poblaciones de ranas en desarrollo directo. Por lo tanto, el monitoreo local del *Craugastor* será fundamental para entender la dinámica entre la hojarasca y el declive de las poblaciones de *Craugastor*.

El *Craugastoridae* es una familia de ranas que desarrollan directamente y que viven predominantemente en América Central. Esta familia contiene los géneros *Craugastor* y *Haddadus*, que están separados por distintas distribuciones como se puede ver en el apéndice 1. El *Craugastor* contiene 115 especies, mientras que el *Haddadus* tiene tres especies. Este *Craugastor* incluye algunas especies en peligro de extinción, como *Craugastor ranoides* (UICN, 2008) y *Craugastor persimilis* (UICN, 2008).

En investigaciones anteriores sobre ranas de hojas en Brasil se ha encontrado que las ranas en desarrollo directo son relativamente dominantes en la mayoría de las selvas tropicales neotropicales y que esto puede deberse a que no están limitadas por la disponibilidad de cuerpos de agua, teóricamente (Rocha et al., 2011). Sus ranas bebé son capaces de dispersarse dentro del bosque después de la eclosión de los huevos colocados en sustratos húmedos y debido a esta propagación más rápido que la otra especie de rana. Como resultado, la tasa reproductiva de las

ranas en desarrollo directo es mayor y la densidad de estas especies en relación con las ranas no directas en desarrollo apoyan esta afirmación (Rocha et al., 2011).

Debido a que los *Craugastors* son desarrolladores directos y no tienen una fase de renacuajo, no dependen de la lluvia ni de las piscinas vernaes para la reproducción, puesto que depositan sus huevos en la hojarasca. Por lo tanto, investigar el efecto de la hojarasca y la lluvia en la distribución y actividad de las ranas en el género *Craugastor* puede traer más información sobre el grado en que los anfibios dependen de la hojarasca y la lluvia en las etapas no reproductivas de sus ciclos vitales. En lo que respecta específicamente a los *Craugastors*, estudiar su preferencias de hábitat también puede ayudar a dilucidar si cualquier declinación observada en la población / comunidad debería atribuirse a la reducción del hábitat o si se trata de una disminución enigmática, (Stuart et al., 2004).

En este estudio se estudiarán los efectos de la hojarasca y la lluvia para el género *Craugastor*. Se monitorearon tres áreas con diferentes niveles de inundación, elevación y bosque primario y secundario. Estos fueron utilizados para medir las diferencias en la abundancia y la diversidad de *Craugastor* ranas entre estos factores. Se documentó la cubierta, la composición y la profundidad de la hojarasca. Investigaciones previas sugieren que la profundidad de la hojarasca tiene un efecto sobre la abundancia de ranas de hojarasca (Van Sluys et al., 2007). Estos factores de la hojarasca también pueden correlacionarse con la diversidad de especies de *Craugastor*. El hecho de que el *Craugastor* sea una rana en desarrollo directo sugiere que la disponibilidad de agua no debe afectar significativamente la diversidad en estas tres poblaciones. Por otra parte, los proyectos de investigación anteriores han encontrado que aquí es siempre una especie de *Craugastor* presente que es claramente más abundante que cualquier otra especie. Se esperaba encontrar esta disparidad en esta investigación también. Esta disparidad no es tan notable en otras familias de ranas (Folt & Reider, 2013, Whitfield et al., 2007, Urbina-Cardona, Olivares-Pérez y Reynoso, 2006).

## **Métodos**

### **2.1. Sitios de estudio**

La investigación para este estudio se llevó a cabo en Tortuguero, Costa Rica. Se utilizaron tres transectos para muestrear datos, cada uno en un sitio de estudio separado. Estos transectos fueron para capturar una variedad de disponibilidad de agua, tipos de bosque y elevaciones. Se necesitó un permiso del MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, 2016) para ingresar y realizar investigaciones en cada sitio de estudio.

#### **2.1.1. Bosque de Caño Palma**

El bosque de Caño Palma, situado justo al lado de la estación biológica Caño Palma, es una selva secundaria propensa a las inundaciones. El bosque está situado junto al Caño Palma, un río derivado de la Laguna Penitencia. Cuando el nivel del agua del río se eleva, debido a la lluvia o una gran afluencia de agua extranjera, el suelo del bosque se inunda debido a la proximidad al río. El transecto utilizado para esta investigación es principalmente fangoso con el crecimiento del sotobosque y la extensión del dosel a lo largo ya través de todo el transecto. Debido a los árboles y la mayoría de los dosel cerrado gran parte del suelo del bosque tiene una gruesa capa de hojarasca.

### 2.1.2. El Cerro

El Cerro es una selva secundaria intermitentemente abierta al ecoturismo. La zona está situada cerca del pueblo de San Francisco. Algunas casas bordean el área del bosque causando algunos disturbios a la fauna. Dado que el área cuenta con alguna infraestructura de ecoturismo, el transecto sigue un camino de hormigón elevado a través del Cerro, destinado al turismo. Dado que el camino ha sido construido recientemente el área todavía se está recuperando de la perturbación. El Cerro no alberga muchas piscinas vernaes, ya que es un hábitat elevado, y la pendiente del cerro drena toda la lluvia hasta el canal cercano.

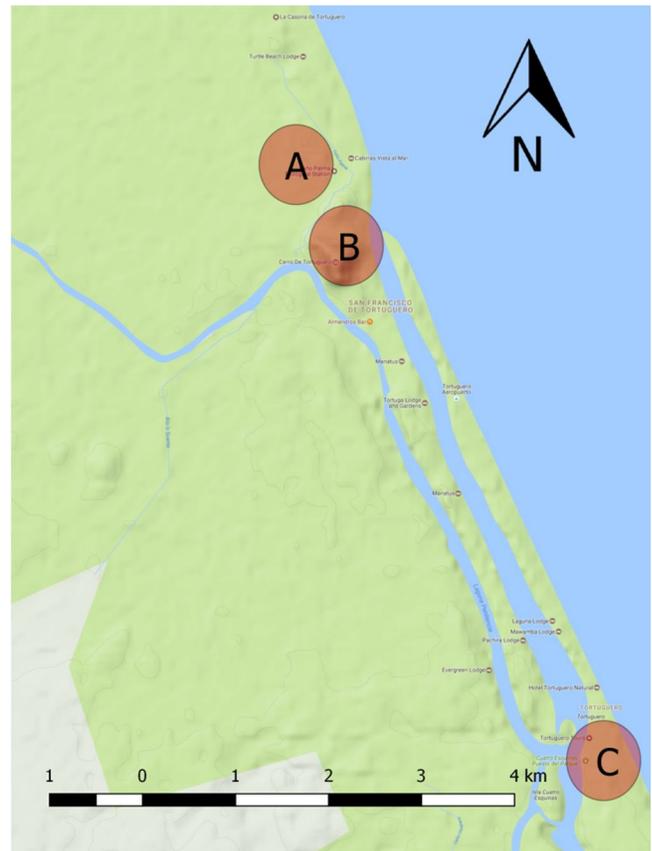
### 2.1.3. Parque Nacional Tortuguero

El Parque Nacional Tortuguero es un área protegida con acceso limitado y regulado. Contiene hábitat de bosque secundario y primario,

y alberga una gran cantidad de biodiversidad. El transecto está constituido por caminos de cobertura vegetativa variable. Con frecuencia hay charcos de agua presentes a lo largo del transecto. El parque está bordeado en tres lados, por una playa, un pueblo y un río. Aunque regulado hay inevitablemente alguna perturbación humana debido al ecoturismo, y la proximidad a la aldea cercana.

## 2.2. Métodos de muestreo

Del 10 de septiembre al 9 de diciembre de 2016 se realizaron encuestas nocturnas de reconocimiento visual para examinar los transectos de las ranas *Craugastor*. Las muestras se tomaron entre las 1900 y las 2300 horas. Durante las encuestas de dos a un máximo de cinco



**Figura 2.1:** Lugares de estudio: Caño Palma (A), Cerro (B) y Parque Nacional Tortuguero (C)

topógrafos caminó lentamente a lo largo de un transecto predeterminado para cada sitio de estudio; Sin embargo, la mayoría de las encuestas se realizaron con un equipo de tres inspectores para minimizar la perturbación. Se registraron todos los individuos que eran visibles del transecto y se tomaron datos para ellos. El primer mes, del 10-09-2016 al 08-10-2016, sólo se tomaron muestras del bosque de Caño Palma y del Cerro. Esto se debió a un retraso en la aprobación del permiso para entrar en el Parque Nacional Tortuguero.

### **2.2.1. Basura de hojas**

Cada vez que se encontró un *Craugastor* la cubierta de la hoja, se midió la composición de la hojarasca y la profundidad de la hojarasca en el sitio. La cobertura foliar se midió en las clases de cuánto del suelo del bosque se cubría con camada de hojas: 0, 25, 50, 75 o 100 por ciento. La composición de la hojarasca se midió en la abundancia real de hojas en la hojarasca versus otros materiales presentes en la hojarasca. Esto también se midió en clases de 0, 25, 50, 75 y 100 por ciento. La profundidad de la hojarasca se midió en centímetros con una pequeña cinta de medidor en un lugar que era representativo del suelo del bosque que rodea el *Craugastor* por cerca 30 cm.

### **2.2.2. Abundancia, diversidad y distribución**

Para evaluar la diferencia en la abundancia, la diversidad y la distribución de los sitios de estudio de las coordenadas GPS y la precisión se registraron con cada *Craugastor* encontrado en la encuesta. Las coordenadas y la precisión se utilizaron para hacer un mapa de la distribución con el programa QGIS 2.18.1 (Open Source Geospatial Foundation, 2016).

### **2.2.3. Lluvia**

Para ver si la precipitación tuvo un efecto sobre la abundancia, diversidad y distribución, la cantidad de lluvia se midió cada día en la estación.

## **2.3. Análisis estadístico**

Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el programa PSP Statistics (GNU Operating System, 2016). La significación se determinó utilizando un intervalo de confianza del 95%, un valor de  $p$  de 0,05.

### **2.3.1 Hojarasca**

La cobertura de la hoja (LC) se expresó en el porcentaje de cada 30 cm de radio cubierto por la hojarasca en clases de 0, 25, 50, 75 y 100. La hipótesis nula fue: "No hay diferencia en la abundancia o diversidad de las ranas *Craugastor* Entre las diferentes clases de cobertura foliar." La hipótesis alternativa fue: " Existe una diferencia en la abundancia o diversidad de las ranas *Craugastor* entre las diferentes clases de cobertura foliar." Estas hipótesis fueron probadas usando la prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado.

La composición de la camada de hojas (LLC) se expresó en el porcentaje de hojas de cama que se compone de hojas reales en las clases de 0, 25, 50, 75 y 100. La hipótesis nula fue: "No hay diferencia en la abundancia o la diversidad de las ranas de *Craugastor* entre diferentes clases de composición de las hojas." La hipótesis alternativa fue: "Existe una diferencia en la abundancia o diversidad de las ranas de *Craugastor* entre las diferentes clases de composición de las hojas." Prueba de bondad de ajuste.

La profundidad de la hojarasca (LLD) se expresó en centímetros de la profundidad de la hojarasca medida desde el suelo. La hipótesis nula fue: "No hay diferencia en la abundancia o diversidad de las ranas *Craugastor* entre las diferentes profundidades de la hojarasca". La hipótesis alternativa fue: "Existe una diferencia en la abundancia o diversidad de las ranas *Craugastor* entre diferentes profundidades de la hojarasca." Estas hipótesis fueron probadas usando el prueba MANOVA entre todos los factores.

### **2.3.2 Abundancia, diversidad y distribución**

La abundancia se expresó en la cantidad absoluta de individuos de ciertas especies presentes en los sitios de estudio. La hipótesis nula para la abundancia en los sitios de estudio fue: "No hay diferencia en la abundancia de *Craugastor* ranas entre los diferentes sitios de estudio." La hipótesis alternativa fue: "Hay una diferencia en la abundancia de *Craugastor* ranas entre los diferentes sitios de estudio. Para probar estas hipótesis se utilizó un ANOVA unidireccional.

La diversidad se expresó en la cantidad absoluta de especies por sitio de estudio. La hipótesis alternativa para la diversidad fue: "No hay diferencia en la diversidad de las ranas *Craugastor* entre los diferentes sitios de estudio". La hipótesis alternativa fue: "Existe una diferencia en la diversidad de las ranas *Craugastor* entre los diferentes sitios de estudio". Mediante una prueba de ANOVA, comparando la diversidad entre los sitios de estudio

La abundancia se expresó en la cantidad de individuos por especie por m<sup>2</sup>. La hipótesis alternativa fue: "No existe diferencia en la distribución de las ranas *Craugastor* entre los diferentes sitios de estudio". La hipótesis alternativa fue: "Hay una diferencia de ranas *Craugastor* en la distribución entre los diferentes sitios de estudio". Se utilizó una prueba de "t."

### **2.3.3 Precipitaciones**

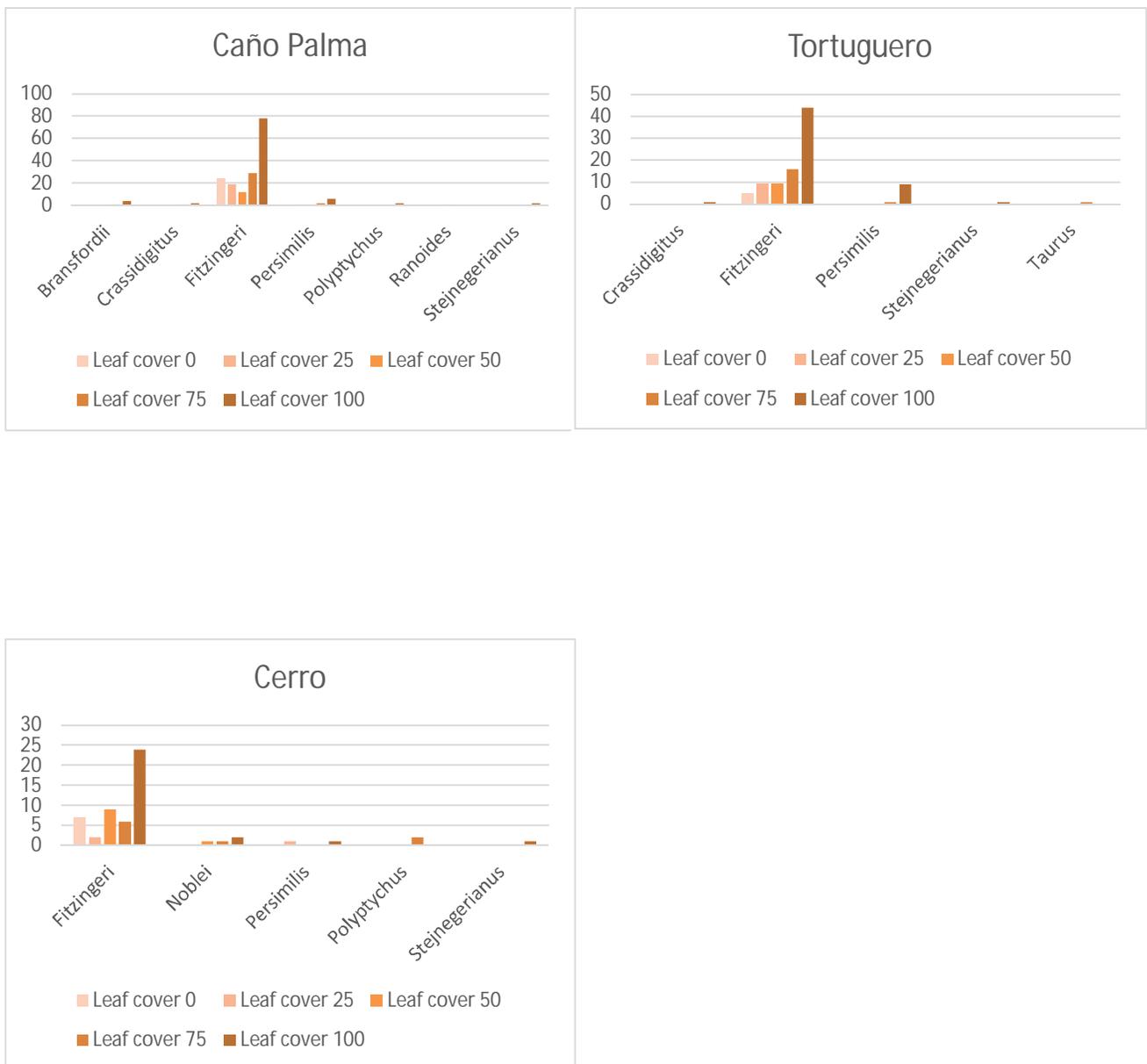
La precipitación se expresó en centímetros de lluvia por día. La hipótesis nula fue: "No hay diferencia en la abundancia, diversidad o distribución de las ranas *Craugastor* entre diferentes cantidades de lluvia". La hipótesis alternativa fue: "Hay una diferencia en la abundancia o diversidad de ranas *Craugastor* entre diferentes cantidades de lluvia". Una prueba de regresión lineal múltiple entre todos los factores se utilizó para probar estas hipótesis.

## **3. Resultados**

### 3.1 Hojarasca

#### 3.1.1 Cubierta de la hoja

La cobertura foliar del 100 por ciento tuvo la mayor abundancia de ranas *Craugastor* en cada sitio de estudio con 189 individuos presentes en total. Todos los sitios de estudio tenían un porcentaje diferente de cobertura foliar en el que la abundancia de *Craugastor* frogs era la más baja (Figura 3.1.1). Hubo significativamente más ( $p < 0,05$ ) individuos presentes en una cobertura foliar de un 100 por ciento que en los otros porcentajes de cobertura foliar en total y para cada sitio de estudio.



**Figura 3.1.1:** La cantidad de especies de *Craugastors* presentes en diferentes porcentajes de cobertura foliar en cada sitio de estudio

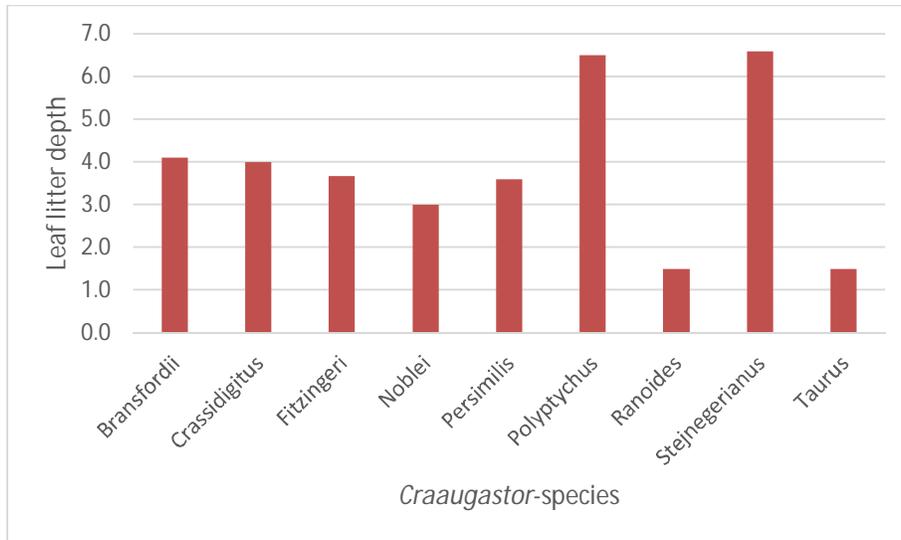
Las coberturas foliares de 100 y 75 por ciento tuvieron la mayor diversidad de ranas *Craugastor* con siete especies cada una. La cobertura foliar del 0 por ciento tuvo la menor diversidad en las ranas *Craugastor* con una especie (Tabla 3.1.1). La cobertura foliar del 100 por ciento tenía los porcentajes más altos de todas las especies presentes, excepto el *polytychus*, que estaba dividido uniformemente entre 75 y 100 por ciento, y los *ranoides* que sólo se encontraron en una cobertura foliar de 50 por ciento (Tabla 3.1.1. ). Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los porcentajes de cobertura foliar y la cantidad de especies de *Craugastor* presentes.

**Tabla 3.1.2:** Los porcentajes de especies de *Craugastor* presentes en diferentes porcentajes de cobertura foliar.

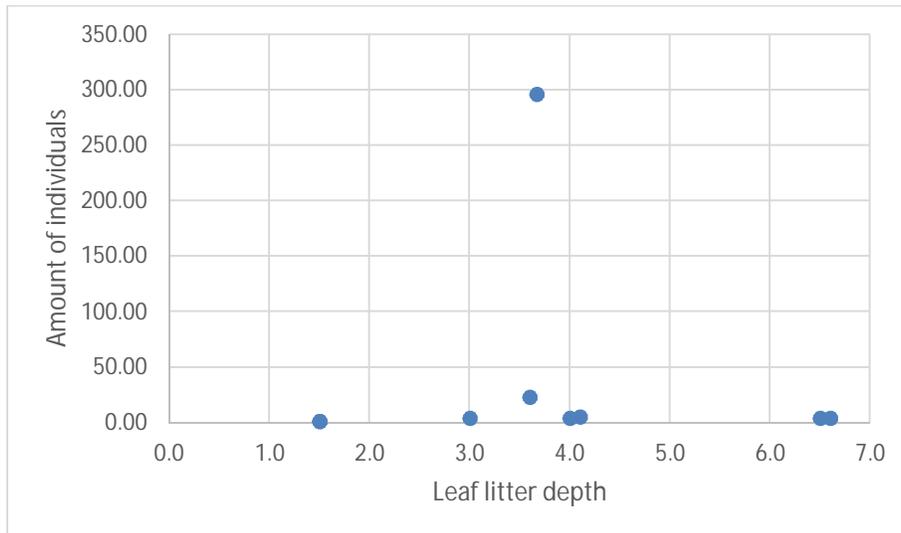
| Leaf composition/ Species | <i>Bransfordii</i> (%) | <i>Crassidigitus</i> (%) | <i>Fitzingeri</i> (%) | <i>Noblei</i> (%) | <i>Persimilis</i> (%) | <i>Polytychus</i> (%) | <i>Ranoides</i> (%) | <i>Stejnegerianus</i> (%) | <i>Taurus</i> (%) |
|---------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| Leaf composition 0        | 0,0%                   | 0,0%                     | 12,7%                 | 0,0%              | 4,5%                  | 0,0%                  | 0,0%                | 0,0%                      | 0,0%              |
| Leaf composition 25       | 20,0%                  | 0,0%                     | 10,2%                 | 0,0%              | 0,0%                  | 0,0%                  | 0,0%                | 25,0%                     | 0,0%              |
| Leaf composition 50       | 0,0%                   | 0,0%                     | 9,5%                  | 0,0%              | 4,5%                  | 0,0%                  | 0,0%                | 0,0%                      | 0,0%              |
| Leaf composition 75       | 0,0%                   | 0,0%                     | 14,2%                 | 25,0%             | 27,3%                 | 0,0%                  | 0,0%                | 0,0%                      | 100,0%            |
| Leaf composition 100      | 80,0%                  | 100,0%                   | 53,5%                 | 75,0%             | 63,6%                 | 0,0%                  | 0,0%                | 75,0%                     | 0,0%              |

### 3.1.3 Profundidad de la hoja

La especie *stejnegerianus* se encontró en la hojarasca más profunda con una profundidad promedio de 6,6 cm. Las especies que se encontraron en la hojarasca menos profunda fueron los *ranoides* y los *taurus* con una profundidad promedio de hojarasca de 1,5 cm (Figura 3.1.3.1). Las especies de *polytychus* y *stejnegerianus* difirieron significativamente ( $p < 0,05$ ) de las especies *fitzingeri*, *noblei*, *persimilis*, *ranoides* y *taurus* en la profundidad de la hojarasca. Los *ranoides* y *taurus* se diferenciaron significativamente ( $p < 0,05$ ) entre todas las especies, excepto una por la otra. Alrededor de 3,5 cm de profundidad se encontró la mayor cantidad de individuos, una cantidad de 296 individuos. No se encontró correlación significativa ( $p > 0,05$ ) entre la cantidad de individuos y la profundidad de la hojarasca en la que se encontraron (Figura 3.1.3.2).



**Figura 3.1.3.1:** Profundidad media de la hojarasca de las diferentes especies de *Craugastor*



**Figure 3.1.3.2:** Leaf litter depth is plotted with the amount of *Craugastors*

## 3.2 Abundancia, diversidad y distribución

### 3.2.1 Abundancia y diversidad

La cantidad de *Craugastors* fue más alta en el bosque de Caño Palma con 189 individuos. El Cerro tenía la menor cantidad de individuos con 57 (Tabla 3.2.1). Hubo significativamente más ( $p < 0,05$ ) individuos documentados en el bosque de Caño Palma que el Parque Nacional Tortuguero y el Cerro. El *fitzingeri* fue el más encontrado ( $p < 0,05$ ) en cualquier sitio del

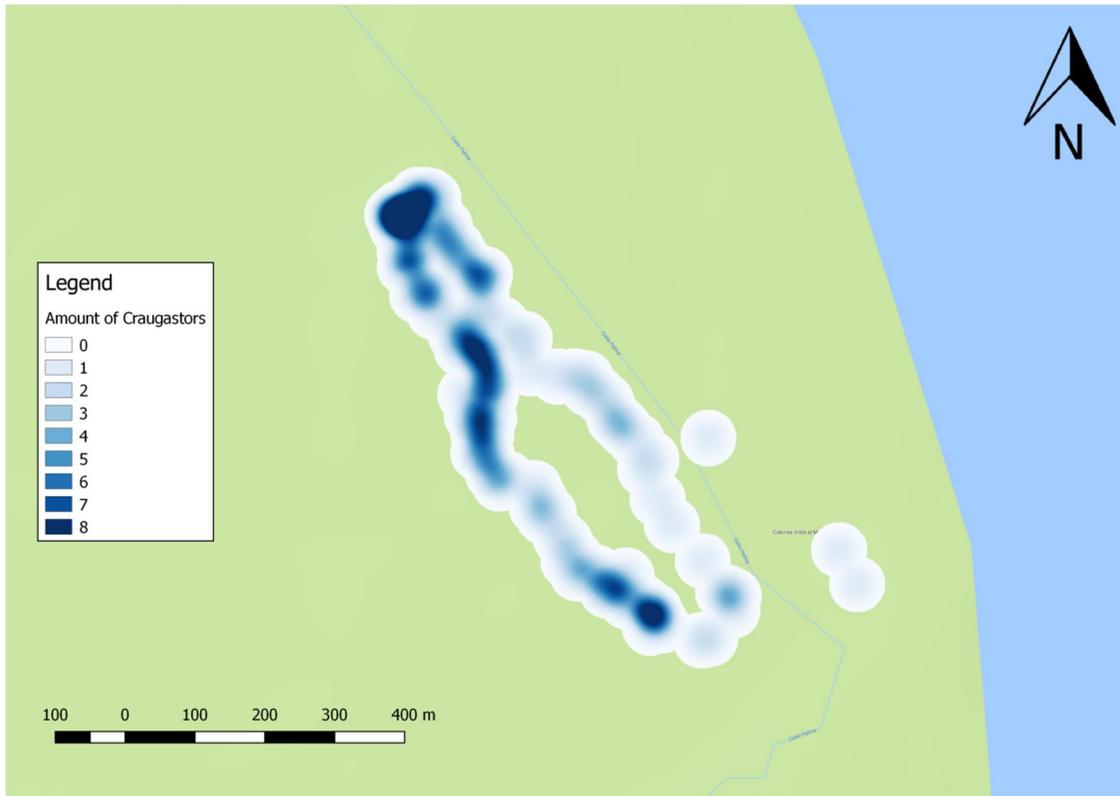
estudio, con porcentajes superiores al 80%. También fueron las especies más comunes en general con una cantidad total de 296 individuos. Los *Craugastor taurus* y *ranoides* eran las especies más raras con sólo un individuo de cada uno encontrado. Los *ranoides* se encontraron en el Cerro y el *taurus* fue encontrado en el Parque Nacional Tortuguero (Tabla 3.2.1). En el Parque Nacional Cerro y Tortuguero se identificaron cinco especies diferentes. En el bosque de Caño Palma este número era de siete (Tabla 3.2.1). No se encontró diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en la cantidad de especies presentes entre los sitios de estudio.

| Species/Location      | Cerro | Percentage | Caño Palma | Percentage | Tort. Park | Percentage |
|-----------------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Bransfordii</i>    | 0     | 0,0%       | 5          | 2,6%       | 0          | 0,0%       |
| <i>Crassidigitus</i>  | 0     | 0,0%       | 3          | 1,6%       | 1          | 1,0%       |
| <i>Fitzingeri</i>     | 48    | 84,2%      | 165        | 87,3%      | 83         | 86,5%      |
| <i>Noblei</i>         | 4     | 7,0%       | 0          | 0,0%       | 0          | 0,0%       |
| <i>Persimilis</i>     | 2     | 3,5%       | 11         | 5,8%       | 10         | 10,4%      |
| <i>Polyptychus</i>    | 2     | 3,5%       | 2          | 1,1%       | 0          | 0,0%       |
| <i>Ranoides</i>       | 0     | 0,0%       | 1          | 0,5%       | 0          | 0,0%       |
| <i>Stejnegerianus</i> | 1     | 1,8%       | 2          | 1,1%       | 1          | 1,0%       |
| <i>Taurus</i>         | 0     | 0,0%       | 0          | 0,0%       | 1          | 1,0%       |
| <b>Total</b>          | 57    | 100,0%     | 189        | 100,0%     | 96         | 100,0%     |

**Cuadro 3.2.1:** Cantidad de individuos agrupados en especies y porcentajes de especies por ubicación.

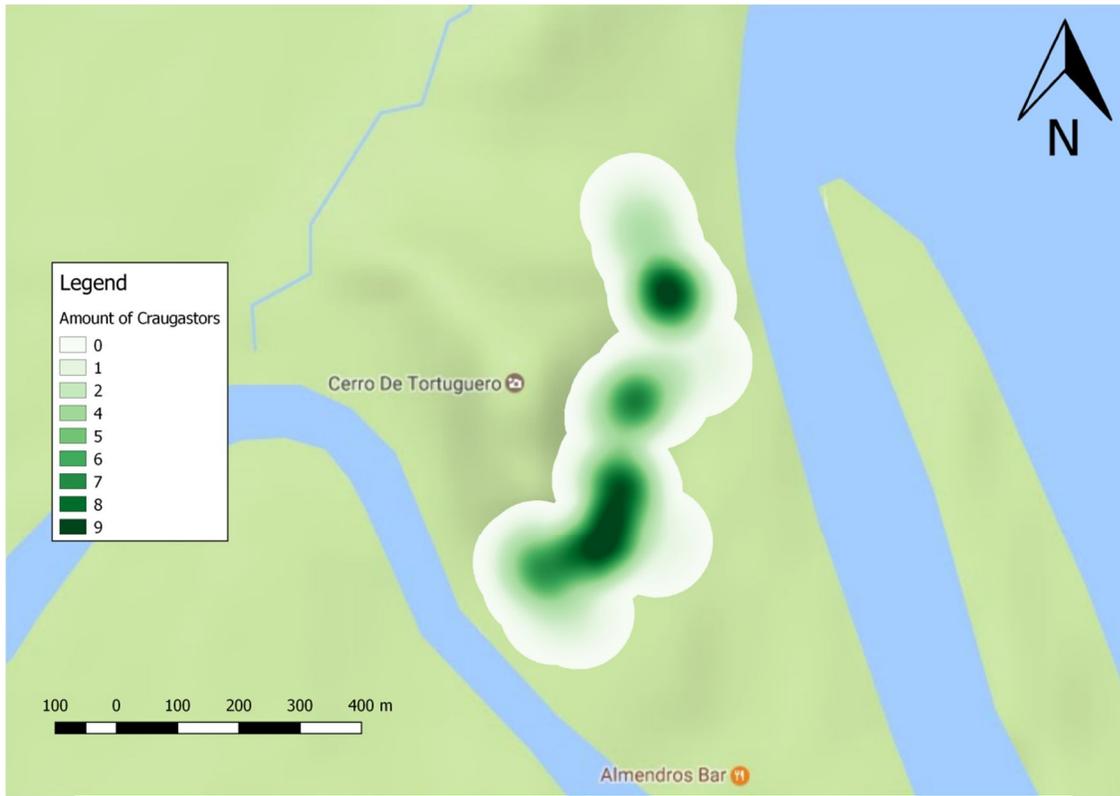
### 3.2.2 Distribución

El sitio de estudio forestal de Caño Palma tuvo la mayor densidad de individuos con 12 individuos por 100 m<sup>2</sup>. El sitio de estudio Cerro fue el segundo con 7 individuos por 100 m<sup>2</sup> y el Parque Nacional Tortuguero tuvo la menor densidad con 6 individuos por 100 m<sup>2</sup>. Los individuos registrados en el bosque de Caño Palma se distribuyeron casi uniformemente a lo largo del transecto (Figura 3.2.2.1). Hubo pequeñas concentraciones de individuos en el norte del transecto y se concentraron menos en el este del transecto, a lo largo del río Caño Palma.



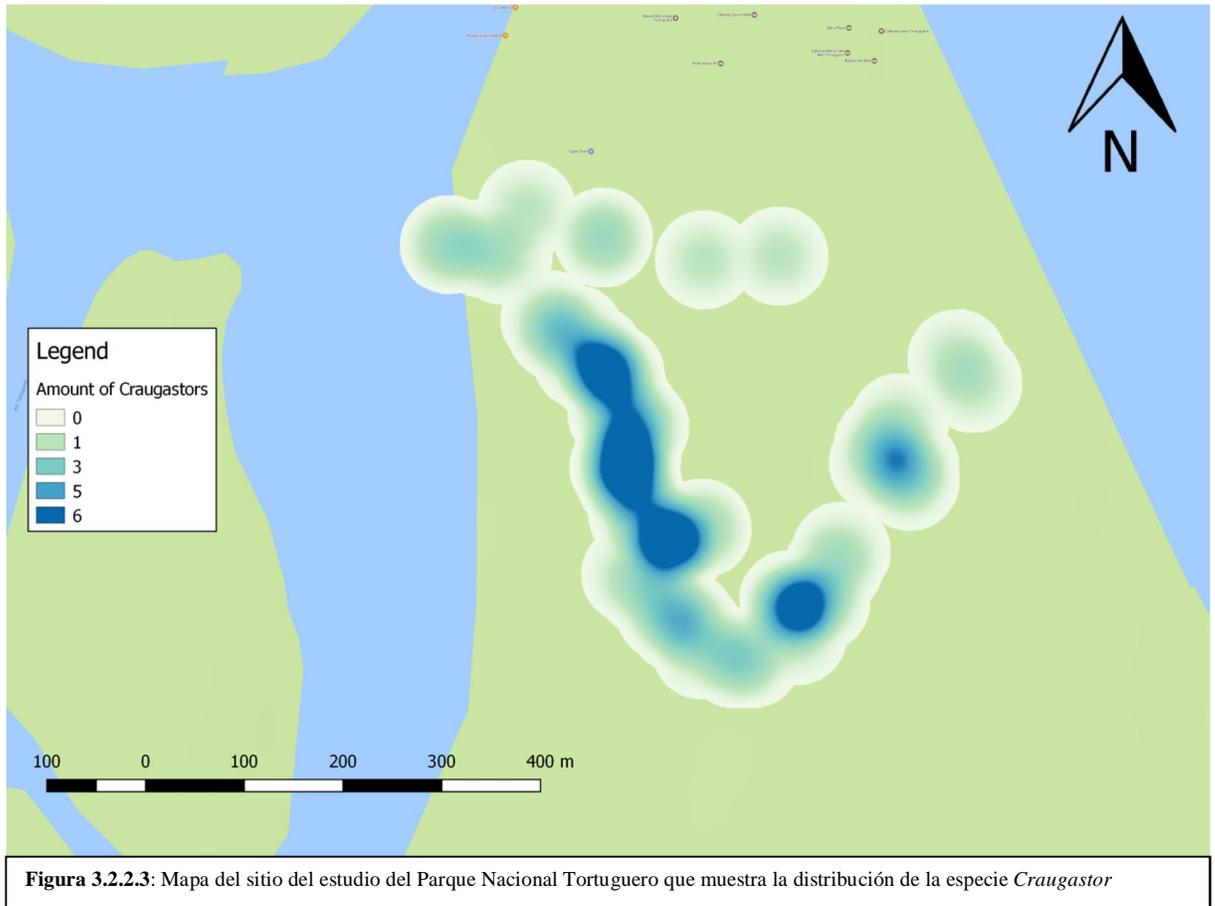
**Figura 3.2.2.1:** Mapa del sitio de estudio forestal de Caño Palma que muestra la distribución de *Craugastor* encuentros

Los individuos registrados en el Cerro se agrupan a lo largo del transecto. Los racimos se concentran principalmente en el Norte y el Sur del transecto (Figura 3.2.2.2).



**Figura 3.2.2.2:** Un mapa del sitio de estudio de Cerro que muestra la distribución de *Craugastor* encuentros

Los individuos registrados en el Parque Nacional Tortuguero se concentraron principalmente en el sur del transecto. Casi no hubo individuos registrados en el Norte del transecto (Figura 3.2.2.3).



### 3.3 Precipitaciones

La mayor cantidad de lluvia se documentó el 20-9-2016, con una cantidad de 72,8 centímetros. No hubo precipitaciones documentadas el 1, 6, 20 y 29 de octubre; El 8 de noviembre y el 3 y 6 de diciembre (Figura 3.3.1). La mayor cantidad de ranas se encontró en 5-11-2016, con 30 individuos. La menor cantidad de ranas fue documentada el 6-10-2016, con un individuo (Figura 3.3.2). No se encontró diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en la cantidad de ranas *Craugastor* entre diferentes cantidades de lluvia.



en la metamorfosis, la tasa de supervivencia durante la fase larvaria y un acortamiento de la etapa larvaria misma (Stephen, Berven & Tiegs, 2013). Lo que provoca un aumento de la abundancia en lugares con alta cobertura foliar, explicando la diferencia de abundancia entre las coberturas de hojas.

Una composición de hojarasca del 100 por ciento tuvo la mayor abundancia de *Craugstor* ranas, con 174 individuos. En una composición de 50 litros de hojas la menor abundancia de *Craugstor* se encontró, con 27 individuos. Todas las ranas con más de una observación tuvieron 50% o más de todos los individuos encontrados presentes en una composición de hojarasca de 100 por ciento. De acuerdo con estos resultados, el género *Craugstor* es más abundante en la hojarasca que consiste enteramente en hojas que en cualquier otra composición de hojarasca. En investigaciones previas se encontró que la composición de la hojarasca tenía un efecto significativo en la abundancia de ranas así como en la riqueza de especies (Van Sluys et al., 2007). Lo que explicaría la gran cantidad de ranas presentes en la hojarasca con el mayor porcentaje de hojas.

El *stejnegerianus* se encontró en la camada media más profunda de las hojas y el *polyptychus* como segundo cercano, con 6.6 y 6. cm. Los *ranoides* y *taurus* se encontraron en la hojarasca menos profunda, ambas con una profundidad de 1,5 cm. Alrededor de 3,5 cm de profundidad se encontró la mayor cantidad de individuos, una cantidad de 296 individuos. Investigaciones anteriores indican que cuanto más profunda es la hojarasca, más ranas contiene, incluso llegando a afirmar que la probabilidad de que una rana se encuentre en alguna parte se incrementa en un 26% con cada centímetro de profundidad de hojarasca (Van Sluys et al. 2007, Rittenhouse & Semlitsch, 2007). Los resultados no sugieren esto, ya que hay un claro aumento en la abundancia de *Craugstor* ranas en torno a 3,5 cm de profundidad de la hojarasca y no se encontró correlación entre la abundancia y la profundidad de la hojarasca. Parece haber un retorno negativo en abundancia cuando la hojarasca es más profunda que 3,5 cm. Esto puede ser debido a la abundancia de depredadores aumenta con la profundidad de la hojarasca también.

## 4.2 Abundancia, diversidad y distribución

La abundancia de *Craugstor* ranas fue la más grande en el bosque de Caño Palma con 189 individuos, que es el sitio de estudio más húmedo de los tres. El Cerro tuvo la menor abundancia con 57 individuos, que fue el más seco de los tres sitios de estudio. La abundancia de *Craugstor* ranas fue significativamente mayor que la de los otros dos sitios de estudio. Esto significa que un área con inundación tiene un efecto positivo en la abundancia, que no es lo que se esperaba. La investigación anterior encontró que cuando las áreas estaban mojadas la abundancia de ranas era más pequeña que cuando las áreas estaban secas (Toft, 1980). Se dijo que la población de artrópodos era mayor cuando las áreas estaban secas, mientras que no había gran diferencia entre las áreas húmedas y secas en la abundancia de ranas y artrópodos. Esto sugirió que en lugar de responder a la disponibilidad de agua las ranas responderían a la abundancia de alimentos (Toft, 1980). Estos hallazgos contrastan los resultados de esta investigación.

El bosque de Caño Palma tuvo la mayor diversidad de especies con siete especies, aunque la diversidad fue proporcionalmente baja, siendo el 87,3% de la población de *Craugstor* la especie *fitzingeri*. El *fitzingeri* fue predominantemente dominante en todos los sitios de estudio. La diversidad no fue afectada por el sitio de estudio, pero hubo diferencias en la diversidad entre

especies. En investigaciones recientes, el *bransfordii* fue la especie más frecuentemente encontrada con una abundancia relativamente grande en comparación con todas las otras especies (Folt & Reider, 2013). Esto y los resultados de esta investigación corresponden con la hipótesis de que cuando se trata de *Craugastor* ranas hay una especie que es en gran medida más abundante que todas las demás especies.

El bosque de Caño Palma también tuvo la mayor cantidad de ranas documentadas por 100 m<sup>2</sup>, con 12 ranas / 100m<sup>2</sup>. Con el Cerro teniendo siete y el Parque Nacional Tortuguero con 6 ranas / 100m<sup>2</sup> Caño Palma tiene el doble de la densidad de *Craugastor* ranas que los otros sitios de estudio. A pesar de que las densidades en el Parque Nacional Cerro y Tortuguero son la mitad de las del bosque de Caño Palma corresponden más con hallazgos en estudios previos sobre la densidad de *Craugastoridae* (Siquiera et al., 2014, Rocha et al. 2013). La razón de esta densidad anormal puede deberse a que el transecto forestal de Caño Palma es muy compacto y ofrece un montón de hábitat natural para que las ranas residan en. Mientras que el transecto de Cerro es también compacto el impacto humano y la perturbación es más prominente, Disminución de la densidad. El transecto del Parque Nacional Tortuguero debe ser rico en biodiversidad, pero debido a que hay una moderada cantidad de alteración humana y el transecto es muy amplio, la densidad puede haber sido afectada.

### 4.3 Precipitaciones

La mayor cantidad de lluvia se documentó el 20-9-2016, con una cantidad de 72,8 centímetros. No hubo precipitaciones documentadas el 1, 6, 20 y 29 de octubre; El 8 de noviembre y el 3 y 6 de diciembre. La mayor cantidad de ranas se encontraron en 5-11-2016, con 30 individuos. Las ranas menos fueron documentadas el 6-10-2016, con un individuo. La lluvia no mostró ninguna correlación con la cantidad de *Craugastor* ranas. La investigación anterior señala que la lluvia debe tener un efecto positivo en la supervivencia de los huevos y así aumentar la población (Toucon & Warkentin, 2009). Detiene a los depredadores y espesa la membrana alrededor del embrión, aumentando las posibilidades de supervivencia. Sin embargo, ningún efecto de este tipo se determinó en esta investigación.

### 4.4 Recomendaciones

Hubo algunos resultados inesperados y no todos se podrían explicar con la literatura pasada. Esto significa que se necesitaría un estudio de seguimiento para encontrar respuestas a estas preguntas recién surgidas.

Las abundancias encontradas entre las diferentes profundidades de la hojarasca no correspondían con las expectativas. Esto puede deberse a diferentes especies de artrópodos y animales que son anteriores a la presencia de ranas *Craugastor* en diferentes profundidades de la hojarasca. Como esta investigación sugirió que habría un retorno negativo en abundancia después de 3,5 cm de hojarasca. Un estudio de seguimiento tendría que buscar una relación entre la profundidad de la hojarasca y la cantidad y diversidad de artrópodos y animales que se alimentan de *Craugastors*.

Además, se encontró que en un área que inunda regularmente había significativamente más *Craugastor* ranas presentes, aunque la investigación anterior sugiere áreas secas tienen una abundancia más alta. Esto podría explicarse con una nueva investigación sobre la correlación

entre la abundancia de alimentos y depredadores y la actividad del agua, ya que estos factores influyen en los cambios en la abundancia de poblaciones (Stephen, Berven & Tiegs, 2013). Lo que también se podría investigar es el efecto de la inundación frente a la hojarasca sobre la abundancia, diversidad y distribución, ya que la hojarasca será cubierta de agua cuando una zona inunda y la hojarasca no estará disponible, mientras que el agua estará disponible.

La disparidad en la abundancia entre el *fitzingeri* y todas las otras especies fue notable en esta investigación, así como en investigaciones anteriores (Folt & Reider, 2013, Whitfield et al., 2007, Urbina-Cardona, Olivares-Pérez y Reynoso, 2006). Sin embargo, la razón de esto aún no está clara y una investigación de seguimiento que se centra en las características de las especies y sus estrategias de vida, junto con los factores ambientales locales, podría proporcionar más información sobre cómo aparecen este tipo de disparidades (A. Alford y J. Richards, 1999, Gardner, 2001).

## 5. Referencias

A Alford, R., & J Richards, S. (1999). Global amphibian declines: A problem in applied ecology. [https://www.fws.gov/southwest/es/Documents/R2ES/LitCited/4TX\\_Sal/Alford\\_and\\_Richards\\_1999\\_amphibian\\_declines.pdf](https://www.fws.gov/southwest/es/Documents/R2ES/LitCited/4TX_Sal/Alford_and_Richards_1999_amphibian_declines.pdf)

J. C. Beebee, T & A. Griffiths, R (2013, 7 april). The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? <http://planet.uwc.ac.za/nisl/Biodiversity/Temporary%20Transfers/Biodiversity/Chapters/Info%20to%20use/Chapter%205/amphibian.pdf>

F. D. Rocha, C., Vrcibradic, D., C Kiefer, M., C Siqueira, C., Almeida-Gomes, M., N. T. Borges Júnior, V., ... Van Sluys, M. (2011). Parameters from the community of leaf-litter frogs from Estação Ecológica Estadual Paraíso, Guapimirim, Rio de Janeiro State, southeastern Brazil. <http://www.scielo.br/pdf/aabc/v83n4/aop3411.pdf>

Folt, B., & E Reider, K. (2013). Leaf-litter herpetofaunal richness, abundance, and community assembly in mono-dominant plantations and primary forest of northeastern Costa Rica. <https://www.semanticscholar.org/paper/Leaf-litter-Herpetofaunal-Richness-Abundance-and-Folt-Kelsey/51d89436957242e47917c99cd832bdacdcf5b805/pdf>

Gardner, T. (2001). Declining amphibian populations: a global phenomenon in conservation biology. [http://www.bcn.cat/museu-ciencies\\_fitxers/imatges/FitxerContingut1180.pdf](http://www.bcn.cat/museu-ciencies_fitxers/imatges/FitxerContingut1180.pdf)

M Whitfield, S., E Bell, K., Philippi, T., Sasa, M., Bolanos, F., Chaves, G., ... A Donnelly, M. (2007). Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. <http://www.pnas.org/content/104/20/8352.full.pdf>

N Urbina-Cardona, J., Olivares-Pérez, M., & H Reynoso, V. (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture–edge–interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. [https://learning.conservation.org/SouthAmericaEcosystemServices/Documents/ES%20Articles%20and%20Documents/Urbina-cardona\\_et\\_al\\_2006\\_biolcons.pdf](https://learning.conservation.org/SouthAmericaEcosystemServices/Documents/ES%20Articles%20and%20Documents/Urbina-cardona_et_al_2006_biolcons.pdf)

N Stuart, S., S Chanson, J., A Cox, N., E Young, B., S.L. Rodrigues, A., L Fischman, D., & W Waller, R. (2004). Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. <http://www.d.umn.edu/~pschoff/documents/StuartetalScience.pdf>

A. G. Rittenhouse, T., & D. Semlitsch, R. (2007). Postbreeding Habitat Use of Wood Frogs in a Missouri Oak-Hickory Forest. [https://www.researchgate.net/profile/Tracy\\_Rittenhouse/publication/252033547\\_Postbreeding\\_Habitat\\_Use\\_of\\_Wood\\_Frogs\\_in\\_a\\_Missouri\\_Oak-hickory\\_Forest/links/0046352b2595a9bd55000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tracy_Rittenhouse/publication/252033547_Postbreeding_Habitat_Use_of_Wood_Frogs_in_a_Missouri_Oak-hickory_Forest/links/0046352b2595a9bd55000000.pdf)

P. Stephens, J., A. Berven, K., & D. Tiegs, S. (2013). Anthropogenic changes to leaf litter input affect the fitness of a larval amphibian. [https://www.researchgate.net/profile/Keith\\_Berven/publication/256421343\\_Anthropogenic\\_changes\\_to\\_leaf\\_litter\\_input\\_affect\\_the\\_fitness\\_of\\_a\\_larval\\_amphibian/links/004635227a02b86039000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Keith_Berven/publication/256421343_Anthropogenic_changes_to_leaf_litter_input_affect_the_fitness_of_a_larval_amphibian/links/004635227a02b86039000000.pdf)

The IUCN Red List of Threatened Species, *Craugastor persimilis*. (2008). Retrieved August 8, 2016 <http://www.iucnredlist.org/details/56847/0>

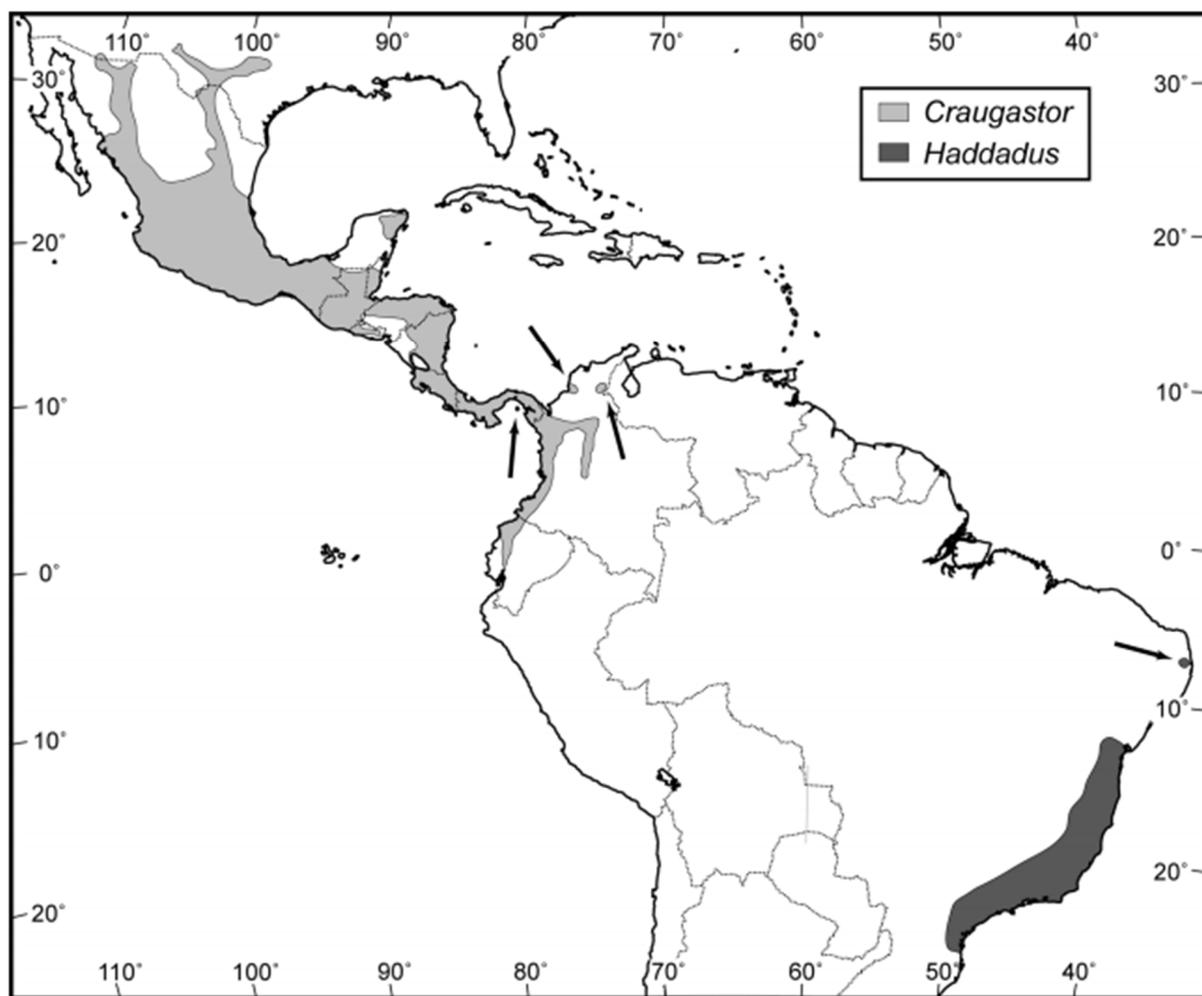
The IUCN Red List of Threatened Species, *Craugastor ranoides*. (2008). Retrieved August 8, 2016 <http://www.iucnredlist.org/details/56901/0>

A. Toft, C. (1980, 15 april). Seasonal Variation in Populations of Panamanian Litter Frogs and Their Prey: A Comparison of Wetter and Drier Sites. [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/2026773/Toft\\_1980\\_Oecologia\\_47.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1483219358&Signature=iqahJ%2FX7gtEL59d%2BZEc3gaiYJgI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSeasonal\\_Variation\\_In\\_Populations\\_of\\_Pan.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/2026773/Toft_1980_Oecologia_47.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1483219358&Signature=iqahJ%2FX7gtEL59d%2BZEc3gaiYJgI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSeasonal_Variation_In_Populations_of_Pan.pdf)

C. Touchon, J., & M. Warkentin, K. (2009, 8 april). Negative synergism of rainfall patterns and predators affects frog egg survival. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2656.2009.01548.x/full>

Van Sluys, M., Vrcibradic, D., A. S. Alves, M., G Bergallo, H., & F. D. Rocha, C. (2007). Ecological parameters of the leaf-litter frog community of an Atlantic Rainforest area at Ilha Grande, Rio de Janeiro state, Brazil. [https://www.researchgate.net/publication/227697001\\_Ecological\\_parameters\\_of\\_the\\_leaf\\_litter\\_anuran\\_community\\_of\\_an\\_Atlantic\\_Rainforest\\_area\\_at\\_Ilha\\_Grande\\_Rio\\_de\\_Janeiro\\_State\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/227697001_Ecological_parameters_of_the_leaf_litter_anuran_community_of_an_Atlantic_Rainforest_area_at_Ilha_Grande_Rio_de_Janeiro_State_Brazil)

## Apéndice 1: Distribución de Craugasor y Haddadus



**Figura 1:** Distribución de los dos géneros que comprenden la Familia Craugastoridae: Craugastor y Haddadus.