

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**Microhábitats utilizados por ranas *Craugastor* (Familia  
Brachycephalidae) en la Reserva Protectora de  
Manantiales Cerro San Gil, Izabal**

**Leslie Melisa Ojeda Cabrera**

**Bióloga**



Guatemala, abril del 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**Microhábitats utilizados por ranas *Craugastor* (Familia  
Brachycephalidae) en la Reserva Protectora de  
Manantiales Cerro San Gil, Izabal**

INFORME DE TESIS

Presentado por

**Leslie Melisa Ojeda Cabrera**

Para optar al título de

**Bióloga**

Guatemala, abril del 2007

*Junta Directiva*

<b>Oscar Manuel Cobar Pinto, Ph.D.</b>	<b>Decano</b>
<b>Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto</b>	<b>Secretario</b>
<b>Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M. A.</b>	<b>Vocal I</b>
<b>Licda. Liliana Vides de Urizar</b>	<b>Vocal II</b>
<b>Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez</b>	<b>Vocal III</b>
<b>Br. Mariesmeralda Arriaga Monterroso</b>	<b>Vocal IV</b>
<b>Br. José Juan Vega Pérez</b>	<b>Vocal V</b>

## *En Dedicatoria a*

*Mis padres, Rocsana y Hugo, por ser mi principal fuente de inspiración, que con su valioso ejemplo y conocimientos han guiado parte de mi vida y mi ser completo.*

*La Madre Naturaleza, fuente de vida, color y virtud, por permitirme conocer sus secretos y apreciar su infinita belleza.*

## **Agradezco**

*A mis padres y hermanas, Lucía y Michele, por su cariño, apoyo y confianza, durante el estudio de mi carrera y mi vida completa.*

*A mi Alma Mater, la Universidad de San Carlos de Guatemala por acogerme en su campus y permitirme obtener los más valiosos conocimientos en el estudio científico de la vida.*

*A FUNDAECO, por el valioso apoyo institucional en la realización de mi ejercicio profesional –EPS– y en el trabajo de campo de este trabajo de tesis; especialmente a Licda. Mónica Barrientos, Emilio García y Obdulio Javier.*

*A mis amigos y compañeros biólogos que colaboraron en los viajes de campo a Carboneras y Las Escobas, y en el análisis de datos, Liza García, Gustavo Ruano, y otros con alma de biólogos, a Hervert Lara.*

*Al Museo de Historia Natural de la Universidad de San Carlos, especialmente a Carlos Vásquez Almazán, por su colaboración en la identificación de las especies y apoyo en mis investigaciones.*

*A mi asesor y revisor de tesis, Lic. José Fernando Díaz Coppel y PhD. Juan Fernando Hernández, quienes además de brindarme su apoyo, han aportado útiles enseñanzas como excelentes profesores.*

*A la Licda. Aidé Chupina, del Hotel Green Bay, Izabal, por su apoyo en esta investigación.*

*A todos mis preciados amigos y compañeros que me han acompañado durante mis estudios universitarios, estoy con ustedes...*

*A todos lo que tengan la oportunidad de leer y apreciar este trabajo de investigación, Muchas Gracias.*

## ÍNDICE

	Pág. No.
1. Resumen	8
2. Introducción	10
3. Antecedentes	12
3.1 Planteamiento del problema	12
3.2 Área de Estudio Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil	13
3.2.1 Importancia de la Reserva	14
3.2.2 Ecoregión Geográfica	16
3.3 Género <i>Craugastor</i> , Familia Brachycephalidae	17
3.3.1 Distribución Geográfica	17
3.3.2 Aspectos fisiológicos y morfológicos relacionados al ambiente.	17
3.3.3 Adaptaciones Conductuales	18
3.4 Hábitats y microhábitats de <i>Craugastor</i>	20
4. Justificaciones	22
5. Objetivos	25
5.1 General	25
5.2 Específicos	25
6. Hipótesis	26
7. Materiales y Métodos	27
7.1 Universo	27
7.1.1 Población	27
7.1.2 Muestra	27
7.2 Materiales	27
7.3 Métodos	28
7.3.1 Metodología de muestreo	28

7.3.2 Captura e identificación de especies	29
7.3.3 Categorías de microhábitats	30
7.3.4 Variables del microhábitat	30
7.3.5 Patrones de variables ambientales y datos climáticos	31
7.3.6 Técnicas de Análisis de datos	31
8. Resultados	32
8.1 Especies y microhábitats registrados	32
8.2 Análisis de agrupamiento según índice de similitud de Simpson	37
8.3 Variables microclimáticas	37
8.4 Pruebas de $t$ para medias de dos muestras emparejadas, temperatura ambiental y temperatura del microhábitat	41
8.4.1 Prueba de $t$ por especie	41
8.4.2 Prueba de $t$ por microhábitat	43
8.5 Determinación de microhábitat por especie	45
8.6 Diversidad de especies en rangos microclimáticos	45
8.7 Climadiagrama	48
9. Discusión	50
10. Conclusiones	56
11. Recomendaciones	58
12. Referencias	59
13. Anexos	65

## 1. Resumen

El cambio climático es un factor que altera los patrones de precipitación y temperatura, causando disturbios en las condiciones macro y microclimáticas de diversos hábitats en bosques tropicales, siendo un factor causante de declives poblacionales de anfibios a nivel mundial. Es importante observar si los cambios ambientales y climáticos regionales pueden o no, producir variaciones en las condiciones microclimáticas de los microhábitats utilizados por anfibios del género *Craugastor*. En esta investigación se registraron las variaciones microclimáticas y microhábitats de 65 individuos del género *Craugastor* (Familia Brachycephalidae), con un total 6 especies. Ocho tipos de microhábitats fueron detectados en el estudio. Se determinó que el sustrato de suelo/hojarasca es el más utilizado por las especies, *C. chac*, *C. rhodopis*, *C. aphanus*, *C. sabrinus* y *C. sandersoni*.

El estudio fue realizado en la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, región caribeña de Izabal, Guatemala. Corresponde al área herpetofaunística del Mico. De importancia para la región por sus recursos hídricos. Sus bosques prístinos son hábitats idóneos para varias especies de anfibios del género *Craugastor* consideradas endémicas. El muestreo fue realizado durante los meses de marzo, mayo, junio, julio y octubre, 2007. Se utilizó el método VES, para la búsqueda de especímenes y termohigrómetros digitales para el registro de variables microclimáticas.

Se observó una diferencia significativa entre la temperatura ambiental y del microhábitat, para las especies *C. sandersoni* ( $p= 9.34 E^{-19}$ ), *C. sabrinus* ( $p=5.26 E^{-11}$ ) y para el microhábitat de suelo/hojarasca ( $p=1.24 E^{-14}$ ). En todos los casos, existe una correlación directa (*C. sabrinus*,  $r= 0.6906$ ; *C. sandersoni*,  $r= 0.7918$ ; SH,  $r= 0.7586$ ) entre ambas temperaturas. Ésto es, que siempre que aumente la temperatura ambiental dentro del bosque, la temperatura de los microhábitats se verá influida de forma directa por la primera, aumentando su magnitud, pero de forma más estable que la ambiental. La temperatura del microhábitat se mantuvo siempre con

valores por debajo de la ambiental. Una mayor variación de la temperatura del microhábitat respecto a la ambiental podría poner en peligro la sobrevivencia de estos anfibios. La humedad relativa presentó un rango de 77% a 95%, se observó una correlación inversa ( $r = -0.1558$ ) con la temperatura ambiental y, con la del microhábitat, una correlación directa ( $r = 0.27796$ ), siendo ambas poco significativas.

Las especies *C. sabrinus* y *C. sandersoni*, se encuentran catalogadas por la IUCN, como especies en peligro, Campbell (1998) mencionó que *C. sandersoni* parecía extinta en nuestro país, solo unos pocos individuos podían ser vistos, tras largas búsquedas. Sin embargo, se lograron registrar datos de 37 individuos, tanto juveniles como adultos, siendo ésta la especie más abundante, seguida por *C. sabrinus*, con 22 individuos, lo cual añade un aporte relevante a esta investigación. Se propone la metodología empleada aquí, para realizar monitoreos tomando como especies indicadoras a *C. sandersoni*, *C. sabrinus* y *C. Chac*, por ser sumamente sensibles a cambios climáticos y microclimáticos, especialmente a la humedad y temperatura, así como a contaminantes, pérdida de hábitat y patógenos. Se debe registrar las variaciones microclimáticas en sus microhábitats más utilizados, con el fin de monitorear la presencia y ausencia de estas especies en gradientes de humedad y temperatura dentro de bosques prístinos. Su ausencia indicaría un cambio negativo importante en la calidad ambiental de la región, que pudiese poner en peligro las poblaciones de estos y otros anfibios.

**Palabras Clave:** Género *Craugastor*; Familia Brachycephalidae; microhábitats; variables microclimáticas; monitoreo de anfibios; Cerro San Gil, Izabal.

## 2. Introducción

En numerosas investigaciones y hechos actuales se ha observado que las poblaciones de anfibios alrededor del mundo, están disminuyendo precipitadamente, incluso en áreas prístinas; las posibles causas son numerosas, algunas de ellas enfermedades causadas por un hongo patógeno perteneciente al grupo de los Chytridiomycetos, y la otra debida a los cambios climáticos que acontecen mundialmente, los cuales también se reflejan a nivel regional.

La Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil presenta gran importancia para la región caribeña de Izabal, en cuanto a los recursos hídricos que posee, gracias a éstos se provee de agua a tres de los municipios del departamento de Izabal, beneficiando a 50,000 habitantes. Estos beneficios aunados a las características únicas del Cerro, siendo un bosque tropical húmedo con factores similares a los bosques nubosos de mayores altitudes, representan un hábitat idóneo para alojar una gran diversidad de anfibios.

El Cerro San Gil, por su condición de bosque húmedo tropical y sus recursos hídricos, presenta múltiples microhábitats que son utilizados por varias especies de ranas *Craugastor*, con fines reproductivos, de alimentación, de reposo y otros. Los anfibios presentan varias adaptaciones conductuales y fisiológicas a su ambiente, que dependen de la humedad, temperatura y otras características del microhábitat (Duellman y Trueb, 1994). Los microhábitats son divididos entre especies por factores como competencia, tolerancia fisiológica al ambiente y reproducción (Pough, *et al.* 2004).

En el presente estudio se investigó la diversidad, la riqueza y la estructura de una comunidad de anuros del género *Craugastor*, en el Cerro San Gil, y se

determinó el uso de microhábitat de las especies *C. sandersoni* y *C. sabrinus*, relacionándolas con los cambios en temperatura y humedad; se observó que estos dos elementos en los microhábitats, pueden variar respecto a temperaturas ambientales generales, como en el caso de la hojarasca, presente en el suelo del bosque, cuevas de rocas, troncos podridos y otros que son habitados por varias especies de anfibios y otros organismos.

Los resultados de esta investigación proporcionan información acerca de los microhábitats utilizados por ranas *Craugastor* y las variantes microclimáticas que éstos presentan, añadiendo también información a la biología y riqueza del género en la región, que servirán de ayuda para futuros monitoreos de anfibios y su hábitat, con fines conservacionistas y de protección.

El área de muestreo correspondió a la ladera Este y a la Oeste del Cerro San Gil. Se realizaron dos colectas de datos en el área y la información recabada fue completada con datos colectados en los mismos sitios en meses anteriores, utilizando estrictamente la misma metodología de muestreo.

### 3. Antecedentes

#### 3.1 Planteamiento del problema

La distribución de anfibios está mayormente asociada a hábitats y microhábitats con suficiente humedad. El bosque tropical húmedo del Cerro San Gil presenta condiciones ambientales especiales que hacen de él un hábitat idóneo para estos animales. Se sabe que los anfibios se relacionan a microhábitats específicos según sus hábitos, como troncos podridos, hojarasca, hojas y ramas de árboles y arbustos, bromelias, charcos, riachuelos y otros. Cada microhábitat presenta variaciones en cuanto a temperatura y humedad que difieren de las ambientales generales, estas variaciones son aprovechadas por estos anfibios para reposar durante las horas de luz y rehidratarse después de periodos de máxima actividad nocturna (Duellman y Trueb 1994).

Cada especie, según sus hábitos, puede estar potencialmente relacionada a microhábitats específicos (Duellman, W.E. y Trueb, L. 1994), si se determina esta relación, se aportan datos actuales sobre la biología de las especies de anfibios en el Cerro San Gil, para la consecuente conservación del hábitat. Los anfibios requieren una atención especial en la conservación. Ellos son considerados valiosos indicadores de la calidad ambiental, y poseen múltiples funciones en ecosistemas acuáticos y terrestres. (Blaustein and Wake, 1990; Stebbins and Cohen 1995; Green, 1997; Lannoo, 1998).

Es importante señalar que las poblaciones de anfibios alrededor del mundo están disminuyendo considerablemente por varios factores, principalmente antropogénicos, como la introducción de plantas y animales no nativos, modificación y fragmentación del hábitat, contaminantes químicos, el uso indiscriminado de pesticidas y surgimiento de enfermedades infecciosas. Sin

embargo, también se han observado drásticos declives en poblaciones, en áreas con poca o ninguna actividad humana, especialmente en áreas protegidas. Esto ha llevado a conservacionistas y científicos a acelerar el desarrollo de sus investigaciones e implementar programas de monitoreo para estas poblaciones (Young, *et al.* 2000).

Recientes estudios de casos específicos de declives de anfibios, han relacionado que los cambios climáticos a nivel mundial podrían estar involucrados. El calentamiento regional, el incremento en la radiación ultravioleta y las enfermedades epidémicas, pueden ser todas consecuencias de los fenómenos globales, los cuales son causados, en parte, por el incremento en la intensidad y extensión del impacto humano en los sistemas climáticos y ecológicos.

### **3.2 Área de Estudio Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil**

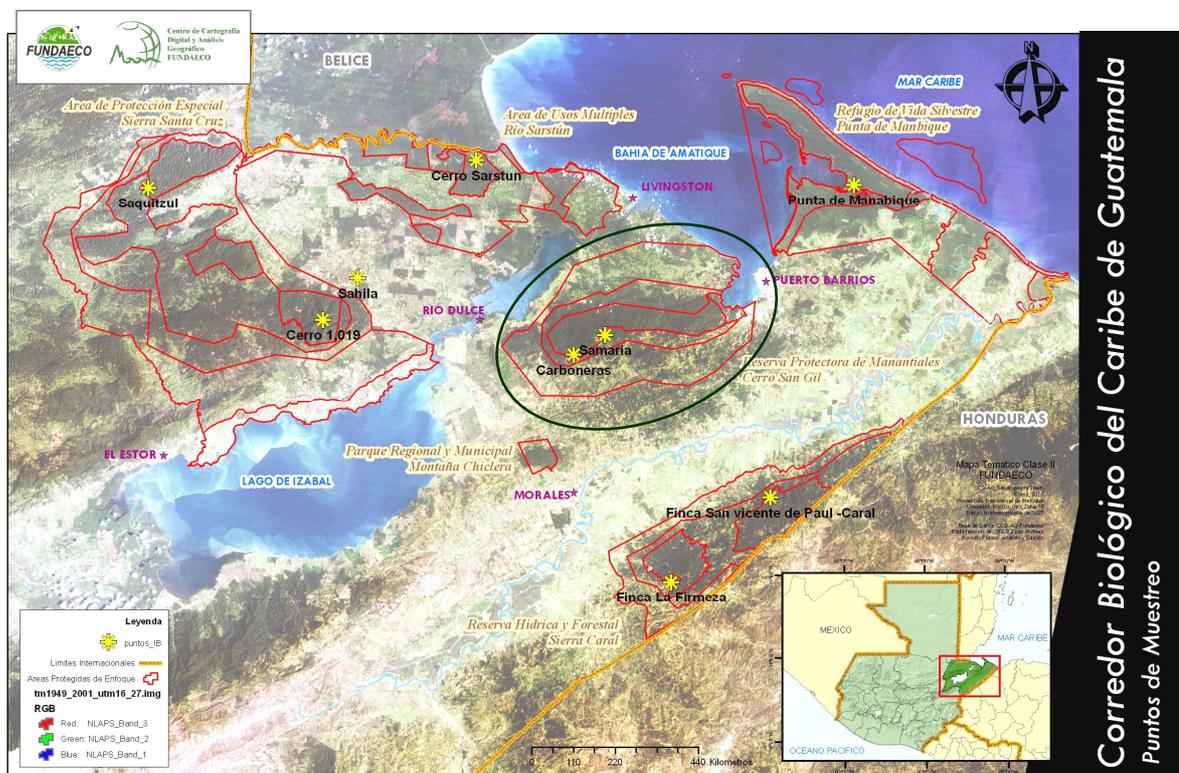
Fuente: FUNDAECO

El Cerro San Gil se encuentra bajo la Categoría de Manejo Tipo III según Artículo 8, Título II, Capítulo I de la Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89. Es co-administrada por la Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación (FUNDAECO), Fue declarada área protegida el 27 de Noviembre de 1996, según Decreto No. 129-96 del Congreso de la República.

El Área total está representada por 47,434.65 hectáreas, las cuales están zonificadas de la siguiente manera:

- Zona de Amortiguamiento: 151.9 Km.
- Zona Núcleo 5,710 Ha.
- Zona de Usos Múltiple: 11,490 Ha.
- Zona Recreativa: 1,680 Ha.

La Ubicación Geográfica es en jurisdicción de los Municipios de Livingston, Puerto Barrios y Morales, todos del Departamento de Izabal.



### 3.2.1 Importancia de la Reserva

Fuente: FUNDAECO

La Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil está ubicada en porciones de la Cuenca del Río Motagua y la Cuenca del Lago de Izabal-Río Dulce en la vertiente del Caribe. En ella se originan varias sub cuencas y micro cuencas en donde corren por lo menos 19 ríos principales y varios tributarios menores. Estos afluentes abastecen de agua a los poblados de Santo Tomas de Castilla y Puerto Barrios, Izabal, así como a las 40 comunidades asentadas dentro de la Reserva. La importancia del Área Protegida consiste en su capacidad para

abastecer del vital líquido a por lo menos 50,000 pobladores de los Municipios de Livingston, Morales y Puerto Barrios.

**Sitios de importancia:**

- a) *Zona Recreativa*: El conjunto de atractivos dentro de esta Zona incluye el balneario público Las Escobas; el sendero que conduce hacia las torres repetidoras; miradores con vista hacia la Bahía de Amatique; una torre de observación; y el Río Las Escobas. Dentro de esta zona se encuentran las playas públicas de Santo Tomás de Castilla y Punta de Palma, así como la zona de mangle Esperanza del Mar y sus senderos acuáticos, además de la playa privada San Ramoncito y el Hotel Green Bay.
- b) *Sector Carboneras (Distrito III)*: El bosque tropical es el principal atractivo de este sector. En el área más alta dentro de Cerro San Gil, a 1,267 msnm. Aquí se encuentra el ecosistema de *bosque nuboso*, el cual es rico en biodiversidad. Los atractivos de este sector incluyen la cueva ubicada en la comunidad de Los Ángeles, sobre el río Juan Vicente.
- c) *Sector Río Bonito (Distrito IV)*: Esta zona se ubica en la parte Sur de la Reserva en la zona frente al Golfete Río Dulce. Esta es el área con mayor presencia de nacimientos de agua. Entre sus principales atractivos se encuentra el Río Bonito y la facilidad para la observación de fauna silvestre.

### 3.2.2 Ecoregión Geográfica

Guatemala fue dividida en ocho regiones naturales o áreas bióticas por Stuart (1943, 1957); subsecuentemente algunas de estas fueron consideradas distritos (Stuart, 1964). Originalmente, estas áreas fueron divididas en base a la fauna de salamandras. Campbell y Vannini (1989) modificaron las regiones de Stuart en base a todas las especies de anfibios y reptiles que ocurren en el país. Estas regiones han sido divididas luego y utilizadas para describir la distribución de herpetofauna en Guatemala.

El área o región herpetofaunística según Campbell y Vannini (1989) que corresponde al sitio de estudio, es la que describe a continuación.

**Área del Mico:** Las Montañas del Mico en el Este de Guatemala son pequeñas y aisladas localizadas al Noreste de la Sierra de las Minas. Las Montañas del mico no presentan altas elevaciones; el Cerro San Gil es el pico más alto a 1,267 msnm. A pesar de su relativa baja elevación, en las Montañas del Mico se presentan condiciones similares a las de bosques nubosos, y algunas especies a veces consideradas como indicadores, tales como helechos arborescentes (Cytheaceae) y tucanetas esmeralda (*Aulacorhynchus prasinus*), se encuentran allí casi al nivel del mar. Muchas especies de anfibios y reptiles en las Montañas del Mico son compartidas con las adyacentes tierras medias bajas y/o la porción este de la Sierra de las Minas (e.g., *Ptychohyla panchoi*, *Amastridium veliferum*, y *Hydromorphus concolor*). Sin embargo muchas especies de ranas del género *Craugastor* parecen ser endémicas de las Montañas del Mico (e.g., *C. aphanus*).

### **3.3 Género *Craugastor*, Familia Brachycephalidae**

El género *Craugastor* Cope, 1862 (antes llamado *Eleutherodactylus*) (Crawford y Smith, 2005) se incluye en la familia Brachycephalidae (antes subfamilia Eleutherodactylinae, familia Leptaodactilidae) y presenta 116 especies reconocidas (Frost, 2007). La mayoría de individuos son pequeños insectívoros que habitan en la hojarasca de bosques húmedos tropicales. Una característica del género *Craugastor*, es que no ponen sus huevos en el agua, en cambio los depositan en el suelo del bosque, en la hojarasca y éstos presentan un desarrollo directo, y se conoce al menos dos especies que presentan fertilización interna (Pough, *et al.* 2004).

#### **3.3.1 Distribución Geográfica**

La familia Brachycephalidae se distribuye en los trópicos y subtropicos desde el Suroeste de Estados Unidos, las Antillas, México, Centro y Sur América (Frost, 2007).

#### **3.3.2 Aspectos fisiológicos y morfológicos relacionados al ambiente**

La piel de los anfibios es lisa y húmeda, abundantemente provista de vasos sanguíneos, contiene glándulas serosas productoras de veneno y mucosas, estas últimas segregan un moco protector impermeable sobre la superficie de la piel; todos los anuros producen veneno en su tegumento pero su efectividad varia de una especie a otra y según los depredadores (Hickman, 2000; Duellman y Trueb, 1994). El color de la piel es producido por células pigmentarias o cromatóforos (Duellman y Trueb, 1994; Moore, 1964).

Los anuros presentan dos pulmones, que junto con la piel y la boca, constituyen las superficies de intercambio gaseoso. Los anuros y demás anfibios son ectotérmicos (Hickman, 2000; Duellman y Trueb, 1994).

Una característica importante en anuros, es que la región pélvica ventral es identificada como el área primariamente responsable de la mayor absorción de agua. Estudios realizados por J. Roth (1973) y Christensen (1974) revelaron que: 1) el integumento pélvico ventral está hipervascularizado comparado a otras regiones del cuerpo en anuros terrestres, y 2) anuros terrestres, como *Bufo*, tienen una mayor vascularización en la región pélvica que especímenes semiacuáticos del género *Rana*, ésta, a su vez, presenta un tegumento más vascularizado que el género acuático *Xenopus*, de origen suramericano (Pough, et al. 2004).

### 3.3.3 Adaptaciones Conductuales

Con pocas excepciones en anuros, los anfibios terrestres son generalmente nocturnos, para evitar así las altas temperaturas y la baja humedad atmosférica que ocurren durante el día. En este periodo de luz solar permanecen en sitios que conserven la humedad, bajo piedras, en el interior de troncos, sumergidos en la hojarasca, en grietas con sombra y en las axilas de las hojas de bromelias y otras plantas, así como dentro de madrigueras en la tierra; estos refugios diurnos son comunes para anfibios terrestres y algunos arborícolas. Estos animales se establecen cómodamente en bromelias con acumulaciones de agua o alta humedad, así como también, en troncos podridos (Duellman y Trueb, 1994).

Durante la actividad nocturna, algunos anuros puede perder hasta el 23% de su masa corporal en agua (Duellman y Trueb, 1994), así que durante el día es

necesario que el animal permanezca en un refugio con suficiente humedad para lograr rehidratarse, de lo contrario pueden llegar a morir.

Según Duellman y Trueb (1994), muchos anfibios suelen presentar actividad diurna, en varios casos; durante y después de fuertes lluvias, si habitan en un sitio con alta humedad atmosférica, y en lugares muy fríos o hábitats montanos, pero solo si existe un gradiente de humedad positiva lo suficientemente alto como para contrarrestar la pérdida de agua por evapotranspiración. Se dice que la humedad es el factor principal que afecta la distribución ecológica en anfibios.

La reducción de la cantidad de la superficie corporal expuesta a la evaporación es una forma importante para reducir la pérdida de agua (Moore, 1964). Muchos anuros arborícolas pasan el día en las ramas y hojas de los árboles; seleccionan un sitio sombreado y doblan el limbo de la hoja encerrándose, resguardando las extremidades en su región ventral, dejando los dedos entre el cuerpo y el sustrato; de este modo las ranas arborícolas reducen la superficie corporal expuesta al aire, y la pérdida de agua por evaporación. Hay ranas que son característicamente estáticas, presumiblemente la lentitud del proceso metabólico, resulta en una baja frecuencia ventilatoria y menor pérdida de humedad a través de la respiración. *Eleutherodactylus coqui* y *Agalychnis sp.* asumen posturas especiales para conservar agua en periodos secos del día y de la noche, pero no son estáticas (Duellman y Trueb, 1994).

En anfibios, la aclimatación térmica es un cambio compensatorio, usualmente en respuesta a prolongados cambios en la temperatura ambiental por un ajuste en su tolerancia térmica corporal (Duellman y Trueb, 1994). Existe una temperatura crítica mínima y máxima en las cuales el 50% de individuos pueden sobrevivir (Duellman y Trueb, 1994).

### 3.4 Hábitats y microhábitats

En anteriores estudios se han analizado ensambles de comunidades de anuros en microhábitats específicos, como el suelo del bosque, borde de arroyos y comunidades en charcos o estanques de reproducción, las cuales son bien conocidas en hábitats tropicales (Duellman y Trueb, 1994).

Los ensambles de anuros en el suelo de bosques tropicales, muestran una gran densidad de individuos. Los recursos del hábitat son divididos en diferentes microhábitats, dependiendo de las especies y las condiciones ambientales. Por ejemplo, anuros pequeños tienen distribuciones locales específicas a lo largo de gradientes de humedad en cerros y barrancos que difieren en altitud. Sin embargo en lugares más homogéneos no se da esta división en microhábitats (Duellman y Trueb, 1994).

La competencia entre especies puede jugar un rol en la división en microhábitats en anuros pequeños, la tolerancia fisiológica específica también está involucrada y puede tener una importancia vital. Especies más resistentes a la desecación, como Bufónidos, habitan en sitios de baja humedad, mientras que especies menos resistentes, como *Craugastor*, se encuentran en sitios que conservan la humedad (Duellman y Trueb, 1994).

Los microhábitats son divididos entre especies por factores como competencia, tolerancia fisiológica al ambiente y reproducción (Pough, *et al.* 2004). Las temperaturas en microhábitats pueden variar considerablemente respecto a temperaturas ambientales generales, como en el caso del interior de bromelias y plantas de banano que son habitadas por varios anuros en el Neotrópico (Duellman y Trueb, 1994).

Se dice que factores ambientales como la temperatura, la precipitación y la humedad relativa del aire determinan su distribución ecológica y geográfica (Duellman y Thomas 1996, Osorno-Muñoz 1999; Pough, et al. 2004). Durante noches lluviosas se observa mayor actividad en anuros como alimentación y forrajeo. Estos aparecen sobre troncos y hojas de árboles y arbustos, los cuales prefieren como sitios de alimentación por la alta diversidad y abundancia de insectos presa que transitan por las plantas (Pough, *et al.* 2004).

#### 4. Justificaciones

Se conoce que el cambio climático es un factor que altera los patrones de precipitación y temperatura, causando disturbios en las condiciones macro y microclimáticas de diversos hábitats en bosques tropicales, lo cual confirma que este factor es uno de los causantes de los declives de poblaciones de anfibios a nivel mundial (Heyer *et al.* 1988; Stewart 1995; Laurance *et al.* 1996; Pounds *et al.* 1999).

Las disminuciones poblacionales están ampliamente distribuidas en Latinoamérica. Por lo menos 13 países han tenido disminuciones y en 40 casos las especies son ahora consideradas extintas o extirpadas en un país donde alguna vez existieron. Las disminuciones o extinciones han afectado a 30 géneros y nueve familias de anfibios. En Centroamérica, la mayoría de estos hechos han ocurrido en lugares a más de 500 metros de elevación. En Guatemala, dos especies de ranas *Craugastor*, del grupo *rugulosus*, que antes fueron encontradas en las Montañas del Mico (área donde se encuentra el Cerro San Gil), son consideradas ahora extintas, la disminución poblacional de estas especies fue observada por Campbell (1998, 1999), entre los años de 1985 y 1986.

Como parte de un proyecto de monitoreo de las poblaciones, riqueza y comunidades de especies de anfibios, se hace necesario conocer a profundidad los hábitats y microhábitats de cada especie. Este principio es fundamental para observar si los cambios ambientales y climáticos en la región pueden o no producir variaciones en los microhábitats de anfibios del género *Craugastor*. A causa del actual y rápido descenso poblacional de anfibios alrededor del mundo, es imprescindible proveer información relacionada a las características de los microhábitats y monitorear así, no solo las poblaciones de anfibios, sino la estabilidad de sus hábitats y microhábitats.

Se planteó esta investigación con el fin de determinar los microhábitats de las especies de ranas *Craugastor* (Familia Brachycephalidae), observar sus variaciones de temperatura y humedad, y aportar así resultados que representen un apoyo en el monitoreo de anfibios indicadores, con fines conservacionistas para los bosques tropicales húmedos del Cerro San Gil y la herpetofauna de la región de Izabal.

Por otra parte, los anfibios constituyen una importante parte de la biomasa en la mayoría de los ecosistemas, cumpliendo múltiples funciones dentro de los ecosistemas acuáticos y terrestres, lo cual los transforma en valiosos indicadores de la calidad ambiental (Blaustein y Wake 1990, Stebbins y Cohen 1995). Se conoce que las ranas del género *Craugastor*, son muy sensibles a los cambios ambientales, especialmente a la humedad, ésto debido a su piel permeable y a su forma de reproducción, ya que las ranas de este género depositan sus huevos en la hojarasca húmeda, y éstos pasan por desarrollo directo, dando como resultado el nacimiento de pequeñas ranas totalmente formadas e idénticas a los adultos, es decir no pasan por la fase acuática de renacuajo. Debido a esta última característica, estos anfibios pueden reproducirse todo el año, siempre y cuando la humedad ambiental y de la hojarasca sea la suficiente para permitir el desarrollo de los huevos. Por lo tanto, su condición de ectotermia, permeabilidad tegumentaria y requerimientos ecológicos los hacen altamente sensibles a cambios en su hábitat (Castro y Kattan 1991).

Aproximadamente el 22.5% de las especies de anfibios mencionadas por The International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), poseen deficiencias de datos, y su escaso conocimiento se concentra en las regiones tropicales, donde se localiza la mayor proporción de diversidad biológica (Stuart, *et al.* 1994). La falta de información biológica de estas especies hace necesaria la realización de estudios de esta índole, para contribuir al

conocimiento de las especies de ranas *Craugastor*, sus hábitats y microhábitats, y contar así con una razón más para proteger, no solo a las especies en peligro, sino también a su hábitat.

## 5. Objetivos

### 5.1 General

Determinar los microhábitats utilizados por ranas *Craugastor* (Familia Brachycephalidae) que habitan los bosques húmedos tropicales de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal, y proporcionar así, información acerca de la biología de algunos anfibios, que sirvan de línea base para futuros monitoreos de anfibios y calidad de su hábitat, con fines conservacionistas y de protección.

### 5.2 Específicos

- 5.2.1 Detectar variaciones de humedad y temperatura en los microhábitats utilizados durante la noche por las distintas especies de anuros del género *Craugastor*, que habitan los bosques húmedos tropicales de Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal.
- 5.2.2 Relacionar los diferentes microhábitats con la presencia de especies de ranas *Craugastor* encontrada en el área de estudio y determinar el o los microhábitats utilizados por cada especie en particular.

## 6. Hipótesis

Las distintas especies de ranas *Craugastor* (Familia Brachycephalidae) que se encuentran en los bosques húmedos tropicales de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal, están relacionados a microhábitats naturales específicos según los requerimientos de humedad y temperatura ambiental de cada especie.

## 7. Materiales y Métodos

### 7.1 Universo

#### 7.1.1 Población

Comunidad de ranas *Craugastor* que habitan en la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal

#### 7.1.2 Muestra

Tipos de microhábitats, especies de ranas del género *Craugastor* colectadas en la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal.

### 7.2 Materiales

- Hojas de registro para especímenes (ver anexos).
- Hojas de registro para microhábitats (ver anexos)
- Libreta de campo
- Higrotermómetro digital (Traceable).
- Potenciómetro
- Cintas métricas
- Regla graduada
- Brújula
- Altimetro
- Cámara digital
- GPS
- Linternas de cabeza y de mano
- Baterías alcalinas AAA, AA y D.
- Lápiz

- Lapicero y marcador indeleble
- Hojas de papel algodón 25%
- Etiquetas para especímenes
- Formalina 10%
- Alcohol
- Benzocaína al 5%
- Bandejas
- Bolsas de manta
- Bolsas ziplok

### **7.3 Métodos**

#### **7.3.1 Metodología de muestreo**

Se utilizó la Medición de Encuentros Visuales (VES, por sus siglas en inglés) es una técnica estándar en el inventario o monitoreo de anfibios usada para determinar la riqueza de especies en un área, compilar una lista de especies y/o estimar las abundancias relativas de las especies en un ensamblaje. Las mediciones de encuentros visuales abarcan la búsqueda sistemática y constante de la zona de estudio, que debe tener una longitud y ancho estándar, y deben tomar un tiempo fijo utilizando una cantidad fija de dispositivos de registro o investigadores, es decir, un esfuerzo de búsqueda fijo se compone de la zona cubierta, el tiempo de búsqueda y la cantidad de dispositivos de registro. (Crump y Scott 1994).

Para este propósito se utilizaron los senderos ya establecidos como recorridos en el área de muestreo. Se tomaron dos transectos de cada sendero, de 100 metros de longitud por 2 metros de cada lado. Fueron ubicados por conveniencia, de forma que abarcaran distintos microhábitats, como cuerpos

de agua, hojarasca y otros (Heyer, *et al.*, 1994). Dos investigadores recorrieron las dos secciones de cada sendero durante dos noches, dos horas por noche (Ver tabla 1).

El muestreo fue realizado en las siguientes áreas del Cerro San Gil:

**Tabla 1. Áreas de Muestreo**

Localidad	Ladera
Cerro San Gil, Sendero Las Escobas	Este
Cerro San Gil, Sendero Estación Biológica Chandler Robins (Carboneras)	Oeste

### 7.3.2 Captura e identificación de especies

Fueron capturadas e identificadas todas las ranas que se observaron durante el recorrido. Las ranas que fueron identificadas a nivel de especie en el campo, se liberaron al finalizar el muestreo o al día siguiente, mientras que las no fueron identificadas en el momento se procedió a fijarlas para su posterior identificación, y depositadas consecuentemente en la colección zoológica de referencia del Museo de Historia Natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para fijar y preservar a los anuros colectados, estos fueron sedados con una solución de Benzocaína 5%, y los individuos murieron pocos minutos después. (Etheridge 1996) Luego fueron fijados con una solución de formalina al 10%, este proceso hace que el espécimen quede retenido en la posición en la que es sumergido, y detiene la autólisis y previene que el tejido se deteriore. Dependiendo del tamaño del individuo la fijación se prolongó desde unas pocas horas hasta varios días. Al finalizar la fijación se procedió a trasladar el espécimen a un frasco con alcohol etílico para su conservación y etiquetado. (Heyer, *et al.* 1994).

### 7.3.3 Categorías de microhábitats

Dentro del área de estudio, se definieron ocho tipos de microhábitats, considerados como unidades naturales de muestreo, en los que se determinó la presencia de ranas *Craugastor*. Se tomó como microhábitat, el lugar preciso donde un individuo ocurrió dentro de un ambiente en general (Heyer, *et al* 1988). El microhábitat se refiere en este estudio, al **sustrato** donde se encontró el individuo.

Los tipos de microhábitats son los siguientes: Suelo/hojarasca (SH); Roca (RC); Musgo (MG), Arbusto-hoja (ARB); Hierva (HI); Tronco árbol vivo (TV), Tronco árbol caído (TC) y Roca en río (RR). Estos microhábitats fueron definidos de acuerdo a condiciones ambientales observadas in situ, y por los hábitos y preferencias de hábitats que estas especies de anfibios requieren para establecerse.

### 7.3.4 Variables del microhábitat

Para la determinación de microhábitats, se utilizó una hoja de registro para microhábitats prediseñada, en la cual se registró información relevante y detallada de algunas características del sitio donde fue colectado cada uno de los individuos (ver anexo 1).

En cada punto donde se capturaron los individuos observados, se registró la siguiente información (ver anexo): a) Especie; b) Fecha y hora de captura; c) Transecto; d) Altura o Posición Vertical en la que fue encontrado el individuo (I = 0-40 cm; II = 41-80 cm; III = 81-120 cm; IV = 121-160 cm; V = 161-200); e) Posición horizontal o distancia a la fuente de agua más cercana (río, riachuelo) (I = 0-5 m; II = 5-10 m; III = 10-15 m; IV = 15-20 m; V = >20 m); y f) Microhábitat,

(Suelo/hojarasca (SH); Roca (RC); Musgo (MG), Arbusto-hoja (ARB); Hierva (HI); Tronco árbol vivo (TV), Tronco árbol caído (TC) y Roca en río (RR)) (García-R., *et al.* 2005; Heyer, *et al.* 1994) (ver en anexos, hoja de registro para microhábitats de anfibios adultos).

Las variables microclimáticas registradas en cada sitio de muestreo fueron las siguientes: a) Temperatura ambiental (°C); b) Temperatura del microhábitat (°C) (suelo, hojarasca, agua, roca, temperatura del aire, etc.) y c) Humedad relativa (%).

La temperatura ambiental, de microhábitat y la humedad relativa se registraron con un higrotermómetro digital (Traceable). Estas mediciones fueron realizadas cada vez que se encontró un individuo y en el sitio exacto donde fue encontrado.

### **7.3.5 Patrones de variables ambientales y datos climáticos**

Se tomaron datos microclimáticos de humedad y temperatura ambiental todas las noches y en todas las áreas, cuando se realizaron las colectas. También se tomaron datos climáticos del INSIVUMEH de la región de Izabal de los meses en que se llevó a cabo la fase de colecta, y se elaboró un climadiagrama para observar el comportamiento climatológico en el área.

### **7.3.6 Técnicas de Análisis de datos**

Para complementar este estudio fueron analizados los datos de campo del estudio, Microhábitat de Anfibios de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal, (Ojeda, 2007), realizado en los meses de marzo a julio del

2007; en el cual se trabajó en las mismas áreas y bajo la misma metodología que se utilizó en esta investigación. Todos los datos de campo de ambas investigaciones fueron incluidos en una misma base de datos la cual fue utilizada para este análisis estadístico y la determinación de los microhábitats por especie. El muestreo se realizó entonces dentro de los meses de marzo, mayo, junio, julio y octubre del año 2007.

Se realizó un análisis de agrupamiento para encontrar relación o agrupamiento de especies en relación a los microhábitats detectados. Fue utilizado para este procedimiento el programa PAST (Moreno 2000).

La información colectada en el campo se anotó en las hojas de registro para especímenes y en las hojas de registro para microhábitats, así como en la libreta de campo, luego fue tabulada en Microsoft Excel y se ordenaron los datos por especie para la correspondiente determinación del microhábitat.

Se calcularon las medias y desviación estándar de temperaturas y humedad registrados en cada tipo de microhábitats y por cada especie, con el objetivo de detectar variaciones en los diferentes microhábitats en relación a estos factores.

En cuanto a la temperatura del microhábitat y la ambiental, se realizó una prueba de  $t$  para medias de dos muestras emparejadas, por cada tipo de microhábitat determinado para todas las especies del género en conjunto, con el objetivo de determinar si existe una variación significativa entre la temperatura ambiental y la de cada microhábitat.

Para la determinación del microhábitat por especie, se tomaron en cuenta los datos de temperatura mínima y máxima, ambiental y de microhábitat, y humedad mínima y máxima, presentada por cada especie. Con esto se

determinó el rango de estos parámetros microclimáticos presentados por cada especie individual, y también por el género, tomando el conjunto de especies. A estos rangos se le sumaron los tipos de microhábitat presentados por especie, siendo el tipo de microhábitat con mayor uso por la especie y por el género, el que presente un mayor porcentaje. Se presentan los datos en una tabla de resultados, que indica el tipo de microhábitat determinado por cada especie.

Fueron definidos de forma arbitraria, varios rangos de temperatura del microhábitat y humedad relativa, y éstos fueron denominados como **rangos microclimáticos**, se determinó la presencia y ausencia, y número de individuos de cada especie en cada uno de los rangos, con estos datos se estimó la riqueza de especies en cada rango microclimático; se utilizó para este propósito el índice de Shannon y Dominancia. Este procedimiento se realizó con el programa PAST.

### Índice de Shannon

$$H = - \sum \frac{n_i}{n} \ln \left( \frac{n_i}{n} \right)$$

*Para estimar riqueza*

Es un índice de diversidad, toma en cuenta tanto el número de individuos como el número de especies. Varía desde 0 para comunidades con una sola especie hasta altos valores para comunidades con muchas especies, y cada una con pocos individuos.

**Dominancia** = 1- índice de Simpson.

Se presenta con un rango de valores desde 0, donde todas las especies están igualmente presentes, hasta 1, donde una sola especie domina la comunidad completa.

$$D = \frac{1}{\sum \left( \frac{n_i}{n} \right)^2}$$

Con estos parámetros se logró identificar el o los rangos microclimáticos que presentaron mayor abundancia y riqueza de especies, y se identificó así, cuáles rangos microclimáticos son los más importantes en cuanto a diversidad y dominancia de especies.

## 8. Resultados

### 8.1 Especies y microhábitats registrados

Fueron registrados datos microclimáticos y de microhábitat de 65 individuos del género *Craugastor*, 31 individuos en el área de Carboneras y 34 en Las Escobas, ambos sitios ubicados en la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal. Se encontraron en total 6 especies de ranas del género *Craugastor*, las cuales se detallan a continuación.

**Tabla 2. Especies y número de individuos registrados en los senderos Las Escobas y Carboneras, ambos del Cerro San Gil (CSG).**

Especie	CSG-Carboneras	CSG-Las Escobas	Total de individuos
<i>Craugastor aphanus</i>	1	0	1
<i>Craugastor chac</i>	3	0	3
<i>Craugastor rhodopis</i>	1	0	1
<i>Craugastor sabrinus</i>	7	15	22
<i>Craugastor sandersoni</i>	19	18	37
<i>Craugastor sp1.</i>	0	1	1
Total individuos	31	34	65
Número de especies	5	3	

**Tabla 3. Especies y número de individuos presentes en cada tipo de microhábitat registrado.**

Especie	TIPO DE MICROHÁBITAT*							
	SH	HI	MG	RC	RR	TC	TV	ARB
<i>Craugastor aphanus</i>	1							
<i>Craugastor chac</i>	3							
<i>Craugastor rhodopis</i>	1							
<i>Craugastor sabrinus</i>	8	3	1	5	1	1	3	
<i>Craugastor sandersoni</i>	17	6		2	6	1	2	3
<i>Craugastor sp1.</i>		1						
TOTALES	30	10	1	7	7	2	5	3

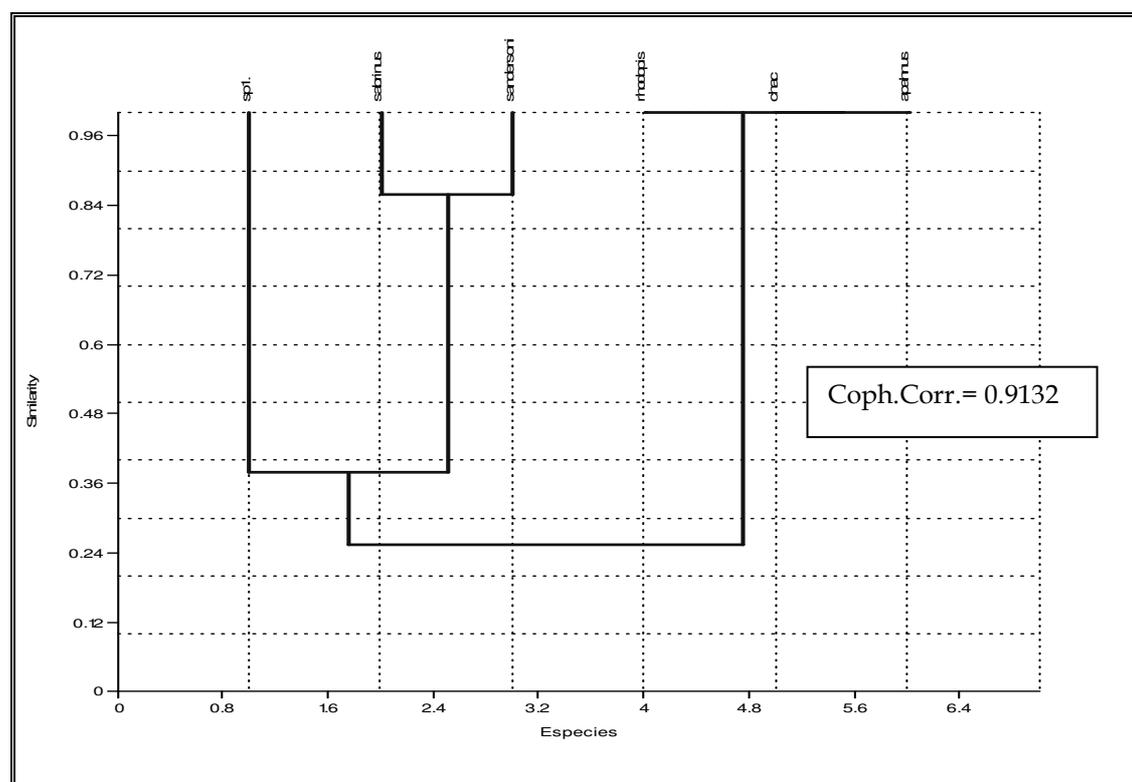
\*(Suelo/hojarasca (SH); Roca (RC); Musgo (MG), Arbusto-hoja (ARB); Hierva (HI); Tronco árbol vivo (TV), Tronco árbol caído (TC) y Roca en río (RR)).

En la Tabla 3 se presentan los 8 tipos de microhábitats registrados, definidos en este estudio como sustratos, y las especies encontradas en ellos. En la Tabla 4, se presentan los resultados del análisis de riqueza y dominancia por microhábitat, realizado con el programa PAST.

**Tabla 4. Riqueza y dominancia por microhábitats. En gris se muestra el tipo de microhábitat que presentó los mayores índices de riqueza y dominancia de especies.**

Índices	TIPOS DE MICROHÁBITATS							
	SH	HI	MG	RC	RR	TC	TV	ARB
No. de Especies	4	3	1	2	2	2	2	1
No. de individuos	29	10	1	7	7	2	5	3
Dominancia	0.4316	0.46	1	0.5918	0.7551	0.5	0.52	1
Shannon_H	1.019	0.8979	0	0.5983	0.4101	0.6931	0.673	0
Simpson_1-D	0.5684	0.54	0	0.4082	0.2449	0.5	0.48	0

## 8.2 Análisis de agrupamiento según índice de similitud de Simpson



**Figura 2. Análisis de agrupamiento según índice de similitud de Simpson según tipos de microhábitat por especie.**

### 8.3 Variables microclimáticas

Tabla 5. Variables microclimáticas registradas por todas las especie y por todos los microhábitat, medias, desviación estándar y coeficientes de correlación (Ver tabla 5 completa, de datos ordenados por especies en anexos).

Cálculos estadísticos	Variables microclimáticas		
	Temperatura °C (ambiental)	Temperatura °C (sustrato)	Humedad %
Medias	26.82	24.52	86.82
Desviación estándar	1.30	1.13	3.88
Coeficiente de correlación de Pearson (temperatura ambiental y de microhábitat)	0.756519527		
Coeficiente de correlación de Pearson (temperatura microhábitat y humedad)	0.277963586		
Coeficiente de correlación de Pearson (temperatura ambiental y humedad)	-0.155800343		

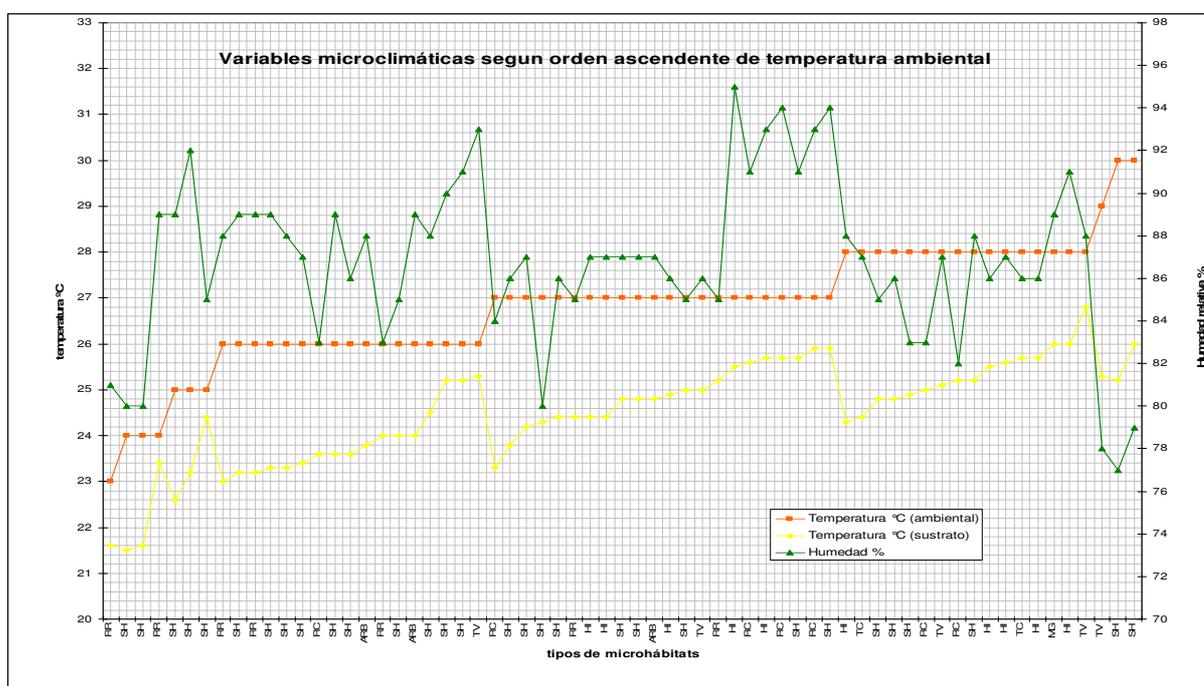


Figura 3. Variables microclimáticas por microhábitats, ordenadas según orden ascendente de temperatura ambiental.

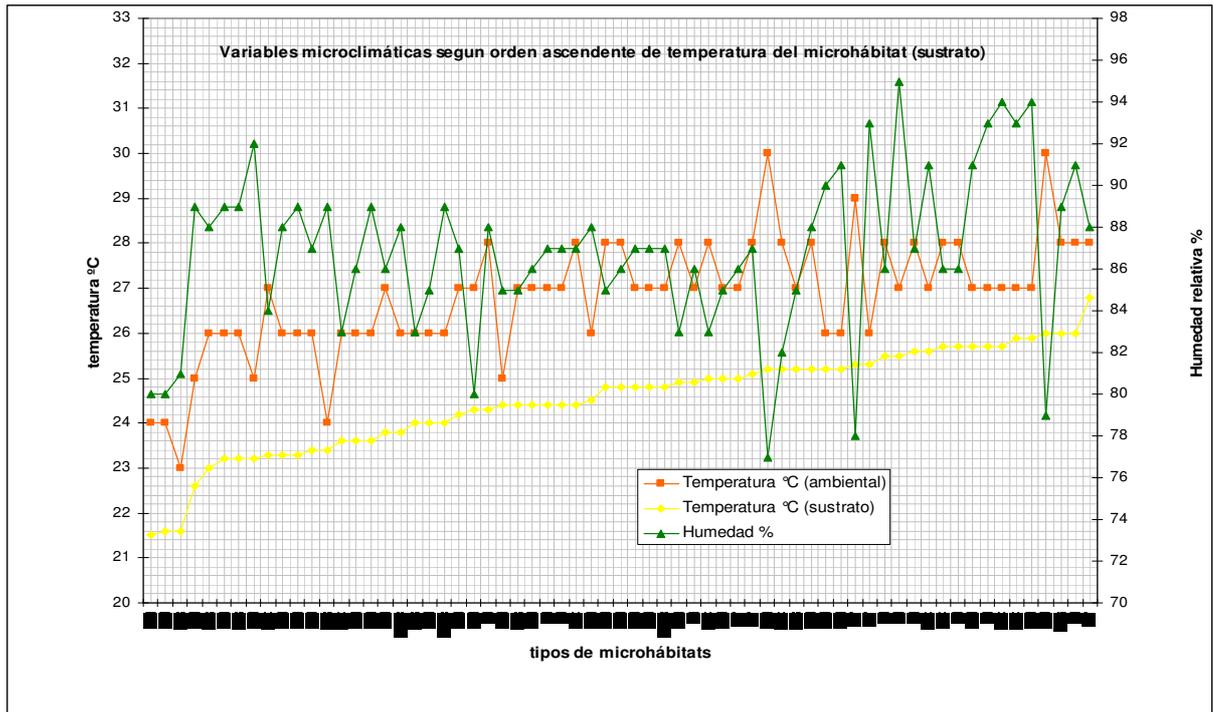


Figura 4. Variables microclimáticas por microhábitats, ordenadas según orden ascendente de temperatura del microhábitat (sustrato).

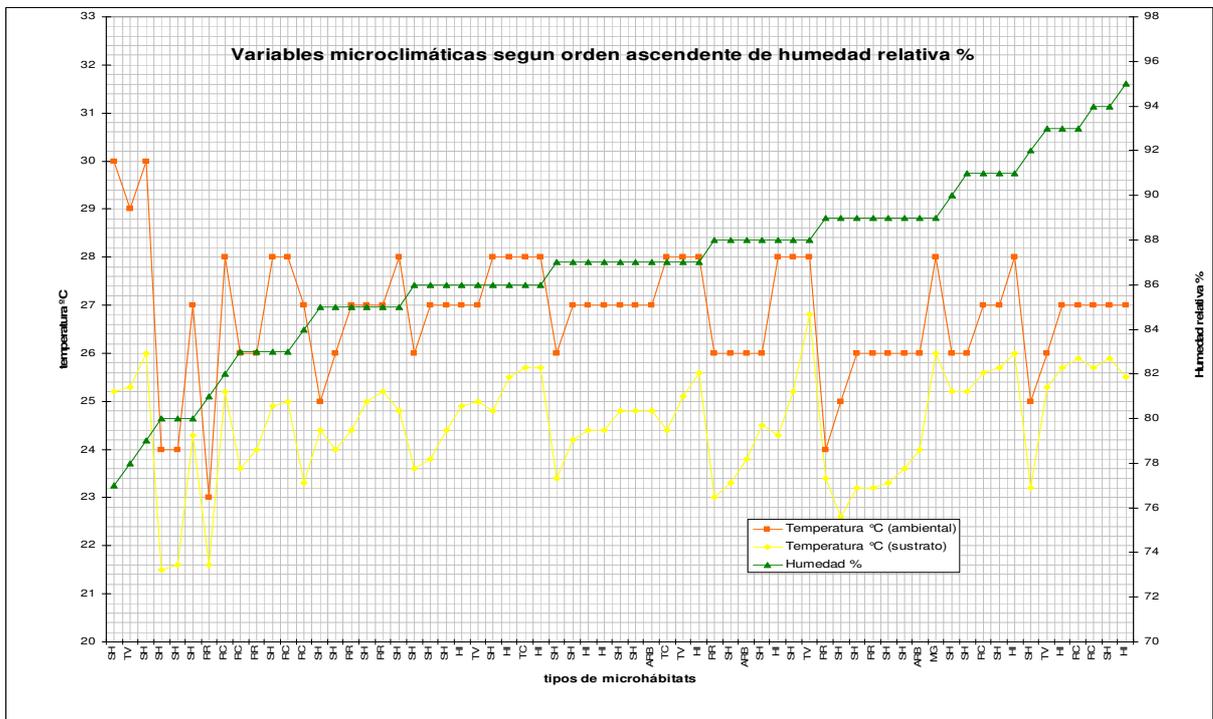


Figura 5. Variables microclimáticas por microhábitats, según orden ascendente de humedad relativa %.

## 8.4 Pruebas de $t$ para medias de dos muestras emparejadas, temperatura ambiental y temperatura del microhábitat.

### 8.4.1 Prueba de $t$ por especie

Se realizó la prueba de  $t$ , para las especies que presentaron más de 20 individuos. Se encontró diferencia significativa entre la temperatura ambiental y la del microhábitat para el caso de *C. sabrinus* ( $P=5.26456E^{-11}$ ) y también para *C. sandersoni* ( $P=9.3367E^{-19}$ ). (Ver tablas 6 y 7 completas en anexos).

**Tabla 6. *Craugastor sabrinus***

Cálculos estadísticos	Temperatura °C (ambiental)	Temperatura °C (sustrato)	Humedad %
Media	27.36	24.95	86.55
desviación estándar	1.26	1.05	4.68
Observaciones	22	22	
Coefficiente de correlación de Pearson	0.690648294		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	21		
Estadístico $t$	12.21246819		
$P(T \leq t)$ una cola	2.63228E-11		
Valor crítico de $t$ (una cola)	1.720742871		
$P(T \leq t)$ dos colas	5.26456E-11		
Valor crítico de $t$ (dos colas)	2.079613837		

**Tabla 7. *Craugastor sandersoni***

<b>Cálculos estadísticos</b>	<b>Temperatura °C (ambiental)</b>	<b>Temperatura °C (sustrato)</b>	<b>Humedad %</b>
media	26.54	24.30	86.95
desviación estándar	1.28	1.19	3.71
Observaciones	37	37	
Coeficiente de correlación de Pearson	0.791768732		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	36		
Estadístico t	16.96858282		
P(T<=t) una cola	4.66835E-19		
Valor crítico de t (una cola)	1.688297694		
P(T<=t) dos colas	9.3367E-19		
Valor crítico de t (dos colas)	2.028093987		

#### 8.4.2 Prueba de *t* por microhábitat

Se realizó la prueba solo para el microhábitat SH, por registrarse para más de 20 individuos, y se encontró diferencia significativa entre la temperatura ambiental y la del microhábitat ( $P=5.26456E^{-11}$ ) (Ver tabla 8 completa en anexos).

**Tabla 8. Vegetación/ microhábitat SH**

<b>Cálculos estadísticos</b>	<b>Temperatura °C (ambiental)</b>	<b>Temperatura °C (sustrato)</b>	<b>Humedad %</b>
Media	26.60	24.21	86.30
desviación estándar	1.40	1.13	4.01
Observaciones	30	30	
Coeficiente de correlación de Pearson	0.75862979		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	29		
Estadístico t	14.2529234		
P(T<=t) una cola	6.2259E-15		
Valor crítico de t (una cola)	1.699127		
P(T<=t) dos colas	1.2452E-14		
Valor crítico de t (dos colas)	2.04522961		

## 8.5 Determinación de microhábitat por especie

Tabla 9. Determinación de microhábitat por especie y el género. Se presentan los rangos de temperatura ambiental y de microhábitat, y de humedad, así como el porcentaje de uso por tipo de microhábitat.

Especie	Microhábitat determinado por especie													Rango de Datos Microclimáticos								% de uso por Microhábitat							
	Temperatura ambiental				Temperatura microhábitat				% Humedad					SH	RC	MG	ARB	HI	TV	TC	RR								
	mínima	máxima	media	Des. est.	mínima	máxima	Media	Des. Est.	mínima	máxima	media	Des. est.																	
<i>C. chac</i>	25	27	26.33	1.15	24.2	24.8	24.47	0.31	85	87	86.33	1.15	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
<i>C. sabrinus</i>	26	30	27.36	1.26	23.2	26.8	24.95	1.05	77	94	88.5	4.68	35	22	5	-	14	14	5	5									
<i>C. sandersoni</i>	23	28	26.48	1.28	21.5	25.9	24.37	1.19	80	95	86.95	3.71	47	5	-	8	16	5	3	16									
Género <i>Craugastor</i>	23	30	26.82	1.30	21.5	26.8	24.52	1.13	77	95	86.82	3.88	45	11	2	5	15	8	3	11									

## 8.6 Diversidad de especies en rangos microclimáticos

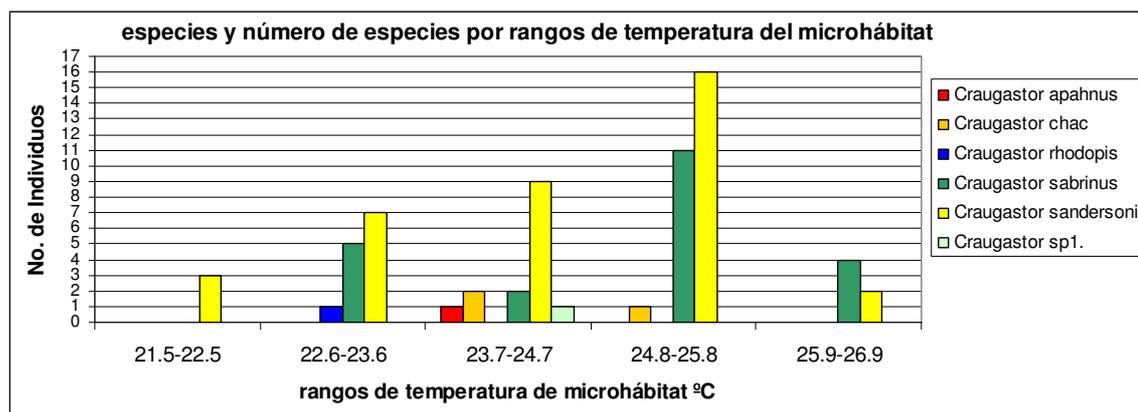


Figura 6. Especies y número de individuos por rangos de temperatura del microhábitat (sustrato)

Tabla 10. Índices de diversidad y dominancia de especies por rango de temperatura del microhábitat. En gris se presenta el rango que presentó los mayores índices de riqueza y dominancia.

Índices	Rangos temperatura del microhábitat °C				
	21.5 - 22.5	22.6 - 23.6	23.7 - 24.7	24.8 - 25.8	25.9 - 26.9
No. de especies por rango	1	3	5	3	2
Individuos	3	13	15	28	6
Dominancia	1	0.4438	0.4044	0.4821	0.5556
Shannon_H	0	0.8981	1.205	0.8058	0.6365

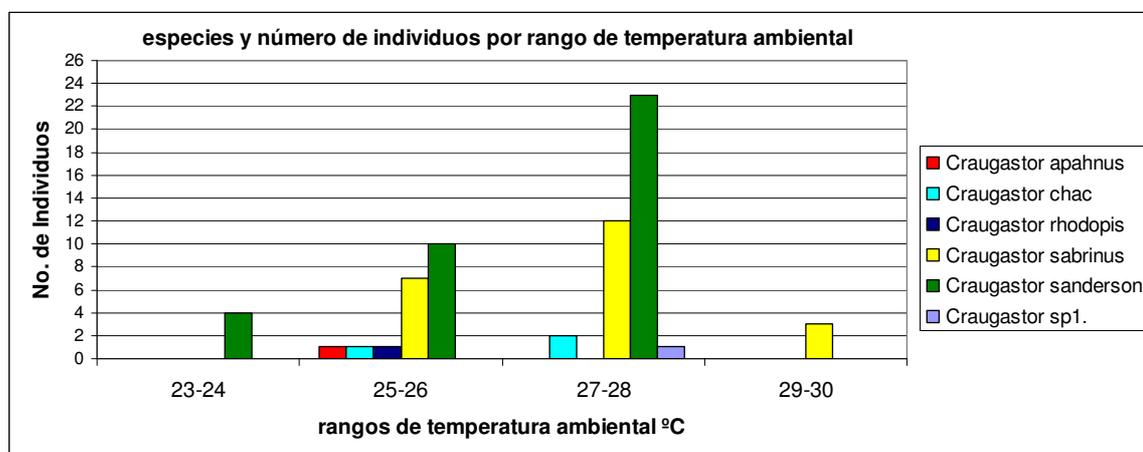
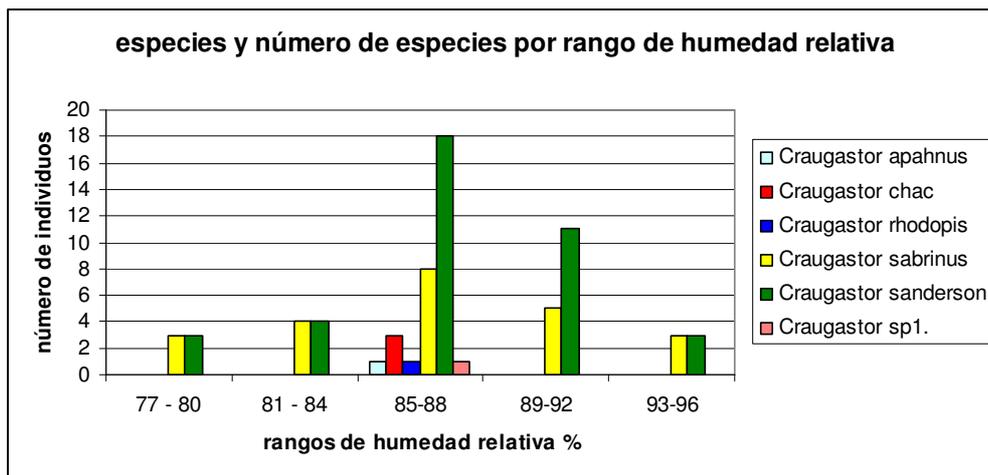


Figura 7. Especies y número de individuos por rango de temperatura ambiental

Tabla 11. Índices de diversidad y dominancia de especies por rango de temperatura ambiental. En gris se presenta el rango que presentó los mayores índices de riqueza y dominancia.

Índices	Rangos temperatura ambiental °C			
	23-24	25-26	27-28	29-30
No. de especies por rango	1	5	4	1
Individuos	4	20	38	3
Dominancia	1	0.38	0.4695	1
Shannon_H	0	1.163	0.9186	0

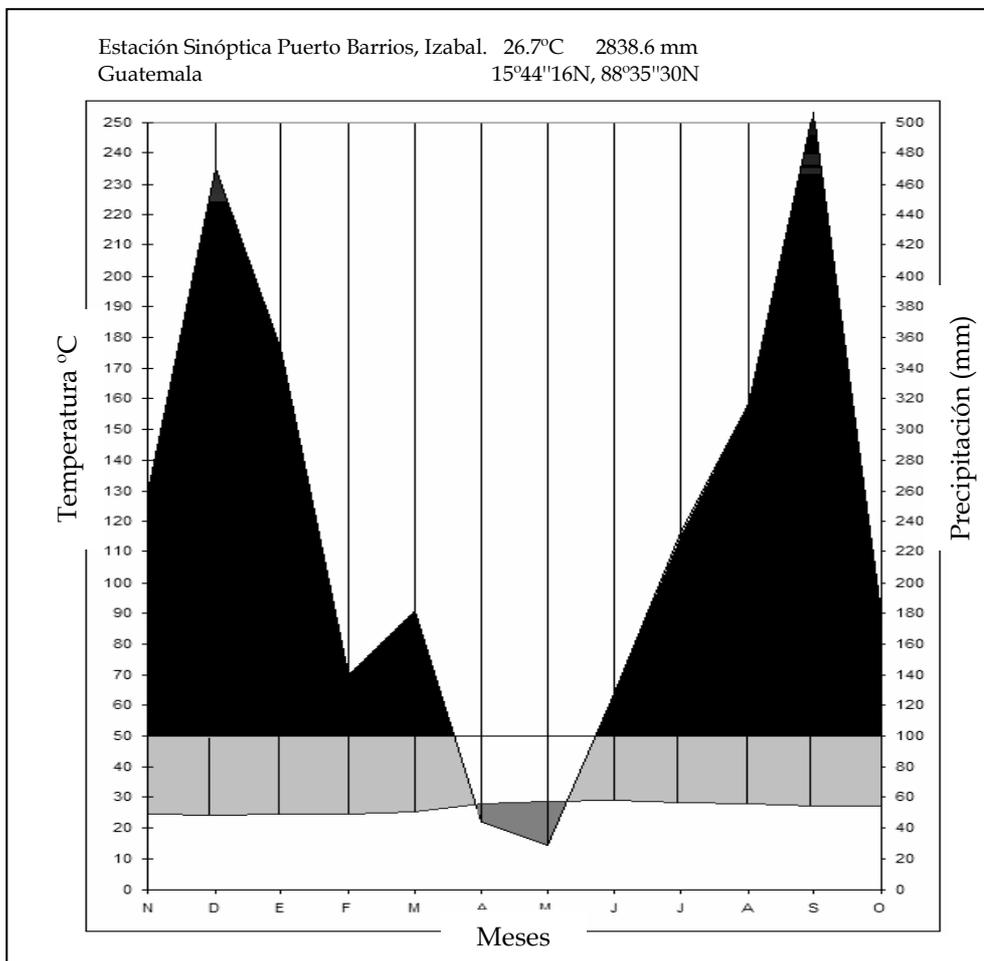


**Figura 8. Especies y número de individuos por rango de humedad relativa.**

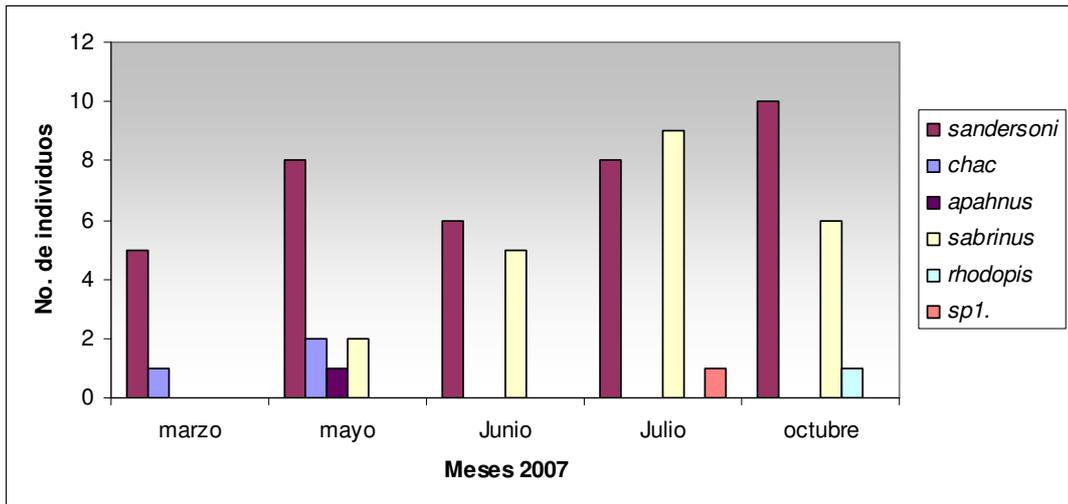
**Tabla 12. Índices de diversidad y dominancia de especies por rango de humedad relativa. En gris se presenta el rango que presentó los mayores índices de riqueza y dominancia.**

Índices	Rangos de humedad relativa %				
	77 - 80	81 - 84	85 - 88	89 - 92	93 - 96
No. De especies por rango	2	2	6	2	2
Individuos	6	8	32	16	6
Dominancia	0.5	0.5	0.3906	0.5703	0.5
Shannon_H	0.6931	0.6931	1.217	0.6211	0.6931

## 8.7 Climadiagrama



**Figura 9. Climadiagrama de la Estación sinóptica Puerto Barrios, Izabal (Datos de INSIVUMEH, 2007 y 2008)**



**Figura 10. Especies y número de especies registradas en los meses de muestreo.**

## 9. Discusión

Ocho tipos de microhábitats fueron detectados en el estudio y seis especies de ranas pertenecientes al género *Craugastor*. Las dos especies más abundantes corresponden a *C. sabrinus* y *C. sandersoni*.

Cinco de las seis especies detectadas, fueron registradas en el tipo de microhábitat o sustrato de suelo/hojarasca, en la tabla 4 se presentan los índices de Shannon (H) y Dominancia (D) para cada microhábitat, se observa que el suelo/hojarasca presentó los índices (H=1.019; D=0.4316) que indican que en éste se encontró la mayor diversidad y abundancia de especies. Para estos individuos del género *Craugastor*, este microhábitat demuestra ser de prioridad para la conservación de sus poblaciones, por el desarrollo de actividades tales como alimentación y reproducción.

Al realizar el análisis de agrupamiento según índice de similitud de Simpson, en referencia a los tipos de microhábitat que fueron registrados para cada especie, se lograron visualizar dos grupos bien definidos, el primero formado por las especies *C. chac*, *C. rhodopsis* y *C. aphanus*, quienes comparten el mismo tipo de sustrato, el de suelo/hojarasca. El segundo grupo está conformado por *C. sabrinus* y *C. sandersoni*, quienes comparten 6 de los 8 tipos de sustratos (suelo/hojarasca, roca, hierva, tronco árbol vivo, tronco árbol caído, y roca en río) siendo el sustrato de suelo/hojarasca, donde se presentó la mayor cantidad de individuos de ambas especies.

Respecto a las variables microclimáticas, presentadas en los microhábitats de las 6 especies en conjunto, se calculó una temperatura ambiental media de 26.82 °C, la cual presentó una variación de 1.30° C; la temperatura media del sustrato fue de 24.52°C, variado 1.13°C; y una humedad relativa media de

86.82%, con una variación del 3.88%. Puede observarse que todas las variables microclimáticas presentaron una mínima variación respecto a la media. Se observó también que la temperatura del sustrato se mantuvo siempre por debajo de la ambiental, e incluso presentó menor variación, lo que supone que estas 6 especies de ranas *Craugastor*, utilizan microhábitats o sustratos con la aptitud de mantener las condiciones microclimáticas más estables para la sobrevivencia de los individuos. Se confirma entonces que las condiciones de temperatura del microhábitat que utilizan las ranas *Craugastor* varía respecto a las ambientales (Duellman y Trueb, 1994).

En las figuras 3, 4 y 5 de los resultados, se muestran graficadas las variables microclimáticas en orden ascendente de temperatura ambiental, temperatura del sustrato y humedad relativa. Se observa en las figuras 3 y 4, como al aumentar la temperatura ambiental, también aumenta la temperatura del sustrato, presentando una correlación directa ( $r= 0.7565$ ) mientras que en los picos más bajos de humedad relativa, se presentan coincidentemente, los picos más altos de temperatura ambiental, sin embargo existe una correlación inversa ( $r= -0.1558$ ) poco significativa entre estas dos variables. Mientras que la temperatura del microhábitat y la humedad muestran una correlación directa ( $r=0.27796$ ) también poco significativa.

Al realizar la prueba de  $t$  para medias de dos muestras emparejadas de temperatura ambiental y del sustrato, para las especies *C. sandersoni* ( $p= 9.34 E^{-19}$ ) y *C. sabrinus* ( $p=5.26 E^{-11}$ ), y para el microhábitat de suelo/hojarasca ( $p=1.24 E^{-14}$ ), se determinó que si existe una diferencia significativa entre la variación de la temperatura ambiental y del sustrato. El Coeficiente de correlación de Pearson calculado indicó, en todos los casos, que existe una correlación directa (*C. sabrinus*,  $r= 0.6906$ ; *C. sandersoni*,  $r= 0.7918$ ; SH,  $r= 0.7586$ ) entre ambas temperaturas. Esto es, que siempre que aumente la temperatura ambiental

dentro del bosque, la temperatura de los microhábitats se verá influida de forma directa por la primera, aumentando su magnitud, pero de forma más estable que la ambiental. Una mayor variación de la temperatura del microhábitat respecto a la ambiental podría poner en peligro la sobrevivencia de los individuos.

En la tabla 9 de los resultados, se presenta la determinación del microhábitat utilizado para las especies, *C. sandersoni*, *C. sabrinus* y una aproximación para *C. chac*, y para las tres especies en conjunto como representantes del género *Craugastor*. Todos los individuos de *C. sandersoni* se registraron en un rango de temperatura ambiental con una amplitud de 5°C, mientras que la amplitud del rango de la temperatura del sustrato fue 4.4°C. Para *C. sabrinus*, la amplitud del rango de temperatura ambiental fue de 4°C y de la temperatura del sustrato de 3.6°C.

El microhábitat utilizado en mayor porcentaje para *C. sandersoni*, *C. sabrinus* y *C. chac*, fue en todos los casos el de suelo/hojarasca, lo cual confirma la importancia de este sustrato como un microhábitat idóneo para la conservación de estas especies, por mantener relativamente estables las condiciones microclimáticas, en referencia a las ambientales. Para estas tres especies del género *Craugastor*, el microhábitat de suelo/hojarasca resultó ser el más utilizado.

Se determinó la diversidad de especies por rangos microclimáticos de temperatura ambiental, temperatura del microhábitat y humedad relativa. En el caso de la temperatura del microhábitat (figura 6), se establecieron 6 rangos, siendo el tercer rango de 23.7°C a 24.7°C, el que presentó la mayor abundancia y riqueza de especies, ( $D=0.4044$ ,  $H=1.205$ ), ya que en este se registraron 5 de las 6 especies, sin embargo en el cuarto rango (24.8 - 25.8°C), se registró la mayor

cantidad de individuos distribuidos en tres especies. Puede concluirse que estos dos rangos de temperatura son los apropiados para el establecimiento de estas especies.

Un dato interesante, es que la especie *C. sandersoni*, fue registrada en todos los rangos de temperatura de microhábitat, a diferencia de *C. sabrinus* (la segunda especie más abundante) la cual solo se encontró en cuatro de los cinco rangos. Caso muy distinto sucedió con la temperatura ambiental, ya que *C. sandersoni* ocupó los primeros tres rangos de cuatro, y *C. sabrinus* los tres últimos, se infiere entonces que *C. sabrinus* a diferencia de *C. sandersoni*, puede aparecer en el bosque, en microhabitats donde la temperatura ambiental llegue incluso a 30°C, pero a su vez *C. sabrinus* no fue registrada a temperaturas menores de 25°C, caso que si sucedió con *C. sandersoni*.

Por su parte la humedad relativa, se presentó desde 77% hasta 95%, debajo de 77% no se encontró ningún individuo del género *Craugastor*. Se establecieron 5 rangos de humedad relativa, y se observó que en el rango de 85% a 88% se presentaron las 6 especies y el mayor número de individuos, en comparación con los otros rangos. Los individuos de *C. sandersoni* y *C. sabrinus* fueron registradas en todos los rangos, y se observó que en los rangos de 85 a 92% se presentó la mayor cantidad de individuos, mientras que al disminuir la humedad menos individuos fueron registrados. Según índices de Shannon ( $H=0.3906$ ) y Dominancia ( $D=1.217$ ), este rango presentó la mayor abundancia y riqueza de especies. Se considera que estos niveles de humedad relativa son óptimos para el mantenimiento del microclima que necesitan estas especies de ranas para habitar, sobrevivir y llevar a cabo diversas actividades que contribuyan a la perpetuación de sus poblaciones. La humedad es el factor principal que afecta la distribución ecológica en anfibios, he allí que establecer

el rango en que cada especie puede desarrollar sus principales actividades es de suma importancia para monitorear las poblaciones y la calidad de su hábitat.

La termorregulación en anfibios es de suma importancia para sus procesos fisiológicos; diversos estudios de laboratorio han demostrado que los anfibios regulan su temperatura corporal moviéndose dentro de un gradiente de temperatura (Pough, 2004), y la temperatura del aire, en este caso la temperatura ambiental, contribuye al efecto de enfriamiento por la evaporación del agua desde la piel permeable de estos anuros, esto contrarresta el calor ganado durante el descanso; sin embargo pueden llegar a perder hasta el 23% de su masa corporal en agua durante sus actividades nocturnas (Duellman y Trueb, 1994). En este estudio se explica en parte, porque *C. sandersoni* y *C. sabrinus*, fueron registradas en ciertos rangos de temperatura y humedad, en los cuales pueden permanecer a la intemperie, pero si la temperatura del aire se vuelve más extrema, sea que aumente o disminuya más allá del rango de tolerancia, estos individuos necesitan refugiarse dentro de la hojarasca para recuperar el agua perdida a través de la piel expuesta al aire durante sus actividades nocturnas.

En el climadiagrama se observa el comportamiento climático de la región de Puerto Barrios, Izabal. Se identifican dos altos picos de precipitación, correspondiente a los meses de diciembre 2006 y septiembre 2007, mientras que en los meses de abril y mayo se presentó poca precipitación, la cual corresponde también con el inicio de las altas temperaturas que se presentan durante el año. Para el mes de junio y meses siguientes, la precipitación aumentó consecutivamente hasta el mes de octubre donde inició su descenso. Con fines de referencia se presenta en los resultados una gráfica de barras (figura 10), donde se visualiza el número de especies y de individuos registrados durante los meses de marzo, mayo, junio, julio y octubre. Durante el

mes de mayo, se registraron 13 individuos y 4 especies, esto parece contradictorio porque en esta época se registró poca precipitación y por ende, poca humedad relativa; mas se comprende porque fueron pocos los individuos observados en comparación con los meses de julio y octubre, cuando se registraron hasta 17 individuos en cada uno, lo cual coincide con los meses de estudio cuando se presentaron las mayores precipitaciones.

Es importante señalar la función de las condiciones climáticas para el bienestar de los anfibios, en este caso, de las seis especies de ranas *Craugastor* que abarca este estudio. Todas las especies demostraron que el microhábitat más utilizado, es el de suelo/hojarasca, que además de ser ampliamente distribuido dentro del bosque secundario de Cerro San Gil, es además el sitio idóneo para realizar actividades de forrajeo, alimentación, termorregulación y reproducción, por la capacidad de mantener sus características microclimáticas que bien aprovechan las ranas *Craugastor* para la perpetuación de sus poblaciones.

## 10. Conclusiones

- I. El sustrato de suelo/hojarasca es el más utilizado por las especies, *C. chac*, *C. rhodopis*, *C. aphanus*, *C. sabrinus* y *C. sandersoni*. Este microhábitat es catalogado de importancia para estas especies, ya que sus variables microclimáticas, de temperatura del microhábitat y humedad relativa, varían significativamente de las ambientales, lo que provee a estas poblaciones un microhábitat idóneo donde refugiarse durante el día; y durante períodos nocturnos, reproducirse, colocar sus huevos, forrajear y alimentarse. Estas cuatro especies forman un ensamble de poblaciones que habitan en el suelo del bosque tropical húmedo del Cerro San Gil, y a la vez están relacionadas a la hojarasca del suelo, como microhábitat principal.
- II. *C. sandersoni* presentó un rango más amplio en sus variables microclimáticas (temperatura ambiental, temperatura del microhábitat y humedad), que *C. sabrinus*, lo que hace de *C. sandersoni* una especie con mayor tolerancia fisiológica a los cambios de temperatura y humedad que *C. sabrinus*. Este aspecto es importante porque existe una temperatura crítica mínima y máxima en las cuales el 50% de individuos pueden sobrevivir (Duellman y Trueb, 1994).
- III. Las especies *C. sabrinus* y *C. sandersoni*, se encuentran catalogadas por la IUCN, como especies en peligro, incluso Campbell (1998) mencionó que *C. sandersoni* parecía extinta en nuestro país, y que solo unos pocos individuos podían ser vistos, tras largas búsquedas. Sin embargo, en esta investigación se lograron registrar datos de 37 individuos, tanto juveniles como adultos, siendo esta la especie más abundante, seguida por *C. sabrinus*, con 22 individuos.

IV. Se conoce que el cambio climático es un factor que altera los patrones de precipitación y temperatura, causando disturbios en las condiciones macro y microclimáticas de diversos hábitats en bosques tropicales, lo cual confirma que este factor es uno de los causantes de los declives de poblaciones de anfibios a nivel mundial (Heyer *et al* 1988; Stewart 1995; Laurance *et al* 1996; Pounds *et al* 1999).

## 11. Recomendaciones

- I. Es imprescindible realizar un estudio de monitoreo de anfibios en la región caribeña de Izabal, se propone la metodología de esta investigación para realizar dicho monitoreo utilizando como especies indicadoras a *C. sandersoni*, *C. sabrinus* y *C. Chac*, por ser sumamente sensibles a cambios climáticos y microclimáticos, especialmente a la humedad y temperatura, así como a contaminantes, pérdida de hábitat y patógenos. Se debe registrar las variaciones microclimáticas en sus microhábitats más utilizados, con el fin de monitorear el comportamiento de las especies, su presencia y ausencia, en gradientes de humedad y temperatura dentro de bosques prístinos. Su ausencia indicaría un cambio negativo importante en la calidad ambiental de la región, que pudiese poner en peligro las poblaciones de estos y otros anfibios.
  
- II. Realizar estudios programados que determinen la dinámica poblacional de las especies de ranas *Craugastor*, mencionadas en este estudio, para verificar si sus poblaciones se encuentran en un verdadero declive o se encuentran en recuperación.
  
- III. Incorporar nuevas tecnologías en estudios de esta naturaleza, como estaciones meteorológicas en áreas prístinas y protegidas, con el fin de monitorear constantemente las variables climáticas en la región y proveer de datos que permitan verificar si el cambio climático a nivel regional y global influyen en los cambios microclimáticos dentro del bosque, y por ende en las especies de anfibios y otros taxones que allí habitan.

## 12. Referencias

- Acevedo, M. 2007. Informe Final del Proyecto: Evaluación de las Comunidades de Anfibios de la Región Caribeña de Guatemala. Fundaeco. Marzo 2006-Enero 2007.
- AmphibiaWeb. Information on amphibian biology and conservation. [Web application]. 2007. Berkeley, California: AmphibiaWeb. (<http://amphibiaweb.org/>)
- Blaustein, A. R., and D. B. Wake. 1990. Declining amphibian populations: A global phenomenon? *Trends in Ecology and Evolution* 5:203-204.
- Campbell, J.A., y Vannini. 1989. Distribution of Amphibians and reptiles in Guatemala and Belize. *Proc. Western Found. Vert. Zool.* 4:1-21.
- Campbell, J.A Castro, H. F. y G. H. Kattan. 1991. Estado de conocimiento y conservación de los anfibios del Valle del Cauca. Págs. 310-323 *en*: E. Flórez y G. H. Kattan (eds.). *Memorias Primer Simposio Nacional de fauna del Valle del Cauca*. INCIVA, Cali.
- Campbell, J.A. 1998. *Amphibians and reptiles of northern Guatemala, the Yucatan and Belize*. University of Oklahoma Press, Norman.
- Campbell, J.A. 1999. Distribution patterns of amphibians in Middle America. Pages in 111-210 in W.E. Duellman editor. *Patterns in distribution of amphibians: a global perspective*. John Hopkins University Press. Baltimore, Maryland. EE.UU.

- Christensen, C.N. 1974. Adaptations in water economy of some Anuran amphibian, *Comp. Biochem. Physiol.*, 47(A):1035-1049.
- Crawford, A.J.; Smith, E.N. 2005. Cenozoic biogeography and evolution in direct-developing frogs of Central America (Leptodactylidae: Eleutherodactylus) as inferred from a phylogenetic analysis of nuclear and mitochondrial genes. *Mol Phylogenet Evol.*, Jun;35(3), 536-55
- Crump, M. L. y N. J. Scott. 1994. Visual Encounter Surveys. Págs. 84-92. En: W. R. Heyer, M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek, y M. S. Foster (ed.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.
- Duellman, W. y R. Thomas. 1996. Anuran amphibians from a tropical dry forest in southeastern Peru and comparisons of the anurans among sites in the upper Amazon Basin. *Occasional Papers of the Museum of Natural History. University of Kansas* (180): 1-34.
- Duellman, W.E. y Trueb, L. 1994. *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press. EE.UU. 670 p.
- Etheridge, R. 1996. *Methods for Preserving Amphibians and Reptiles for Scientific Study* (adapted for the WWW and updated by M. O'Brien and G. Schneider, May 1996)
- Frost, Darrel R. 2007. *Amphibian Species of the World: an online reference*. Version 5.0 (1 February 2007). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.

- García-R., J.C., *et al.* 2005. Relationship among anurans distribution and habitat variables at La Romelia, Munchique National Park (Cauca, Colombia). *Caldasia*, Dec. 2005, vol.27, no.2, p.299-310. ISSN 0366-5232.
- Green, D.M. 1997. Perspectives on amphibian population declines: defining the problem and searching for answers. Pp. 291–308. *In* Green, D.M. (Ed.), *Amphibians in Decline: Canadian Studies of a Global Problem*. Herpetological Conservation, Number 1, Society for the Study of Amphibians and Reptiles, St. Louis, Missouri.
- Heyer, W.R., A.S. Rand, C.A.G de Cruz y O.L. Peixoto. 1988. Decimations, extinctions, and colonization of frog populations in southeast Brazil and their evolutionary implications. *Biotrópica* 20: 230-235.
- Heyer, W.R., *et al.*, Eds. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standards methods for Amphibians*. Smithsonian. EE.UU. 364 p.
- Hickman, C, P., *et al.* 2000. *Principios Integrales de Zoología*. 10<sup>o</sup> Edición. MacGraw-Hill Interamericana. España. 921 p.
- Hutchins, M., eds. 2004. *Animal Life Encyclopedia, Amphibians*. 2<sup>o</sup>. Ed.Thomson Gale. American Zoo and Aquarium (AZA). Vol.6. EE.UU. 507 p.
- Laurence, W.F., McDonald, K.R. and Speare, R. 1996. Epidemic disease and the catastrophic decline of Australian rain forest frogs. *Conservation Biology* 10, (2) 406-413.

- Lannoo, M.J. (Ed.) 1998. Status and Conservation of Midwestern Amphibians. University of Iowa Press. Iowa City, Iowa.
- Moore, J.A. 1964. Physiology of the amphibian. Academic Press. EE.UU. 654 p.
- Moreno, C.E. 2000. Métodos para medir la biodiversidad. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. 83 p.
- Osorno-Muñoz, M. 1999. Evaluación del efecto de borde para poblaciones de *Eleutherodactylus viejas* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae), frente a corredores de servidumbre en diferente estado de regeneración, en dos bosques intervenidos por líneas de transmisión eléctrica de alta tensión. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Suplemento Especial 23: 347-356.
- Pickwell, G. 1972. Amphibians and Reptiles of the Pacific States. Dover Publications, INC. EE.UU. 234 p.
- Pough, F.H., et al. 2004. Herpetology. Third edition. Pearson Prentice Hall. United States of America. 726 p
- Pounds, J.A. P. L. Michael, Fogden y. Campbell, J.L. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. Letters to Nature. Vol. 398.
- Roth, J.J. 1973. Vascular supply to the ventral pelvic region of anurans as related to water balance. J. Morph., 140:443-460.

- Stebins, R. C. and N. W. Cohen. 1995. *A Natural History of Amphibians*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 316 p.
- Stuart, et al. 2004. *Science* **306**, 1783–1786 pp.
- Stuart, L. C. 1943. Taxonomic and Geographic comments on Guatemalan salamanders of the genus *Oedipus*. *Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan* 56:1-33.
- Stuart, L.C. 1957. Herpetofaunal dispersal routes through northern Central America. *Copeia* 1957:89-94.
- Stuart, L.C. 1964. Fauna of Middle America. En: R. Wauchope y R.C. West (eds.). *Handbook of Middle American Indians. Vol. I. Natural environment and early cultures*. University of Texas Press, Austin. Pp. 316-362.
- Stuart, M.M. 1995. Climate driven population fluctuations in rain forest frogs. *Journal of Herpetology*. 29:437-446.
- Young, B.E., et al. 2000. Population declines and Priorities for Amphibian Conservation en Latin America. *Conservation Biology*. Vol. 15, No.5: 1213-1223.

## **12. Anexos**



## Tablas y resultados complementarios

**Tabla A. Variables microclimáticas registradas por especie y por microhábitat, medias, desviación estándar y coeficientes de correlación. Datos ordenados por especies.**

Especie	Vegetación/ microhábitat	Temperatura °C (ambiental)	Temperatura °C (sustrato)	Humedad %
<i>C. aphanus</i>	SH	26	24.5	88
<i>C. chac</i>	SH	25	24.4	85
<i>C. chac</i>	SH	27	24.8	87
<i>C. chac</i>	SH	27	24.2	87
<i>C. rhodopis</i>	SH	26	23.4	87
<i>C. sabrinus</i>	SH	30	25.2	77
<i>C. sabrinus</i>	TV	29	25.3	78
<i>C. sabrinus</i>	SH	30	26	79
<i>C. sabrinus</i>	RC	28	25.2	82
<i>C. sabrinus</i>	RC	26	23.6	83
<i>C. sabrinus</i>	RR	26	24	83
<i>C. sabrinus</i>	SH	26	24	85
<i>C. sabrinus</i>	HI	27	24.9	86
<i>C. sabrinus</i>	TC	28	25.7	86
<i>C. sabrinus</i>	HI	28	25.6	87
<i>C. sabrinus</i>	TV	28	25.1	87
<i>C. sabrinus</i>	SH	26	23.3	88
<i>C. sabrinus</i>	SH	28	25.2	88
<i>C. sabrinus</i>	TV	28	26.8	88
<i>C. sabrinus</i>	MG	28	26	89
<i>C. sabrinus</i>	SH	26	23.2	89
<i>C. sabrinus</i>	SH	26	23.3	89
<i>C. sabrinus</i>	SH	26	23.6	89
<i>C. sabrinus</i>	RC	27	25.6	91
<i>C. sabrinus</i>	HI	27	25.7	93
<i>C. sabrinus</i>	RC	27	25.9	93
<i>C. sabrinus</i>	RC	27	25.7	94
<i>C. sandersoni</i>	SH	24	21.5	80
<i>C. sandersoni</i>	SH	24	21.6	80
<i>C. sandersoni</i>	SH	27	24.3	80

<i>C. sandersoni</i>	RR	23	21.6	81
<i>C. sandersoni</i>	RC	28	25	83
<i>C. sandersoni</i>	SH	28	24.9	83
<i>C. sandersoni</i>	RC	27	23.3	84
<i>C. sandersoni</i>	RR	27	24.4	85
<i>C. sandersoni</i>	RR	27	25.2	85
<i>C. sandersoni</i>	SH	28	24.8	85
<i>C. sandersoni</i>	SH	27	25	85
<i>C. sandersoni</i>	HI	28	25.5	86
<i>C. sandersoni</i>	HI	28	25.7	86
<i>C. sandersoni</i>	SH	26	23.6	86
<i>C. sandersoni</i>	SH	27	23.8	86
<i>C. sandersoni</i>	SH	27	24.4	86
<i>C. sandersoni</i>	SH	28	24.8	86
<i>C. sandersoni</i>	TV	27	25	86
<i>C. sandersoni</i>	ARB	27	24.8	87
<i>C. sandersoni</i>	HI	27	24.4	87
<i>C. sandersoni</i>	HI	27	24.4	87
<i>C. sandersoni</i>	SH	27	24.8	87
<i>C. sandersoni</i>	TC	28	24.4	87
<i>C. sandersoni</i>	ARB	26	23.8	88
<i>C. sandersoni</i>	RR	26	23	88
<i>C. sandersoni</i>	ARB	26	24	89
<i>C. sandersoni</i>	RR	26	23.2	89
<i>C. sandersoni</i>	RR	24	23.4	89
<i>C. sandersoni</i>	SH	25	22.6	89
<i>C. sandersoni</i>	SH	26	25.2	90
<i>C. sandersoni</i>	HI	28	26	91
<i>C. sandersoni</i>	SH	26	25.2	91
<i>C. sandersoni</i>	SH	27	25.7	91
<i>C. sandersoni</i>	SH	25	23.2	92
<i>C. sandersoni</i>	TV	26	25.3	93
<i>C. sandersoni</i>	SH	27	25.9	94
<i>C. sandersoni</i>	HI	27	25.5	95
<i>C. sp1</i>	HI	28	24.3	88
Medias		26.82	24.52	86.82
Desviación estándar		1.30	1.13	3.88
Coeficiente de correlación de Pearson (temperatura ambiental y de microhábitat)			0.756519527	
Coeficiente de correlación de Pearson (temperatura microhábitat y humedad)			0.277963586	
Coeficiente de correlación de Pearson (temperatura ambiental y humedad)			-0.155800343	

**Tabla B. Variables microclimáticas registradas para *Craugastor sabrinus* y sus microhábitat, medias, desviación estándar y coeficientes de correlación.**

Vegetación/ microhábitat	Temperatura °C (ambiental)	Temperatura °C (sustrato)	Humedad %
HI	27	24.9	86
HI	28	25.6	87
HI	27	25.7	93
MG	28	26	89
RC	28	25.2	82
RC	27	25.9	93
RC	27	25.6	91
RC	27	25.7	94
RC	26	23.6	83
RR	26	24	83
SH	30	25.2	77
SH	30	26	79
SH	26	24	85
SH	26	23.2	89
SH	26	23.6	89
SH	26	23.3	89
SH	26	23.3	88
SH	28	25.2	88
TC	28	25.7	86
TV	29	25.3	78
TV	28	25.1	87
TV	28	26.8	88
Media	27.36	24.95	86.55
desviación estándar	1.26	1.05	4.68
Observaciones	22	22	
Coeficiente de correlación de Pearson	0.690648294		
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	21		
Estadístico t	12.21246819		
P(T<=t) una cola	2.63228E-11		
Valor crítico de t (una cola)	1.720742871		
P(T<=t) dos colas	5.26456E-11		
Valor crítico de t (dos colas)	2.079613837		

## Fotografías

Especies de ranas *Craugastor* registradas



*Craugastor sabrinus*



*Craugastor sabrinus*



*Craugastor rhodopis*



*Craugastor chac*



*Craugastor sandersoni*



*Craugastor sp.*

---

Leslie Melisa Ojeda Cabrera

Autora

---

Lic. José Fernando Díaz Coppel

Asesor

---

Juan Fernando Hernández, Ph.D.

Revisor

---

Licda. Rosalito Barrios de Rodas

Directora Escuela de Biología

---

Oscar Cobar Pinto, Ph.D.

Decano

