

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología

Distribución altitudinal de anfibios del sotobosque y
comparación de riqueza en las vertientes Oeste y Este
de La Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil,
municipio de Santo Tomás, Departamento Izabal,
Guatemala.

Trabajo de investigación presentado por Flor de María Peláez
Urrutia para optar al grado académico de Licenciado en
Biología

Guatemala

2002

Distribución altitudinal de anfibios del sotobosque y comparación de riqueza en las vertientes Oeste y Este de La Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, municipio de Santo Tomás, Departamento Izabal, Guatemala.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología

Distribución altitudinal de anfibios del sotobosque y
comparación de riqueza en las vertientes Oeste y Este
de La Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil,
municipio de Santo Tomás, Departamento Izabal,
Guatemala.

Trabajo de investigación presentado por Flor de María Peláez
Urrutia para optar al grado académico de Licenciado en
Biología

Guatemala

2002

Vo. Bo.

(f.) _____
Dr. Michael W. Dix
Asesor Principal

Tribunal

(f.) _____
Lic. Peter Rockstroh

(f.) _____
Dr. Michael W. Dix

(f.) _____
Dra. Margaret Dix
Directora del Depto. de Biología

Fecha de aprobación: 13 de Marzo, 2002.

A mis padres:
que me regañaron y felicitaron,
que siempre permanecieron a mi lado,
que me dieron una inmensa fuerza,
me inspiraron una fiera y desafiante confianza
y que me dieron la seguridad de que nunca faltaría
tierra bajos mis pies para danzar, correr o dar el salto.
Gracias por su inmenso amor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a FUNDAECO por su apoyo financiero y académico durante el período de estudio; a Miguel Ramírez por compartir sus conocimientos durante todas las giras y a Alexis Cerezo por apoyarnos. A mis amigos que ayudaron durante los viajes de campo: Samuel, José Luis, Luchi, Sara, Gabriela, Paco y Diana; mil gracias por su tiempo y esmero.

Mil gracias a Peter Rockstroh por brindarme su tiempo y compartir sus conocimientos y ser un apoyo durante la redacción de la tesis. También agradezco al Dr. Michael Dix por su tiempo, dedicación y por su guía para cada paso de este trabajo.

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| PREFACIO | v |
| ARADECIMIENTOS | vi |
| LISTA DE CUADROS | viii |
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| RESUMEN | x |
| Capítulos | |
| 1. INTRODUCCIÓN | v |
| A. Antecedentes bibliográficos..... | 1 |
| B. Justificación | 5 |
| C. Objetivos | 6 |
| D. Hipótesis..... | 6 |
| II. METODOLOGÍA..... | 7 |
| A. Recopilación bibliográfica:..... | 7 |
| B. Area de Estudio: | 7 |
| C. Determinación de Area de Estudio: | 8 |
| D. Viajes de Campo:..... | 10 |
| E. Tipo de Muestreo:..... | 10 |
| F. Manejo de Especímenes: | 12 |
| G. Análisis de Datos: | 12 |
| III. RESULTADOS..... | 14 |
| IV. DISCUSIÓN | 29 |
| V. CONCLUSIONES | 35 |
| VI. RECOMENDACIONES | 37 |
| VII. LITERATURA CITADA | 38 |
| VIII. APÉNDICE..... | 41 |

LISTA DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|--|--------|
| 1. Especies reportadas de anfibios para Izabal, Guatemala. | 4 |
| 2. Puntos muestreados en la vertiente Oeste de CSG..... | 9 |
| 3. Puntos muestreados en la vertiente Este de CSG. | 9 |
| 4. Distribución de especies por rangos altitudinales para la vertiente Oeste del CSG (Carboneras)..... | 14 |
| 5. Distribución de especies por rangos altitudinales para la vertiente Este del CSG (Las Torres)..... | 15 |
| 6. Especies de anfibios reportadas para las Montañas del Mico, Guatemala, incluyendo especies encontradas en el presente estudio | 16 |
| 7. Especies de anfibios reportadas durante los muestreos diurnos y nocturnos en todos los sitios de muestreo | 17 |
| 8. Estadística descriptiva: Índice de similitud de Jaccard para todos los rangos altitudinales y vertientes Oeste y Este del CSG. | 18 |
| 9. Índice de similitud de Simpson para todos los rangos altitudinales y vertientes Oeste y Este del CSG | 18 |
| 10. Índice de similitud de Sorensen (Dice) para todos los rangos altitudinales y vertientes Oeste y Este del CSG..... | 19 |
| 11. Análisis de varianza univariado (ANOVA) entre los sitios..... | 28 |
| 12. Número acumulativo de especies de anfibios encontradas al aumentar el número de individuos colectados por sitio..... | 42 |
| 13. Número acumulativo de especies de anfibios encontradas al aumentar el esfuerzo de colecta por sitio. | 43 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Página |
|---|--------|
| 1. Corredores de dispersión de varios taxas, reportado por Stuart (1954), Duellman (1966) y Savage (1966)..... | 2 |
| 2. Mapa de ubicación de la Reserva Protectora de Manantiales Cero San Gil, Izabal, Guatemala. | 7 |
| 3. Puntos de muestreo en CSG según franjas altitudinales en la vertiente Este y Oeste. | 8 |
| 4. Mapa de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, mostrando puntos de muestreo. | 9 |
| 5. Análisis de agrupamiento jerárquico con índice de similitud de Jaccard | 19 |
| 6. Análisis de agrupamiento jerárquico con índice de similitud de Sorensen (Dice) | 20 |
| 7. Análisis de agrupamiento jerárquico con índice de similitud de Apareamiento Simple (“Simple Matching”) | 20 |
| 8. Curva de acumulación de especies de anfibios con el modelo Clench para diferentes sitios de CSG. .. | 21 |
| 9. Estimación del número mínimo de muestra para obtener el mayor número de especies de anfibios para diferentes sitios de CSG, utilizando el modelo Clench modificado. | 22 |
| 10. Distribución de especies de anfibios por rangos de altura en CSG, vertiente Oeste y Este..... | 23 |
| 11. Análisis de correspondencia de promedios recíprocos (RA)..... | 24 |
| 12. Análisis de correspondencia para <i>Eleutherodactylus chac</i> | 25 |
| 13. Análisis de Correspondencia para <i>Hyalinobatrachium fleishmanni</i> | 26 |
| 14. Análisis de ordenación de mínima distorsión espacial (MNS)..... | 27 |
| 15. Histograma mostrando una distribución normal durante el muestreo. | 44 |
| 16. Hoja de campo utilizada para anfibios colectados..... | 45 |

RESUMEN

La Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil (CSG), se encuentra en el Departamento de Izabal, Guatemala; y constituye la parte más alta de las Montañas del Mico, ubicadas en los municipios de Puerto Barrios, Livingston y Morales. Abarca desde el nivel del mar hasta los 1,267 msnm. En este estudio se hizo un inventario de anfibios del CSG en las vertientes Oeste y Este. Para la colecta se trabajaron con tres rangos altitudinales para cada vertiente, altura baja, media y alta. Se establecieron franjas altitudinales de 200 m para los puntos. La metodología utilizada para la colecta de especímenes de anfibios consistió en encuentro visual con los animales diurnos y nocturnos, intensidad intermedia y transectos. En total se encontraron 19 especies de anfibios en CSG, 12 especies en la vertiente Oeste y 17 especies en la vertiente Este. Se comparó el número de especies de anfibios comunes y totales entre los diferentes sitios de muestreo por medio de los índices de similitud de Jaccard, Sorensen y Dice. Luego estos índices fueron sometidos a análisis Cluster, en donde se demostró que los sitios más similares son los sitios de menor altitud (100-600 msnm). Una curva de acumulación de especies para cada sitio de la vertiente Oeste y Este demostró que el muestreo fue adecuado en cuanto a esfuerzo de colecta para cada sitio. Se observó que el número de especies de anfibios del sotobosque disminuye al aumentar la altura del CSG en las vertientes Oeste y Este. Con un análisis de ordenación se pudo comprobar que las especies de anfibios en CSG se distribuyen más similarmente por altura del Cerro que por vertiente. Más se demostró, con un análisis de varianza que ambos; vertiente y altura, tienen una relación con la riqueza de especies de anfibios en CSG.

1. INTRODUCCIÓN

Los anfibios son componentes importantes dentro de los ecosistemas ya que pueden ser indicadores de cambios ambientales leves. Ciertas características de los anfibios como piel permeable (usado como un órgano respiratorio importante) los hace más sensibles a la contaminación del agua superficial y del manto freático, a cambios drásticos del clima, así como el aumento de la presencia de químicos en el ambiente y la radiación ultravioleta. Son los únicos tetrápodos que poseen un ciclo de vida bifásico y por ello son más sensibles a cualquier cambio ambiental, incluyendo terrestre o acuático. Por ello son organismos indicadores de la calidad de los ecosistemas (Lee, 2000:48). Es muy importante el estudio de estos organismos para tener datos de referencia comparativos para estudios futuros y detectar cambios en los ecosistemas.

El área de Cerro San Gil es una región muy importante ya que es parte de un corredor biológico de dispersión para varias especies de anfibios, reptiles y otros taxa (Stuart, 1954; Duellman, 1966; Savage, 1966). Este estudio pretende proveer información básica sobre la composición de las comunidades de anfibios en la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil (CSG), útil para diseñar planes de manejo y la conservación de fuentes de agua dentro de la reserva para el beneficio de las comunidades del área. Se hará una comparación de diversidad de anfibios del sotobosque por franjas altitudinales para entender más la composición de especies de anfibios del área y determinar la influencia que tiene la altura o la vertiente sobre ella.

Se trabajó en la vertiente Oeste y Este del CSG debido a que están influenciadas por diferentes cuencas, la vertiente Este colinda con la Bahía de Amatique y el Océano Atlántico y el Oeste con el Valle del Río Motagua. Ambas vertientes presentan facilidad de acceso a las diferentes franjas altitudinales de muestreo.

A. Antecedentes bibliográficos

GSC contiene una gran riqueza en biodiversidad, tanto en flora como en fauna. Para poder promover la protección y desarrollo de la región es necesario realizar estudios relacionados al impacto que puedan tener las actividades humanas sobre el ecosistema.

CSG se encuentra en el departamento de Izabal, Guatemala y constituye la parte más alta de las Montañas del Mico, ubicadas en los municipios de Puerto Barrios, Livingston y Morales. Abarca desde el nivel del mar hasta los 1,267 msnm (metros sobre el nivel del mar). Limita al Noreste con el Océano Atlántico y la Bahía de Amatique y al Este con el Valle del Motagua. La estructura de la vegetación, es de bosque tropical muy húmedo y bosque premontano muy húmedo arriba de los 700 msnm (Holdridge, 1992).

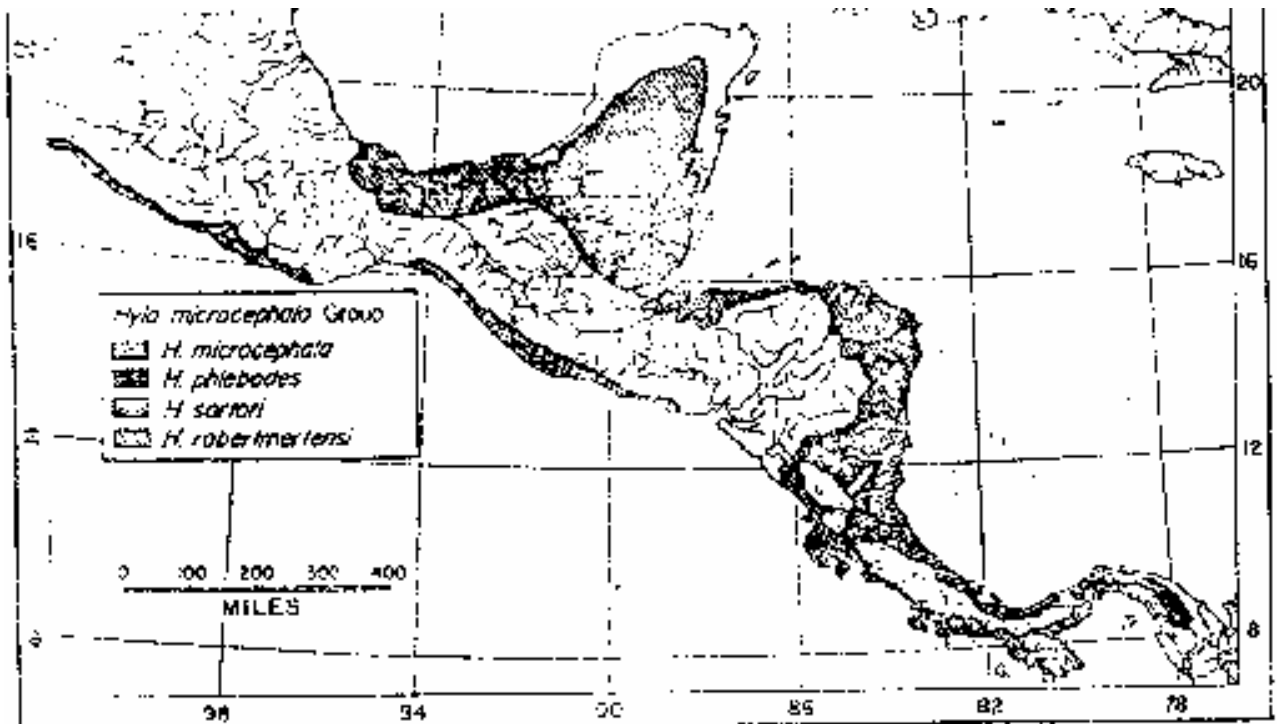
El clima de la región es cálido y húmedo, con una temperatura promedio de 25°C. La humedad relativa absoluta varía del 33.8% al 100%. La precipitación media anual es superior a los 3000 mm y se

distribuye durante 212 días de lluvia al año (FUNDAECO, *et al.* 1990). Esta área posee la mayor precipitación anual reportada para Guatemala, en el año 1999 fue de 3147.1 mm/anales (Insivumeh, 2002).

Los principales usos de la tierra son la ganadería, pastos, cultivos anuales y agricultura migratoria. La economía es fundamentalmente agrícola y en menor medida pecuaria y forestal. El crecimiento poblacional de las aldeas y el incremento en el uso de los bosques para cultivos esta provocando un serio problema de contaminación del agua y paisaje debido principalmente a la degradación de los suelos, así como la ausencia de infraestructura sanitaria adecuada y a la acumulación de desechos (FUNDAECO, *et al.* 1990).

El área de CSG es una zona biográfica importante para la conservación, ya que es parte de un corredor biológico de dispersión de varias especies de anfibios, entre ellos *Hyla loquax*, *H. microcephala*, *H. ebraccata*, *Leptodactylus pentadactylus*, *Agalychnis callidryas* y varios géneros de reptiles como *Micrurus*, *Clelia*, *Bothrops* y *Ameiva*. Este corredor se estrecha en Guatemala y se reduce al área de Izabal, CSG; formando una reducida franja (Vid. Figura 1) (Stuart, 1954; Duellman, 1966 y Savage, 1966). Esta gráfica ilustra la importancia de la zona, ya que por la reducida franja pasa el movimiento de especies en ambas direcciones.

Figura 1. Corredores de dispersión de varios taxas, reportado por Stuart (1954), Duellman (1966) y Savage (1966).



Podemos observar dos corredores biológicos de dispersión de especies de varios taxa incluyendo anfibios y reptiles. Uno de los más importantes es el corredor del Norteamérica, podemos observar que este corredor se estrecha dramáticamente en el área de Guatemala dejando exclusivamente al área de CSG y zonas aledañas como parte del corredor.

La mayoría de los estudios sobre flora y fauna que se han realizado en el CSG, se concentran en las cuencas de los ríos Las Escobas y Tamejá. Han sido registradas varias familias de anfibios, entre ellos una familia de caecílicas monoespecífica; una familia de salamandras con tres especies y cuatro familias de ranas y sapos con 15 especies. Existen más amplios registros de especies de anfibios reportadas para Izabal de diferentes autores incluyendo la colección de la Universidad del Valle de Guatemala. Una lista de especies reportadas se presenta en el cuadro 1. Además, se han reportado dos especies de ranas endémicas del género *Eleutherodactylus*: *Eleutherodactylus aphanus* y *E. biporcatus* (Familia Leptodactylidae) (Campbell y Vannini, 1989), una especie de la familia Hylidae: *Ptychohyala panchoi* reportada de los 250-600msnm y dos especies de la familia Plethodontidae: *Bolitoglossa odonnelli* y *Nototriton stuarti* (Campbell, 1998).

Stuart (1935, 1943, 1950, 1958) realizó valiosos estudios pioneros de campo que han sentado la base para la herpetología en Guatemala. Campbell y Vannini, 1989; dividieron Guatemala en ocho áreas biogeográficas basadas en la distribución de anfibios y reptiles llamadas áreas de fauna. Entre ellas están: área de Petén, área Queckchí, área de la Sierra (la cuál incluye La Sierra de las Minas, las Montañas del Mico), área de Zacapa, área de Jalapa, área de Huehuetenango, área de Escuintla y área Fuegana del Volcán de Fuego.

El número total de especies de anfibios y reptiles registradas para Guatemala para 1989 era de 326 distribuidas en 112 especies de anfibios y 214 especies de reptiles. Campbell y Vannini, 1989; reportan 10 especies de salamandras para el área de la Sierra y 33 especies de anura, convirtiéndola en el área de mayor diversidad de anuros de las ocho áreas definidas anteriormente (Campbell y Vannini, 1989). De acuerdo a estos autores, el número de especies de anfibios y reptiles permanece constante a elevaciones hasta los 1,500 msnm, y arriba de este nivel el número disminuye rápidamente. La composición de especies de anfibios varía de acuerdo a variables ambientales tales como humedad (Scout, 1976:46 y Vonesh, 2001:504), elevación (Scout, 1976:46) y perturbación humana (Hienen, 1992:437).

Cuadro 1. Especies reportadas de anfibios para Izabal, Guatemala.

| Familia | Especie | Especie Terrestres (S) sotobosque |
|--------------------------|--|-----------------------------------|
| | | Especie Arbórea (A) |
| Familia: Caecilidae | <i>Dermophis mexicana</i> (Duméril y Bibron, 1841) | S |
| | <i>Gymnopsis syntremus</i> (Cope, 1866) | S |
| Familia: Plethodontidae | <i>Bolitoglossa dofleini</i> (Werner, 1903) | S |
| | <i>Bolitoglossa dunni</i> (Schmidt, 1933) | S |
| | <i>Bolitoglossa mexicana</i> Duméril, Bibron y Duméril, 1854 | A y S |
| | <i>Bolitoglossa mulleri</i> (Brocchi, 1883) | A |
| | <i>Bolitoglossa odonnelli</i> * (Stuart, 1943) | S |
| | <i>Bolitoglossa rufescens</i> (Cope, 1869) | A |
| | <i>Nototriton stuarti</i> * Wake y Campbell, 2000 | S |
| | <i>Oedipina elongata</i> (Schmidt, 1936) | S |
| Familia: Leptodactylidae | <i>Eleutherodactylus adamastus</i> Campbell, 1994 | S |
| | <i>Eleutherodactylus aphanus</i> * Campbell, 1994 | S |
| | <i>Eleutherodactylus biporcatus</i> * (Peters, 1863) | S |
| | <i>Eleutherodactylus chac</i> Savage, 1987 | S |
| | <i>Eleutherodactylus laticeps</i> (Duméril, 1853) | S |
| | <i>Eleutherodactylus psephosypharus</i> Campbell, Savage y Meyer, 1994 | S |
| | <i>Eleutherodactylus rostralis</i> (Werner, 1896) | S |
| | <i>Eleutherodactylus sabrinus</i> Campbell y Savage, 2000 | S |
| | <i>Eleutherodactylus sandersoni</i> Schmidt, 1941 | S |
| | <i>Leptodactylus labialis</i> (Cope, 1877) | S |
| | <i>Leptodactylus melanonotus</i> (Hallowell, 1861) | S |
| | <i>Physalaemus pustulosus</i> (Cope, 1864) | S |
| Familia: Bufonidae | <i>Bufo campbelli</i> Mendelson, 1994 | S |
| | <i>Bufo canaliferus</i> Cope, 1877 | S |
| | <i>Bufo ibarraii</i> Stuart, 1954 | S |
| | <i>Bufo marinus</i> (Linnaeus, 1758) | S |
| | <i>Bufo valliceps</i> Wiegmann, 1833 | S |
| Familia: Hylidae | <i>Agalychnis callidryas</i> (Cope, 1862) | A |
| | <i>Agalychnis moreletti</i> (Duméril, 1853) | A |
| | <i>Duellmanophyla soralia</i> (Campbell y Smith, 1992) | A |
| | <i>Hyla bromeliacea</i> Schmidt, 1933 | A |
| | <i>Hyla loquax</i> Gaige y Stuart, 1934 | A |
| | <i>Hyla microcephala</i> Cope, 1886 | A |
| | <i>Hyla picta</i> (Gunter, 1901) | A |
| | <i>Phrynohyas venulosa</i> Laurenti, 1768 | A |
| | <i>Ptychohyla panchoi</i> * Duellman y Campbell, 1982 | A |
| | <i>Ptychohyla sanctaecrucis</i> Campbell y Smith, 1992 | A |

| | | |
|------------------------|--|---------------------|
| | <i>Scinax staufferi</i> (Cope, 1865) <i>Smilisca baudinii</i> (Duméril y Bibron, 1841) <i>Smilisca cyanosticta</i> (Smith, 1953) | A A y S A y S |
| Familia: Microhylidae | <i>Gastrophryne elegans</i> (Boulenger, 1882) <i>Hypopachus variolosus</i> (Cope, 1866) | S S |
| Familia: Centrolenidae | <i>Hyalinobatrachium fleishmani</i> (Boettger, 1893) | A |
| Familia: Ranidae | <i>Rana berlandieri</i> Baird, 1854 <i>Rana maculata</i> Brocchi, 1877 <i>Rana vaillanti</i> Brocchi, 1877 | S S S |
| | TOTAL: 46 especies reportadas | |

* especies endémicas

Se pueden observar las especies reportadas para las Montañas del Mico, Izabal, Guatemala. Los reportes se basan en Campbell (1998), Campbell y Vannini (1989), Lee (2000), colección de referencia UVG y colección de referencia de la Universidad de Texas de Arlington de Campbell. De las 46 especies reportadas para el área, 32 especies son terrestres o del sotobosque y 14 son arbóreas.

B. Justificación

Se pretende una comparación de la riqueza de especies de anfibios del área según rangos altitudinales. Esta área es muy adecuada para este tipo de estudio por el fácil acceso a todos los rangos altitudinales, fuentes de agua en cada uno y bosque primario poco perturbado. Esto permite muestreos eficientes y repetitivos. El CSG es un área relativamente pequeña pero con un gradiente altitudinal de amplio rango, lo que facilita el trabajo en franjas altitudinales en ambas vertientes.

Este estudio provee información básica sobre la composición de los anfibios de CSG, útil en futuros planes de manejo y conservación de fuentes de agua dentro de la reserva para beneficio de las comunidades del área. Es importante tener una base de datos que permita comparar la composición de especies de anfibios en un momento dado para estudios de poblaciones. Los anfibios son un grupo taxonómico que permite la supervisión de cambios ambientales en un ecosistema, son indicadores de calidad de ecosistemas.

Se hace resaltar la gran importancia que posee el área de CSG como parte de un corredor biológico de dispersión para varias especies de anfibios, reptiles y otros taxa (Stuart, 1954; Duellman, 1966 y Savage, 1966). El corredor de dispersión se estrecha en esta región por factores únicos de humedad y precipitación, lo que aumenta la importancia de la conservación para preservar el corredor que conecta Suramérica y Norteamérica. CSG posee un gran potencial como centro de conservación de biodiversidad, bioprospección y posibilidades de desarrollar programas ecoturísticos que signifiquen una fuente de ingresos para las comunidades aledañas.

C. Objetivos

1. **Objetivo General:** Preparar una lista de distribución de especies de anfibios, por rangos altitudinales, en las vertientes Oeste y Este de CSG, municipio de Santo Tomás, Izabal, Guatemala.

2. Objetivos Específicos

- a. Verificar si existe una relación entre riqueza de especies de anfibios y altitud en CSG en las vertientes Oeste y Este.
- b. Verificar si existe una relación entre riqueza de especies de anfibios y vertiente en CSG.
- c. Determinar similitud entre los puntos muestreados con respecto a la riqueza de especies de anfibios.
- d. Proveer información útil de CSG para posibles proyectos de manejo y conservación del área.
- e. Determinar los factores de correlación entre altura, vertiente y diversidad de anfibios.
- f. Contribuir con un inventario general de especies de anfibios para CSG.

D. Hipótesis

Se plantearon tres hipótesis para comparar diversidad de especies de anfibios con rangos altitudinales y vertiente Este y Oeste del CSG. Estas hipótesis fueron luego evaluadas con un análisis de varianza de dos vías (ANOVA).

- H_0 = No hay efecto de la vertiente del CSG sobre la riqueza de especies de anfibios encontrados.
 H_a = Existe un efecto de la vertiente del CSG sobre la riqueza de especies de anfibios.
- H_0 = No hay diferencia en la riqueza de especies de anfibios en CSG entre los diferentes rangos altitudinales muestreados.
 H_a = Existe diferencia de riqueza de especies de anfibios en CSG entre los diferentes rangos altitudinales muestreados.
- H_0 = No hay interacción entre la vertiente y altura del CSG sobre la riqueza de especies de anfibios.
 H_a = Existe una interacción entre la vertiente y la altura del CSG sobre la riqueza de especies de anfibios.

I. METODOLOGÍA

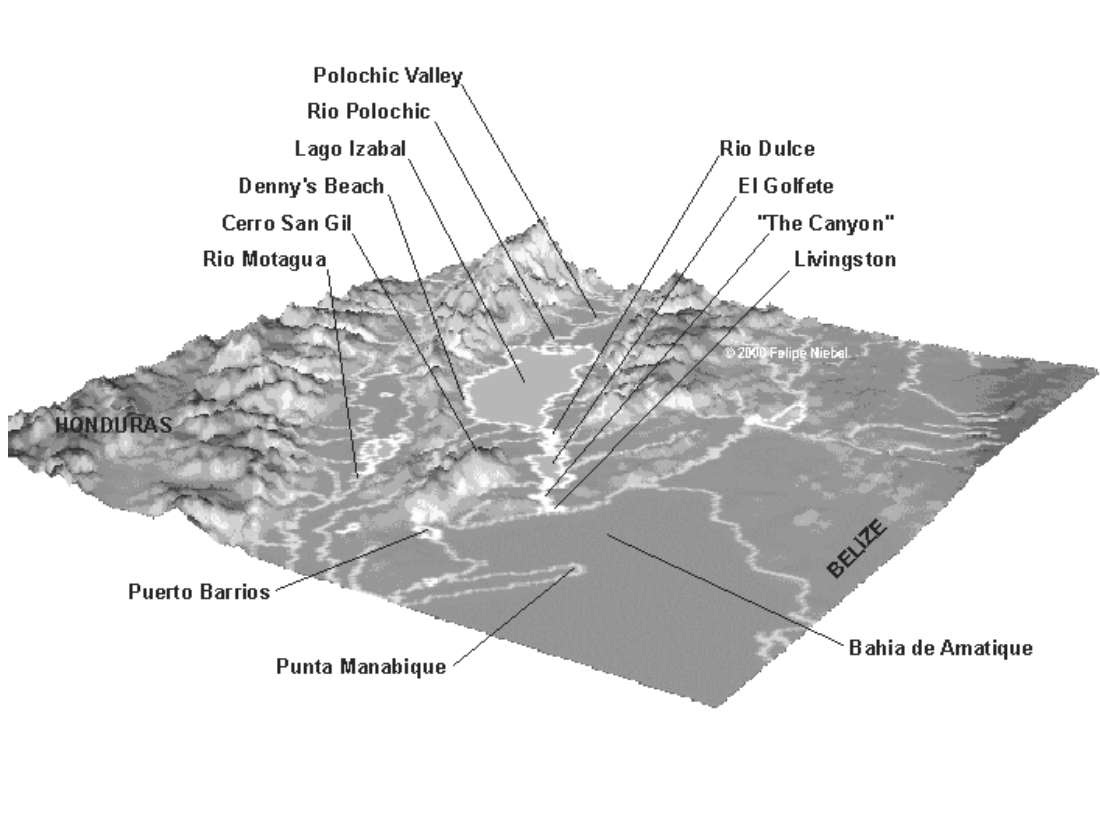
A. Recopilación bibliográfica

Se recopilaron listas de las especies de anfibios reportadas para CSG, así como también los especímenes presentes en las colecciones de anfibios en el Departamento de Biología de la Universidad del Valle de Guatemala y colección de referencia de la Universidad de Texas, Arlington, USA (Campbell, 2000), para tener una base de comparación con las especies encontradas durante este estudio. Se recopiló información bibliográfica sobre muestreo de anfibios y técnicas para análisis de datos.

B. Área de estudio

La Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, departamento de Izabal, Guatemala; constituye la parte más alta de las Montañas del Mico (1267 msnm), que están ubicadas en los municipios de Puerto Barrios, Livingston y Morales. El sitio que se estudiará será la vertiente Oeste del CSG, Carboneras; y la vertiente Este del CSG, Las Escobas. Ambas vertientes cuentan con acceso a pie o carretera a las franjas altitudinales, sitios de campamento que FUNDAECO puso a disposición y guardarecursos.

Figura 2. Mapa de ubicación de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal, Guatemala.



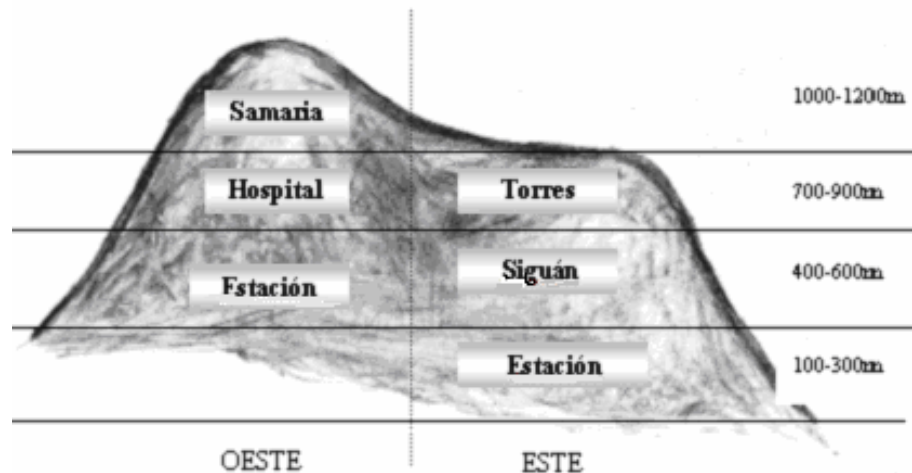
Podemos ver un mapa en relieve de la ubicación de CSG y sitios cercanos. CSG está limitado al Noreste con el Océano Atlántico y la Bahía de Amatique y al este con el Valle del Motagua.

C. Determinación de área de estudio

El área de muestreo se dividió en franjas altitudinales de 200 m separadas por 100 m para evitar zonas de traslape (*vid.* Figura 3). Se trabajó en las vertientes Oeste y Este de CSG seleccionando tres puntos por vertiente, en las franjas de altitud baja, media y alta de cada una. Se usaron estas vertientes debido a que están influenciadas por diferentes cuencas. La vertiente Este está influenciada por el mar Atlántico y la Bahía de Amatique y la vertiente Oeste está más influenciada por el Valle del río Motagua (agua dulce).

Se escogieron los puntos de muestreo según accesibilidad al terreno a pie o a caballo y cercanía de los senderos para facilidad de transporte de los materiales.

Figura 3. Puntos de muestreo en CSG según franjas altitudinales en la vertiente Este y Oeste.



Se muestran los sitios de muestreo en las vertientes Oeste y Este del CSG con sus respectivos nombres y alturas.

Cuadro 2. Puntos muestreados en la vertiente Oeste de CSG

| Punto | Rango (msnm) | Nombre del sitio | GRADOS | |
|-------|--------------|------------------|--------------|--------------|
| | | | NORTE | ESTE |
| 1 | 400-600 | La Estación | 15° 38' 12'' | 88° 49' 40'' |
| 2 | 700-900 | El Hospital | 15° 39' 04'' | 88° 50' 00'' |
| 3 | 100-1200 | Samaria | 15° 40' 03'' | 88° 47' 21'' |

Se muestran los diferentes sitios muestreados en la vertiente Oeste (Carboneras). En este punto no se muestreo en el rango 100-300 msnm ya que en esta área ese rango altitudinal presenta cultivos.

Cuadro 3. Puntos muestreados en la vertiente Este de CSG.

| Punto | Rango (msnm) | Nombre del sitio | GRADOS | |
|-------|--------------|------------------|--------------|--------------|
| | | | NORTE | ESTE |
| 1 | 100-300 | Las Escobas | 15° 41' 02'' | 88° 39' 19'' |
| 2 | 400-600 | El Siguán, | 15° 41' 01'' | 88° 41' 31'' |
| 3 | 700-900 | Las Torres, | 15° 40' 16'' | 88° 41' 30'' |

Se muestran los sitios muestreados en la vertiente Este. El sitio de mayor altura muestreada en esta vertiente es el de 700-900msnm. En esta vertiente no ocurre una altura mayor a esta por lo que no se trabajó en mayor rango altitudinal.

Figura 4: Mapa de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, mostrando puntos de muestreo.



En esta figura se muestran los diferentes sitios muestreados en las vertientes Oeste y Este del CSG según coordenadas en grados medidas con GPS. También se puede ver una estratificación de las zonas de la reserva.

D. Viajes de campo

En julio del año 2000 se realizó un viaje de reconocimiento del área de muestreo y se determinaron algunos puntos en los rangos altitudinales antes mencionados (*Vid.* Cuadros 2 y 3).

Se realizó un viaje de campo del 3 de julio al 17 de julio del año 2001 (época de invierno) y un viaje de campo del 3 al 11 de enero del año 2002 (época de verano). La mayoría de microclimas cambian durante el año según la estación seca y lluviosa. Algunas especies de anfibios hibernan al cambiar las condiciones de agua, mayormente en época seca (verano) (Heyer, *et al.* 1994). Por ello se realizó un muestreo durante el invierno y otro durante el verano para eliminar este posible sesgo.

Cada viaje de campo tuvo una duración mínima de 9 y máxima de 15 días, para trabajar de uno a dos días y una a dos noches en cada punto de muestreo. Son muy importantes los muestreos nocturnos para los anfibios ya que en su mayoría son especies nocturnas. Se trabajó la misma cantidad de tiempo en cada punto y con la misma cantidad de personas colectando, para estandarizar el método de colecta, es decir horas/hombre. Lo ideal sería trabajar siempre con las mismas personas para los muestreos, pero no se pudo estandarizar este factor ya que no se tuvieron guardarecursos asignados para cada viaje.

E. Tipo de muestreo

Para el presente trabajo se hace necesaria una definición de sotobosque para mejor comprensión de la metodología a ser utilizada. Se define como sotobosque el estrato inferior del bosque, vegetación que se encuentra por debajo de la copa de los árboles incluye hojarasca, troncos tirados, plantas rastreras y herbáceas, retoños y vegetación en general con una altura menor a 1 m.

La metodología utilizada para la colecta de especímenes de anfibios consiste en caminata encuentro visual con los animales (VES), intensidad intermedia (Heyer, *et al.* 1994). Dicho método se refiere a una búsqueda entre hojarasca, plantas herbáceas, debajo de rocas ó troncos a lo largo de la caminata por una vereda, a no más de 1 m a ambos lados de la vereda para la búsqueda. Esta metodología sacrifica cuantificación de especies para maximizar el número de especies, ideal para mediciones de riqueza entre puntos.

La captura se realizó a mano y con la ayuda de redes mariposeras. Las caminatas tuvieron una duración de dos horas y se realizaban durante la mañana (6:00-8:00 a.m.) y durante la noche (7:00-9:00 p.m.). Siempre se trató que fueran las mismas horas en todos los puntos. Se delimitó la búsqueda de anfibios en el sotobosque, sin tomar en cuenta individuos en los árboles y ramas de estos, ni en epífitas.

También se buscaron anfibios en lugares donde se escuchaba su sonido aunque estuvieran retirados del sendero.

Asimismo se realizaron transectos paralelos de 20 X 1 m en cada uno de los puntos delimitados. En cada punto se realizaron tres transectos simultáneos, separados uno del otro por 5 m (mínimo o como la vegetación lo permitiera). Estos transectos consistían en entrar a la vegetación en línea recta de 20 m, buscando anfibios cubriendo 1 m de ancho del transecto. Los transectos tuvieron una duración de una hora aproximadamente.

El esfuerzo de muestreo se midió en cada punto por horas / hombre de muestreo. Se trabajó con la misma cantidad de personas y el mismo tiempo (horas) de colecta para estandarizar el esfuerzo en todos los puntos. Este método de búsqueda horas / hombre de esfuerzo, llamado Time-constrained searches (TSS), es muy usado para coleccionar especies más que especímenes, por lo que no funciona para trabajos de densidad poblacional, pero es muy adecuado para colectas de inventarios (Heyer, *et al.* 1994).

Las técnicas utilizadas son muestreos a corto plazo para comparar los rangos de acumulaciones de especies si las densidades de animales colectados son similares en cada punto (Heyer *et al.* 1994), De no ser así, se podría utilizar una técnica de rarefacción de datos con el programa estadístico Estimates.

Los muestreos a corto plazo son muy dependientes de factores ambientales, experiencia del colector, nivel de esfuerzo, técnicas de colecta y fenología de las especies de anfibios (Heyer, *et al.* 1994). Por esta razón se estandarizó el tiempo total de colecta y el tiempo para cada técnica de colecta (caminatas y transectos) en cada punto por medio de la medición de esfuerzo: horas / hombre de trabajo. Las caminatas tuvieron una duración de dos horas y se realizaron una por noche en cada sitio, se muestrearon un total de tres noches en cada uno. Los transectos tenían una duración de una hora y se realizaron tres por día en cada punto por dos días consecutivos. Es decir, se trabajó un total de seis horas en la noche y seis horas en el día por punto.

También es importante la experiencia de colecta del ayudante. Las mismas personas muestrearon todos los puntos durante el mismo viaje de campo, aunque durante los distintos viajes no muestrearon las mismas personas. Se muestreo en cada punto a la misma hora del día. Vale la pena mencionar que un buen modelo del proyecto consistiría en muestrear al mismo tiempo en todos los puntos para evitar segregación espacial, pero por factores económicos y falta de recursos humanos para la accesibilidad a todos los puntos simultáneamente se diseñó el muestreo en cada punto en días consecutivos.

Se utilizó una hoja de datos de colecta (*Vid.* Figura 16). Los datos medidos en cada punto fueron: fecha de la observación, nombre de observador, punto de muestreo, tiempo de inicio de observación, tiempo de finalización de observación, tipo de muestreo (caminata o transecto), descripción del hábitat (general), tipo de suelo, número de colecta del espécimen, observaciones de características del espécimen, identificación (hasta donde sea posible) y posición desde el inicio del transecto en donde fue encontrado el individuo u hora desde el inicio del muestreo cuando fue colectado. Estos últimos datos fueron útiles para una estimación del esfuerzo mínimo necesario de muestreo para coleccionar el máximo número de especies en cada sitio.

F. Manejo de especímenes

Los especímenes se colectaron en bolsas plásticas rotuladas. Posteriormente se trasladaron a la estación de trabajo donde se anotaron las principales características morfológicas necesarias para su identificación (color de ojos y otras observaciones). Luego fueron sacrificados, inyectándoles Propanol al 80%; fijados en formalina al 10% en bandejas plásticas con servilletas mojadas en formalina, y posteriormente preservados en frascos de vidrio con formalina al 10% con gránulos de mármol.

Este procedimiento se siguió para todos los individuos, exceptuando los pertenecientes a la Familia Plethodontidae (salamandras), los cuales fueron sacrificados en un recipiente con agua, al que se le agregará gota a gota el Propanol. Por último, se fijaban de la misma manera que los anteriores, y se preservaban en Etanol al 70%. Todos los especímenes fueron rotulados con dymos con un número de campo para referencia de los datos de colecta.

Los especímenes fueron identificados en la Universidad del Valle de Guatemala con guías respectivas: Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, The Yucatán and Belize (Campbell, 1998).

También fueron rotulados con la información completa de especie, lugar de colecta, fecha de colecta y colector, escritas en papel algodón.

Los especímenes ya identificados fueron ingresados a la colección de referencia de la Universidad del Valle de Guatemala.

G. Análisis de datos

Para el análisis estadístico descriptivo de los datos se aplicaron índices de similitud. Ya que no se tomaron datos de abundancia de especies se utilizó un índice cualitativo, que solamente requiera datos de ausencia ó presencia de especies. En este caso se trabajó con los índices de Simpson, Sorensen y Jaccard.

El Índice de Simpson toma en cuenta, además de especies exclusivas y comunes entre los puntos, el sesgo asociado al esfuerzo de colecta y tamaño del área más grande. Los índices de Jaccard y Sorensen son muy similares, difieren solamente en que el de Sorensen le da más importancia a las especies comunes que a las exclusivas.

1. Índice de de similitud de Simpson: $SC=C/N_{small}$

C= número de especies compartidas entre dos áreas

N_{small} = número de especies en la localidad con menor número de especies (Zar, 1974).

2. Índice de similitud de Jaccard: (S_j)

$S_j = a/a+b+c$

a.b.c= los valores de especies compartidas (a) y especies exclusivas para cada sitio (b y c) (Zar, 1974).

3. Índice de similitud de Sorensen (Dice): (S_s)

$$S_s = 2a/2a+b+c$$

a.b.c= los valores de especies compartidas (a) y especies exclusivas para cada sitio (b y c) (Zar, 1974).

Se utilizó el Análisis de Agrupación Jerárquica (análisis Cluster) para facilitar la comprensión de las matrices de similitud entre los puntos muestreados. Se utilizó como método de agrupación para el dendrograma el ligamiento promedio (Average linkage) por ser el que reduce extremos de clusters muy compactos o extensos.

Se hizo un Análisis de correspondencia (RA) el cual muestra en un eje dimensional las relaciones de similitud entre los diferentes sitios muestreados. También muestra la distribución de especies de anfibios según el sitio muestreado. Esto permite examinar las relaciones ecológicas entre los sitios y las especies encontradas.

También se hizo una prueba paramétrica, un Análisis de varianza (ANOVA) de dos vías para encontrar los efectos de la altura y la vertiente de CSG sobre las especies de anfibios del sotobosque. Para ello fue necesario analizar si la distribución era normal. Con este fin se realizó un histograma con la distribución de especies (*Vid.* Figura 15).

Se hizo una gráfica de número de especies de anfibios según franjas altitudinales del CSG para observar si las especies de anfibios decrecen al ir aumentando la altitud del CSG.

Se utilizó el modelo Clench modificado para hacer una estimación de la diversidad de cada sitio y para predecir la diversidad al aumentar el esfuerzo de colecta. Para ello se utilizaron los datos de esfuerzo de colecta medidos en el campo, estos datos se incluyen en el Apéndice (*Vid.* Cuadro 12).

III. RESULTADOS

Cuadro 4. Distribución de especies por rangos altitudinales para la vertiente Oeste del CSG (Carboneras).

| Familia | ESPECIE | Punto 2 400 – 600 msnm Estación | Punto 3 700 – 900 msnm Hospital | Punto4 1000 – 1200 msnm Samaria |
|-----------------|---|--|--|--|
| Plethodontidae | | | | |
| | <i>Bolitoglossa rufescens</i> | X | | X |
| Bufo | | | | |
| | <i>Bufo campbelli</i> | X | | X |
| | <i>Bufo marinus</i> | X | | X |
| | <i>Bufo valliceps</i> | X | X | |
| Leptodactylidae | | | | |
| | <i>Eleutherodactylus chac</i> | X | X | X |
| | <i>Eleutherodactylus laticeps</i> | X | X | |
| | <i>Eleutherodactylus sabrinus</i> | X | X | |
| | <i>Leptodactylus labiales</i> | X | X | |
| | <i>Leptodactylus melanonotus</i> | | X | |
| Centrolenidae | | | | |
| | <i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i> | X | | |
| Ranidae | | | | |
| | <i>Rana maculata</i> | X | | |
| Hylidae | | | | |
| | <i>Smilisca baudinii</i> | X | | X |

Se pueden observar las especies reportadas para la vertiente Oeste del CSG. Se encontraron 12 especies pertenecientes a 6 familias. La familia más diversa en esta vertiente es la familia Leptodactylidae con 5 especies. Las especies reportadas en este cuadro son solamente las vistas en este estudio.

Cuadro 5. Distribución de especies por rangos altitudinales para la vertiente Este del CSG (Las Torres).

| Familia | ESPECIE | Punto 1 100–300 msnm Escobas | Punto 2 400–600 msnm Siguán | Punto 3 700–900 msnm Torres |
|-----------------|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Plethodontidae | | | | |
| | <i>Bolitoglossa dofleini</i> | X | | |
| | <i>Bolitoglossa mexicana</i> | X | | X |
| | <i>Bolitoglossa rufescens</i> | X | X | |
| | <i>Oedipina elongata</i> | X | | |
| Bufonidae | | | | |
| | <i>Bufo campbelli</i> | X | X | X |
| | <i>Bufo marinus</i> | X | | |
| | <i>Bufo valliceps</i> | X | X | |
| Leptodactylidae | | | | |
| | <i>Eleutherodactylus chac</i> | X | X | X |
| | <i>Eleutherodactylus laticeps</i> | X | X | |
| | <i>Eleutherodactylus psephosypharus</i> | | X | |
| | <i>Eleutherodactylus sabrinus</i> | X | X | |
| | <i>Eleutherodactylus sandersoni</i> | X | X | |
| | <i>Leptodactylus labiales</i> | | X | X |
| | <i>Leptodactylus melanonotus</i> | X | | |
| Centrolenidae | | | | |
| | <i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i> | X | X | |
| Hylidae | | | | |
| | <i>Smilisca baudinii</i> | X | X | |
| | <i>Hyla picta</i> | X | | |
| | <i>Gastrophryne elegans</i> | | X | |

Se puede observar las especies reportadas para la vertiente Este del CSG según sus rangos altitudinales muestreados, se encontraron 18 especies pertenecientes a 5 familias. Las especies reportadas en este cuadro son solamente las vistas en este estudio.

| | | |
|---|--|---------------------|
| | <i>Scinax staufferi</i> (Cope, 1865) <i>Smilisca baudinii</i> (Duméril y Bibron, 1841) <i>Smilisca cyanosticta</i> (Smith, 1953) | A A y S A y S |
| Familia: Microhylidae | <i>Gastrophryne elegans</i> (Boulenger, 1882) <i>Hypopachus variolosus</i> (Cope, 1866) | S S |
| Familia: Centrolenidae | <i>Hyalinobatrachium fleishmani</i> (Boettger, 1893) | A |
| Familia: Ranidae | <i>Rana berlandieri</i> Baird, 1854 <i>Rana maculata</i> Brocchi, 1877 <i>Rana vaillanti</i> Brocchi, 1877 | S S S |
| TOTAL: 19 especies de anfibios reportadas en este estudio (42%) | | |
| Especies del sotobosque reportadas: 60% de las reportadas para GSC | | |

Podemos observar las especies reportadas para este estudio en negrillas. Se reportan para las Montañas del Mico 32 especies de sotobosque, de las cuales 19 fueron colectadas en ambas vertientes Oeste y Este del CSG, esto es un 60% de las especies de sotobosque reportadas para el área.

Cuadro 7. Especies de anfibios reportadas durante los muestreos diurnos y nocturnos en todos los sitios de muestreo

| Especie | Muestreo | Muestreo |
|--|----------|----------|
| | nocturno | Diurno |
| <i>Bolitoglossa dofleini</i> (Werner, 1903) | X | |
| <i>Bolitoglossa mexicana</i> Duméril, Bibron y Duméril, 1854 | X | |
| <i>Bolitoglossa rufescens</i> (Cope, 1869) | X | |
| <i>Oedipina elongata</i> (Schmidt, 1936) | X | X |
| <i>Eleutherodactylus chac</i> Savage, 1987 | X | X |
| <i>Eleutherodactylus laticeps</i> (Duméril, 1853) | X | X |
| <i>Eleutherodactylus psephosypharus</i> Campbell, Savage y Meyer, 1994 | X | |
| <i>Eleutherodactylus sabrinus</i> Campbell y Savage, 2000 | X | X |
| <i>Eleutherodactylus sandersoni</i> Schmidt, 1941 | X | X |
| <i>Leptodactylus labialis</i> (Cope, 1877) | | X |
| <i>Leptodactylus melanotus</i> (Hallowell, 1860) | X | |
| <i>Bufo campbelli</i> Mendelson, 1994 | X | X |
| <i>Bufo marinus</i> (Linnaeus, 1758) | X | X |
| <i>Bufo valliceps</i> Wiegmann, 1833 | X | X |
| <i>Gastrophryne elegans</i> (Boulenger, 1882) | X | |
| <i>Hyalinobatrachium fleishmani</i> (Boettger, 1893) | X | |
| <i>Hyla picta</i> (Gunter, 1901) | X | |
| <i>Smilisca baudinii</i> (Duméril y Bibron, 1841) | X | |
| <i>Rana maculata</i> Brocchi, 1877 | X | |
| Total de Especies | 18 | 9 |

Podemos observar que los muestreos nocturnos son más exitosos para especies de anfibios que los muestreos diurnos. *L. labiales* es la única especie que no fue encontrada en los muestreos nocturnos, según este estudio. Los muestreos nocturnos eran realizados de 7:00 a 9:00 pm y los diurnos entre las 8:00 y 10:00 am, y entre las 4:00 y 6:00 pm.

Cuadro 8: Estadística descriptiva: Índice de similitud de Jaccard para todos los rangos altitudinales y vertientes Oeste y Este del CSG.

| | Estación | Hospital | Samaria | Escobas | Siguán | Torres |
|----------|----------|----------|---------|---------|--------|--------|
| Estación | 1 | | | | | |
| Hospital | 0.42 | 1 | | | | |
| Samaria | 0.45 | 0.10 | 1 | | | |
| Escobas | 0.56 | 0.33 | 0.36 | 1 | | |
| Siguán | 0.64 | 0.38 | 0.31 | 0.53 | 1 | |
| Torres | 0.25 | 0.25 | 0.29 | 0.20 | 0.23 | 1 |

Se muestra una matriz mostrando el índice de similitud de Jaccard entre todos los sitios muestreados. Se pueden observar los sitios más similares cuando el valor se acerca a 1.

Cuadro 9: Índice de similitud de Simpson para todos los rangos altitudinales y vertientes Oeste y Este del CSG

| | Estación | Hospital | Samaria | Escobas | Siguán | Torres |
|----------|----------|----------|---------|---------|--------|--------|
| Estación | 1 | | | | | |
| Hospital | 0.83 | 1 | | | | |
| Samaria | 1 | 0.20 | 1 | | | |
| Escobas | 0.82 | 0.83 | 1 | 1 | | |
| Siguán | 0.82 | 0.83 | 0.80 | 0.75 | 1 | |
| Torres | 0.75 | 0.50 | 0.50 | 0.75 | 0.75 | 1 |

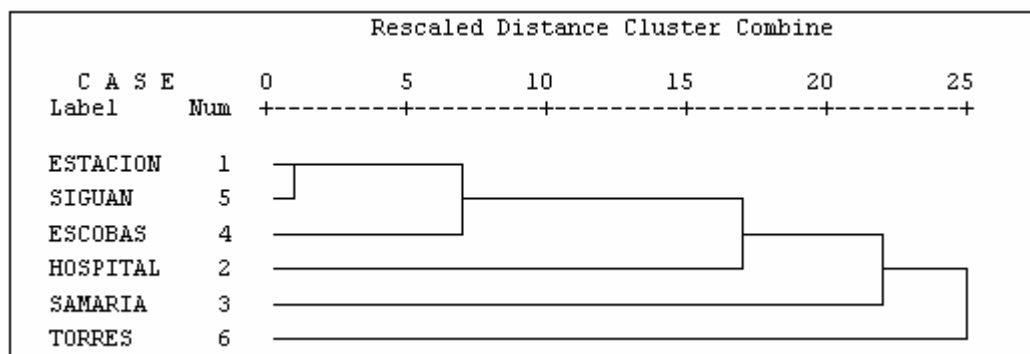
Se muestra una matriz mostrando el índice de similitud de Simpson entre todos los sitios muestreados. Este índice toma en cuenta sesgo causado por esfuerzo de colecta. Se pueden observar los sitios más similares cuando el valor se acerca a 1.

Cuadro 10: Índice de similitud de Sorensen (Dice) para todos los rangos altitudinales y vertientes Oeste y Este del CSG

| | Estación | Hospital | Samaria | Escobas | Siguán | Torres |
|----------|----------|----------|---------|---------|--------|--------|
| Estación | 1 | | | | | |
| Hospital | 0.59 | 1 | | | | |
| Samaria | 0.63 | 0.18 | 1 | | | |
| Escobas | 0.72 | 0.50 | 0.53 | 1 | | |
| Siguán | 0.78 | 0.55 | 0.47 | 0.69 | 1 | |
| Torres | 0.40 | 0.40 | 0.44 | 0.33 | 0.37 | 1 |

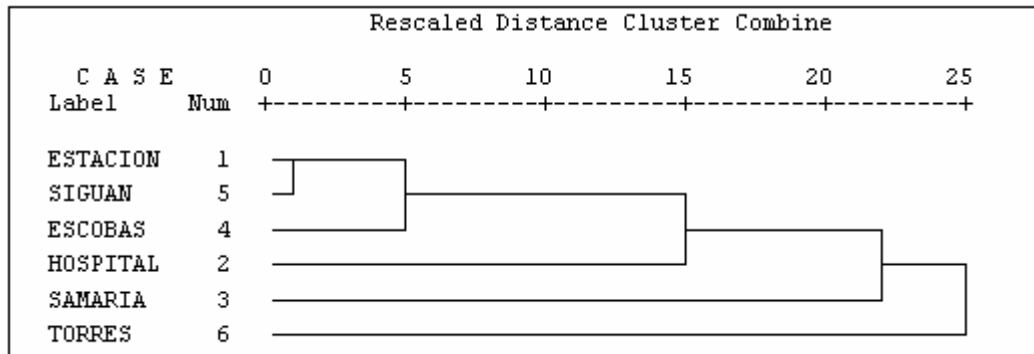
Se muestra una matriz mostrando el índice de similitud de Sorensen entre todos los sitios muestreados. Se pueden observar los sitios más similares cuando el valor se acerca a 1.

Figura 5: Análisis de agrupamiento jerárquico con índice de similitud de Jaccard



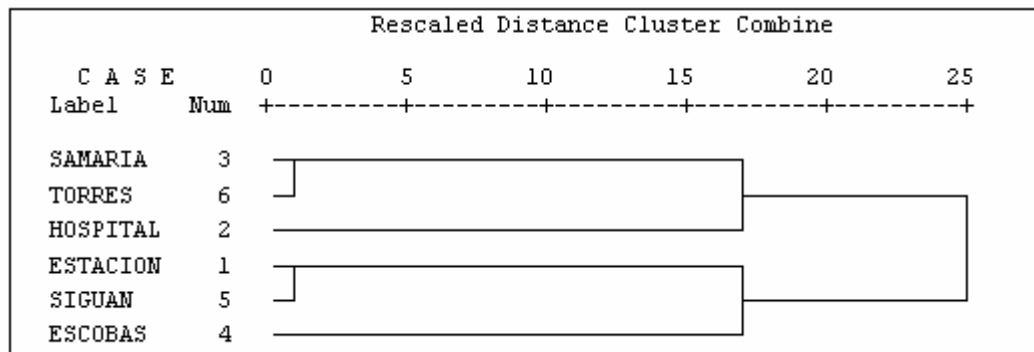
Podemos observar de forma más gráfica la similitud entre los puntos según el índice de Jaccard utilizando el análisis cluster. Se puede observar que los sitios más parecidos son los sitios que se encuentran agrupados en una menor distancia.

Figura 6: Análisis de agrupamiento jerárquico con índice de similitud de Sorensen (Dice)



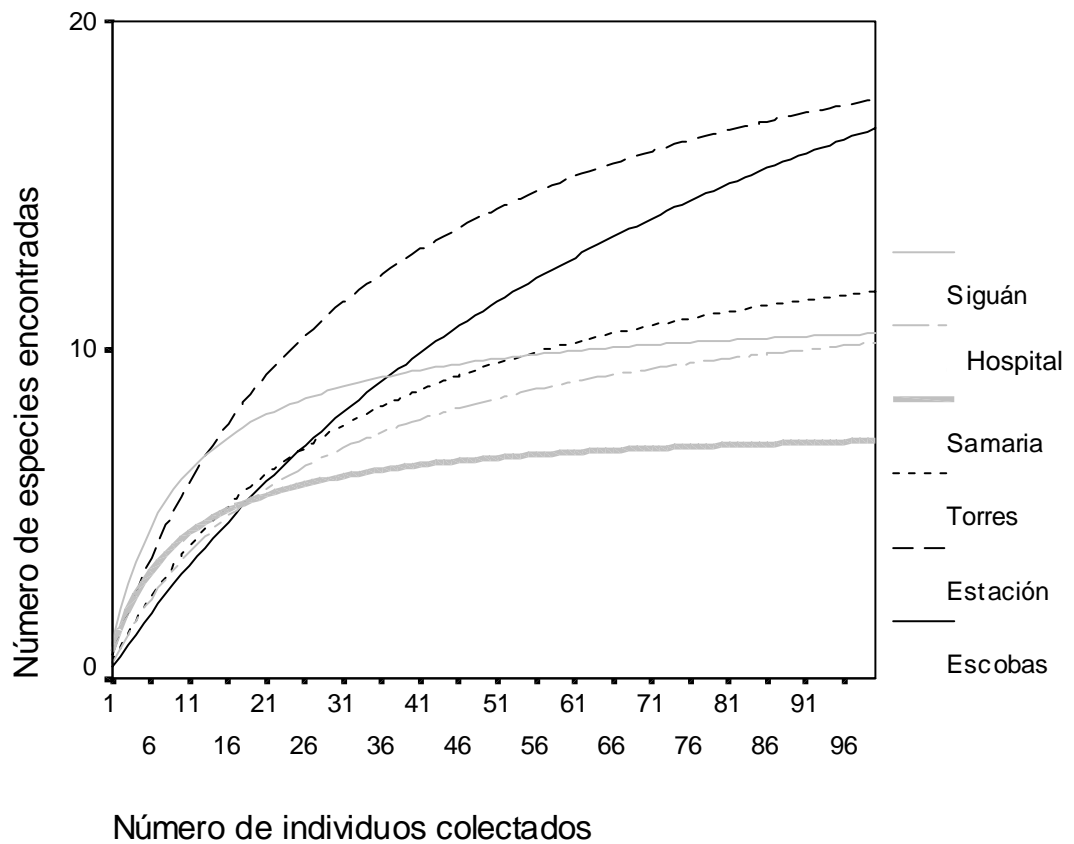
En el análisis Cluster podemos ver que los resultados son muy similares a los resultados con el índice de Jaccard. Se puede observar que los sitios más parecidos son los sitios que se encuentran agrupados en una menor distancia.

Figura 7. Análisis de agrupamiento jerárquico con índice de similitud de Apareamiento Simple (“Simple Matching”)



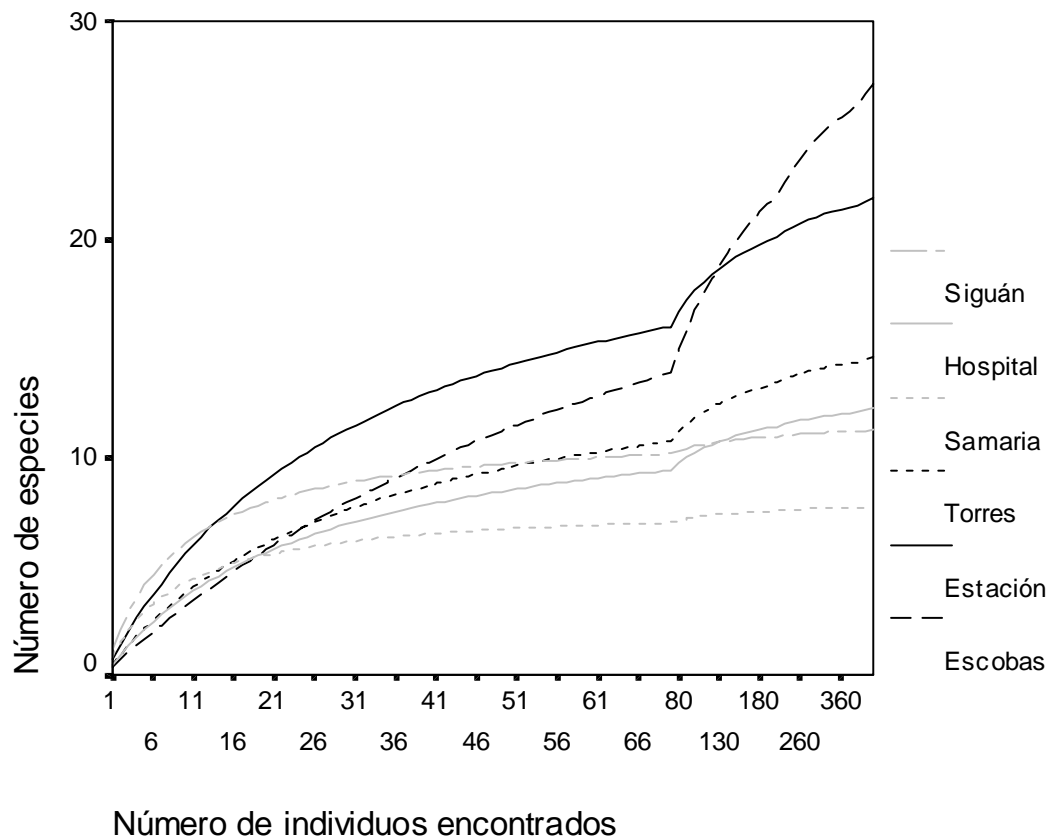
Se muestra un análisis Cluster con el índice de similitud de apareamiento simple. Se puede observar que los sitios más parecidos son los sitios que se encuentran agrupados en una menor distancia.

Figura 8. Curva de acumulación de especies de anfibios con el modelo Clench para diferentes sitios de CSG.



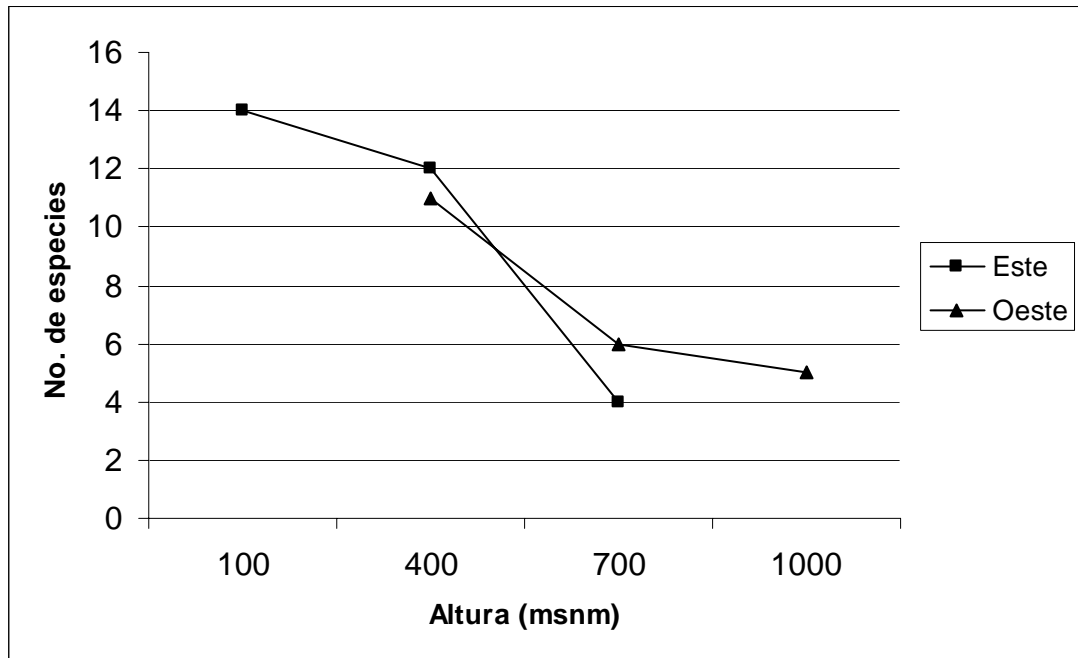
Podemos observar una estimación de la diversidad utilizando el modelo de Clench modificado. Este modelo nos permite estimar la diversidad de un sitio utilizando esfuerzo de colecta. Podemos observar que los sitios de mayor diversidad de especies son Estación y Escobas, los sitios de menor rango altitudinal pertenecientes a cada vertiente. Las curvas de estos sitios aumentan y parecen no llegar a una asíntota.

Figura 9. Estimación del número mínimo de muestra para obtener el mayor número de especies de anfibios para diferentes sitios de CSG, utilizando el modelo Clench modificado.



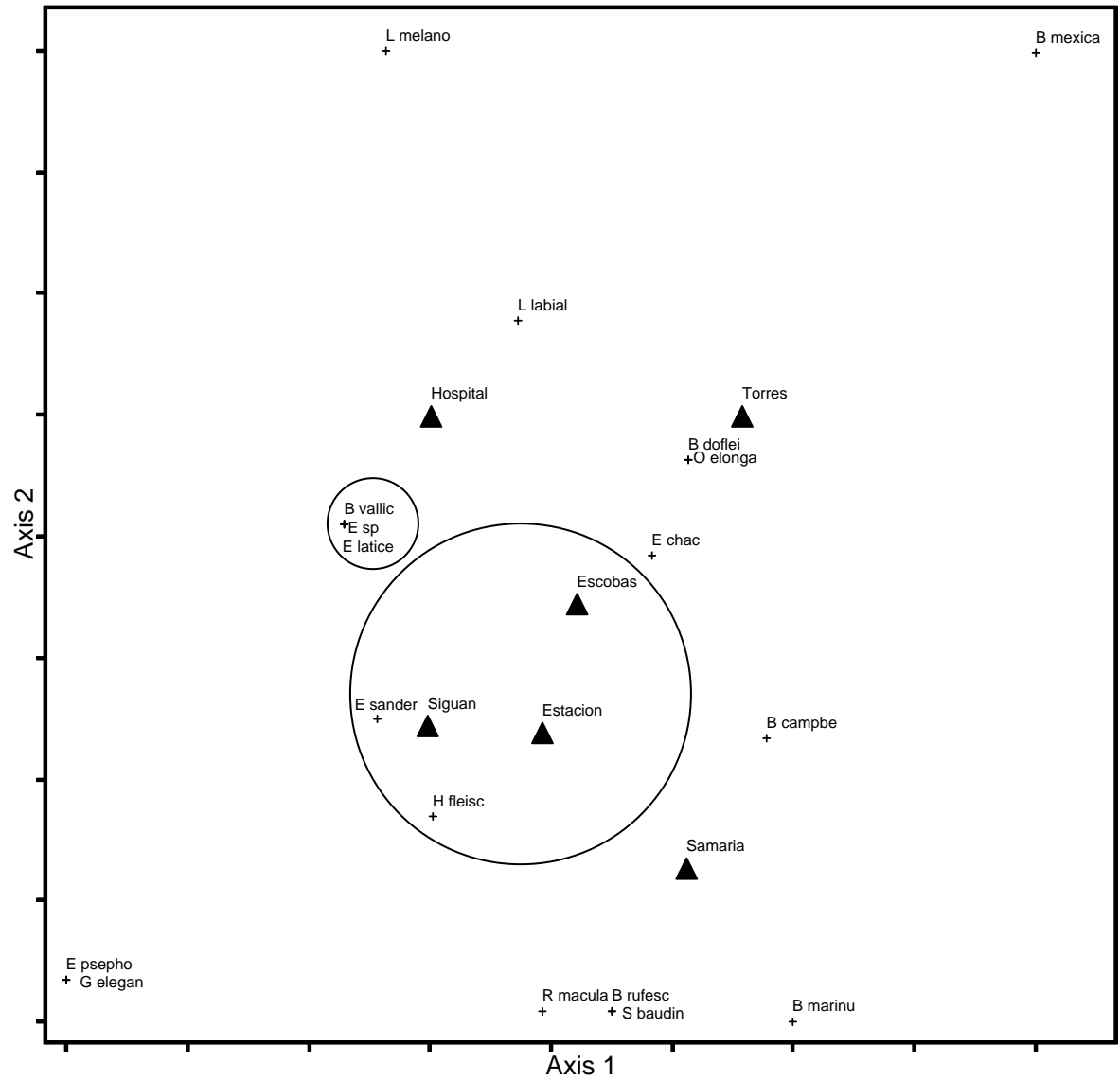
Se puede ver una predicción del aumento de especies conforme se aumenta el número de individuos muestreados en cada sitio, se puede observar que las líneas que más se estabilizan y tienden a una asíntota son Siguan y Torres. La gráfica posee un aumento muy notable de la pendiente al final de las curvas, se hace notar que es debido a que los rangos en el eje X varían drásticamente para proyectar lo que sucedería al aumentar notablemente la intensidad de muestreo según el modelo.

Figura 10. Distribución de especies de anfibios por rangos de altura en CSG, vertiente Oeste y Este.

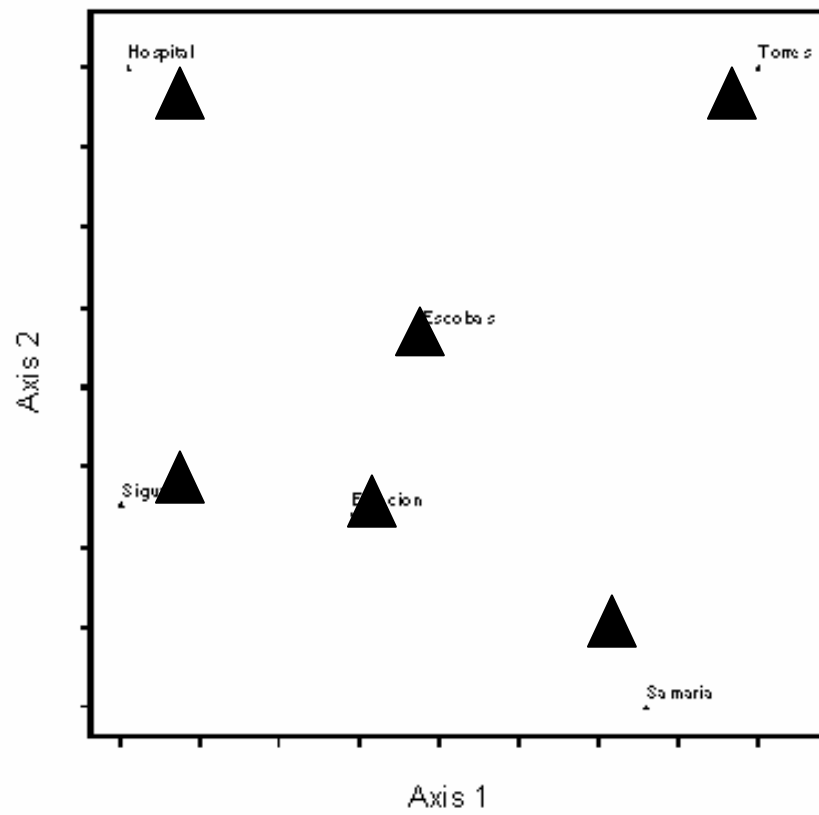


Se muestra la distribución de especies de anfibios por rangos de altura en ambas vertientes. En la gráfica se muestra la sumatoria de especies colectadas por altura durante todos los viajes de campo.

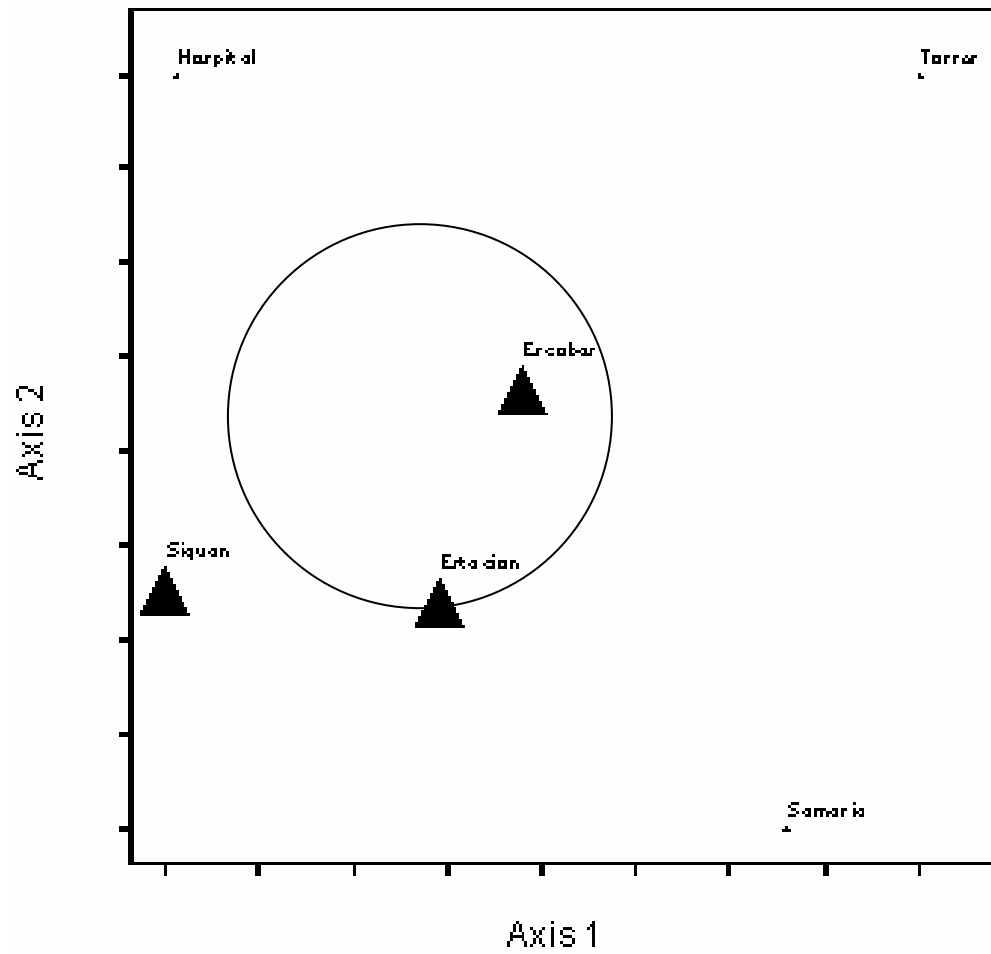
Figura 11. Análisis de correspondencia de promedios recíprocos (RA).



Se pueden observar los diferentes sitios de muestreo (representados por triángulos) con su correspondiente ordenación de especies, esto permite examinar las relaciones ecológicas entre los sitios y las especies.

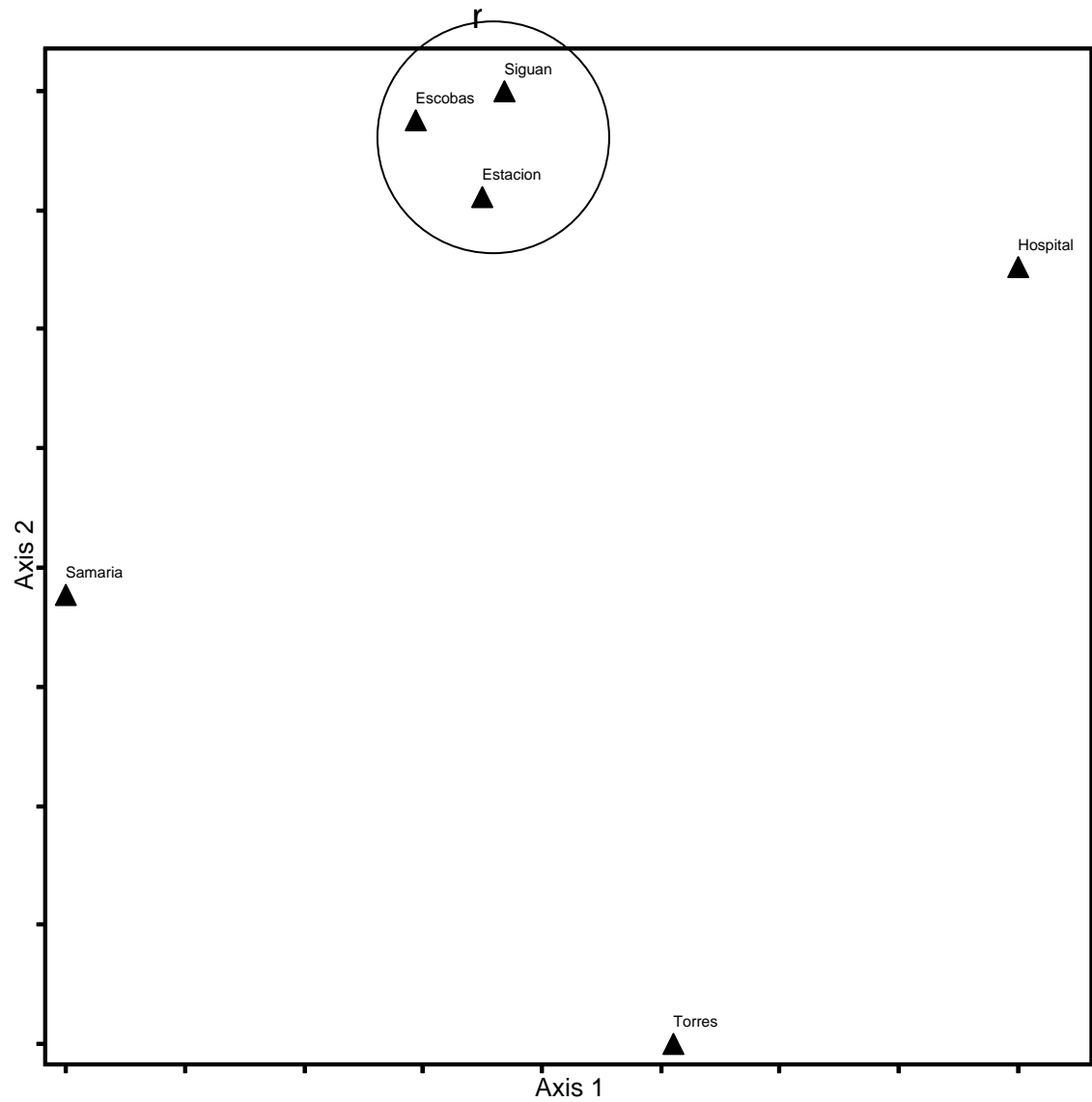
Figura 12. Análisis de correspondencia para *Eleutherodactylus chac*

Podemos observar que los triángulos grandes representan presencia de esa especie en el sitio muestreado y los pequeños representan ausencia. En esta figura se puede observar que la especie *Eleutherodactylus chac* posee un rango de distribución muy amplio en el CSG.

Figura 13. Análisis de Correspondencia para *Hyalinobatrachium fleishmanni*

Se puede observar el rango de distribución de *Hyalinobatrachium fleishmanni* esta posee un rango de distribución limitado a los sitios de menor altura del CSG.

Figura 14. Análisis de ordenación de mínima distorsión espacial (MNS).



Se muestra el análisis de ordenación de mínima distorsión espacial (MNS) trata de reducir el espacio entre los sitios con mayor similitud, funciona muy bien para datos de poca diversidad como es el caso. Los sitios de mayor rango son bastante diferentes entre sí, no forman una unidad.

Cuadro 11. Análisis de varianza univariado (ANOVA) entre los sitios.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: RIQUEZA

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------------------|-------------------------|----|-------------|---|------|
| Corrected Model | 87.333 ^a | 5 | 17.467 | . | . |
| Intercept | 450.667 | 1 | 450.667 | . | . |
| VERTIENT | 10.667 | 1 | 10.667 | . | . |
| ALTURA | 64.333 | 2 | 32.167 | . | . |
| VERTIENT * ALTURA | 12.333 | 2 | 6.167 | . | . |
| Error | .000 | 0 | . | . | . |
| Total | 538.000 | 6 | | | |
| Corrected Total | 87.333 | 5 | | | |

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = .)

Se muestra el ANOVA, se utilizó el programa SPSS 9.0. La r^2 obtenida fue igual a uno, lo que significa que el modelo se ajusta perfectamente al problema. El modelo explica todo, por lo que se rechazan las tres hipótesis nulas, esto quiere decir que:

1. Existe un efecto entre la vertiente del CSG y la riqueza de especies de anfibios.
2. Hay diferencia en la riqueza de especies de anfibios en los diferentes rangos de altura.
3. Existe una interacción entre la vertiente y la altura del CSG sobre la riqueza de especies de anfibios.

IV. DISCUSIÓN

Se realizaron cuadratos (áreas de 3 m²) dentro de la vegetación en todos los puntos de muestreo. Esta metodología no resultó ser adecuada para el tipo de estudio, puesto que no se logró coleccionar individuos. Por dicha razón se invirtió mayor tiempo en los transectos y las caminatas a lo largo de veredas y ríos, dando mejores resultados.

El índice de similitud de Jaccard sometido a un análisis Cluster (*Vid.* Figura 5) muestra una mayor similitud entre los puntos Estación y Siguán, lo cual indica que la composición de especies en ambos puntos es similar. Esto se puede deber al rango de altura, ambos entre 400 a 600 msnm y condiciones de humedad similares. Seguidamente, los sitios más similares entre sí son Estación y Escobas. Entre estos tres sitios (Estación, Siguán y Escobas) de muestreo se pudieron realizar colectas en ríos cercanos pedregosos y claros; en los demás sitios no se logró un muestreo cerca de fuentes de agua corriente, solamente en aguadas temporales. Esto es un factor muy importante para la presencia de especies en común entre los sitios ya que muchas de las especies encontradas están relacionadas estrechamente con fuentes de agua. Por último se van acercando en similitud cada sitio según el rango de altura menor, Hospital y Samaria (700-900 msnm) y Torres (1000-1200 msnm). Se puede observar que el mayor parecido se ve influenciado por fuentes de agua y posteriormente por cercanía de altura entre los sitios, lo cual implica similitudes en las condiciones climáticas.

Este mismo fenómeno se puede observar en el dendrograma de la Figura 6 realizado con el índice de similitud de Sorensen (Dice). El índice de Sorensen es muy similar al de Jaccard solamente que le brinda mayor importancia a las especies en común que a las especies exclusivas de cada sitio, en cambio el índice de Jaccard toma todas las especies (comunes y exclusivas) con la misma importancia. Es por ello que los dendrogramas salieron bastante parecidos entre sí.

Con el análisis Cluster realizado con el índice de apareamiento simple (*Vid.* Figura 7) podemos observar la similitud de los sitios no solo por la presencia de especies en común sino también la ausencia de especies. Se puede observar que Samaria y Torres tienen una similitud muy grande y esto se debe a que en estos sitios se coleccionaron pocas especies y pocos especímenes, los sitios se parecen mucho por ausencia de especies reportadas. Estación y Siguán son muy similares con este índice por la presencia de especies en común.

En los bosques altos se encuentran microhabitats más diversos, por mayor presencia de epífitas, el sotobosque es muy pobre y la mayor parte de la diversidad de un bosque alto se encuentra en la copa de los árboles (Scout, 1976). Los sitios muestreados en este estudio con mayor rango altitudinal presentan una diversidad menor en especies de anfibios (*Vid.* Figura 8). Esto es debido al método de colecta utilizado en los muestreos, el cual es adecuado para especies del sotobosque pero no para especies arbóreas. La técnica de muestreo debería ser diferente en estas áreas ya que la mayoría de especies que habitan estos bosques altos son arbóreas.

La distribución de especies del CSG varía mucho según altura del Cerro. Principalmente se divide en altura baja y alta siendo la baja de 100 a 600 msnm y la alta de 700 a 1200 msnm, esto se puede decir en base a los índices de similitud de Jaccard, Dice y Apareamiento simple. Las condiciones ambientales varían mucho en estos rangos, humedad, tipo de cobertura del suelo, densidad de sotobosque, etc; lo que se reduce a cambios de hábitat. Se debe de considerar que arriba de los 700 msnm, el CSG posee una zona de vida según Holdridge de bosque premontano muy húmedo mientras que por debajo de esa altura el bosque es bosque tropical muy húmedo.

Otro factor a tomar en cuenta acerca de la diferencia en composición de especies según vertiente del CSG es que pertenecen a diferentes cuencas. La vertiente Este está influenciada por el mar Atlántico y la Bahía de Amatique, lo que causa una diferencia considerable en las condiciones atmosféricas, humedad y brisa marina (precipitación de sales). Mientras que la vertiente Oeste está más influenciada por el Valle del Río Motagua (agua dulce). Aún así, se ve una diferencia mayor entre altura baja y alta del CSG.

Con los datos de esfuerzo de colecta (*Vid.* Cuadro 12) se realizó un modelo Clench para hacer una estimación de la diversidad del CSG según franjas altitudinales. Se puede observar en la Figura 8 que los sitios de mayor diversidad de anfibios son Escobas y Estación, los sitios de menor rango altitudinal. Se cree que en los sitios donde se alcanzó el mayor número de especies con el menor esfuerzo de colecta de especímenes fue en Siguán y Samaria por lo que la curva de ambos sitios se estabilizó antes que las demás. Estas curvas se estabilizan aproximadamente a los 25 individuos colectados, esto indica que en estos puntos no se necesita de más esfuerzo de colecta ya que sería poco exitoso en cuanto a encuentro con especies nuevas. En general, se puede decir que las colectas fueron buenas en todos los sitios (*Vid.* Figura 8) ya que las curvas se aproximaron a una asíntota.

Para optimizar el encuentro con especímenes en bosques altos se debe de implementar una metodología de colecta acorde a los hábitos arbóreos de los individuos. Mientras que para los bosques bajos, la metodología fue muy exitosa.

En la Figura 8 se puede ver que las líneas que más se estabilizan y tienden a una asíntota son Siguán y Torres por lo que se piensa que para estos sitios se utilizó el método de colecta adecuado ya que se alcanzó el máximo número de especies. En el caso de Estación y Escobas se necesitaría de otro método de colecta (método para coleccionar especies arbóreas) para obtener un número de especies representativo del área. La diversidad de estos bosques se encuentra en la copa de los árboles.

No se realizaron gráficas con esfuerzo de colecta medido en: horas / hombre sino solamente medido con número de individuos colectados debido a que esos eran los datos más completos para un mejor análisis.

El modelo Clench no tiene un límite de especies, solamente calcula la probabilidad de encontrarlas según los datos de campo previos y el aumento de la experiencia del colector conforme los muestreos. No se está alentando a un muestreo masivo en cada punto sino se quiere proyectar, en el caso de Escobas (*Vid.* Figura 9), que aún muestreando 360 individuos las especies máximas encontradas serían un poco menos de 30, es demasiado esfuerzo de colecta para resultados similares con bastante menos colecta lo cual tendría un impacto menor en el ecosistema.

A medida que aumenta la altura en el CSG, disminuye el número de especies de anfibios del sotobosque (*Vid.* Figura 10). Este fenómeno se debe a que los sitios de menor rango altitudinal están más relacionados con cuerpos de agua. La distribución de anfibios está muy ligada a fuentes de agua ya que dependen de ello para su reproducción, por eso se pueden encontrar mayor cantidad de especies en estos sitios. Campbell y Vannini han reportado efectos de disminución de anfibios y reptiles al aumentar la altura de colecta (1989). Este efecto se presentó en este caso en ambas épocas del año (invierno y verano).

Con el análisis de correspondencia RA (*Vid.* Figura 11) se puede observar la tendencia de presencia de cada especie para cada sitio. Los sitios más cercanos entre sí en esta figura son Estación, Escobas y Siguán, nuevamente los sitios de menor rango altitudinal, lo cual sugiere de nuevo que las especies tienden a distribuirse más por rango de altura que por vertiente del CSG. *E. laticeps*, *E. sabrinus* (*E. sp.*) y *Bufo valliceps* parecen tener una distribución bastante similar dentro de los sitios ya que en el análisis de correspondencia aparecen como una unidad. Los sitios Torres, Samaria y Hospital no presentan mucha similitud entre sí. El bosque de Torres es un bosque aislado. El bosque de Samaria es un bosque nuboso aislado con influencia de población cercana, y el bosque de Hospital es un bosque secundario con áreas de guamil. Estos sitios presentan diferencias de hábitat que tienen un efecto sobre la composición de anfibios.

Con el método de ordenación no paramétrico llamado de escala multidimensional NMS (*Vid.* Figura 14), se puede observar que agrupa nuevamente como más similares los sitios de menor rango altitudinal. Los sitios de mayor rango no presentan un patrón de similaridad entre sí.

Los métodos de ordenación utilizados para el análisis de los datos nos indican que la distribución de especies en CSG está más relacionada con el rango altitudinal que con la vertiente del CSG, como antes ya se mencionó. Los sitios de altura entre 100 a 600 msnm son muy similares, pero los sitios entre 700 a 1200 msnm son sitios que presentan una distribución de especies de anfibios muy diferentes a los demás sitios. Esto es muy importante y se debe de tomar en cuenta para planes de conservación. Los sitios de alto rango presentan pocas especies de anfibios del sotobosque pero en composiciones diferentes.

Para poder hacer un análisis de varianza ANOVA (prueba paramétrica) es necesario observar si los datos se comportan normalmente por medio de un histograma (*Vid.* Figura 15). Luego de determinar la distribución normal con el histograma se procedió con el ANOVA.

Se determinó que existe un efecto entre la vertiente del CSG y la riqueza de especies de anfibios, se encontró una diferencia en la riqueza de especies de anfibios en los diferentes rangos de altura y se determinó una interacción entre la vertiente y la altura del CSG sobre la riqueza de especies de anfibios (*Vid.* Cuadro 11). Esto nos dice que a pesar de que la composición de especies se vea más afectada por la altura del CSG, existe también una influencia de la vertiente sobre la distribución de los anfibios.

Podemos observar la incidencia de encuentro con las especies colectadas en este trabajo durante los muestreos diurnos y nocturnos (*Vid.* Cuadro 7). Los muestreos nocturnos son más exitosos que los diurnos en cuanto a riqueza de especies. La única especie que no fue colectada durante los muestreos diurnos fue *Leptodactylus labialis*, esta especie es activa durante el día y la noche, especialmente en días lluviosos o nublados (Campbell, 1998). Debería de haber sido encontrada también durante el día. Las

especies que se encontraron exclusivamente en la noche eran especies con hábitos nocturnos; mientras que las especies encontradas durante los muestreos diurnos, también fueron encontradas durante los muestreos nocturnos.

Algunos factores que pudieron afectar las diferencias entre los puntos son: condiciones climáticas ya que no se podían hacer los muestreos el mismo día en todos los sitios y el día en que se muestrearía en cada sitio no se escogió al azar por razones de facilidad para el acceso al área; la topografía del lugar; el tipo de suelo; fuentes de agua; cambios en micro hábitats de los sitios y ciclo de la luna (con luna llena el avistamiento de anfibios disminuye) (Heyer, *et al.* 1994).

Ecología de las especies

Salamandras:

Bolitoglossa dofleini fue encontrada solamente en Las Escobas (100 a 300msnm vertiente Este). Esta especie está reportada desde el nivel del mar hasta los 1400 msnm en bosque húmedo subtropical y tropical, por lo que se debería de haber encontrado en todos los rangos altitudinales.

Bolitoglossa mexicana también se encontró solamente en las Escobas y *Bolitoglossa rufescens* fue encontrada en todos los rangos altitudinales en ambas vertientes.

Podemos observar que en el sitio Las Escobas encontramos tres especies del género *Bolitoglossa*. Es difícil asegurar que son especies simpátricas ya que las franjas altitudinales de los sitios son muy anchas y albergan muchos micro-hábitats, pueden estar compartiendo el mismo rango altitudinal pero ocupando nichos más específicos dentro del habitat.

Oedipina elongata fue reportada en este estudio para alturas menores de 600 msnm; no se encontró a alturas mayores ya que es una especie de tierras bajas. Esta misma especie se puede encontrar, según Campbell 1998, desde el nivel del mar hasta 700 msnm.

Bufo

Bufo campbelli y *Bufo valliceps* son especies que se pueden encontrar en simpatría, pero *B. valliceps* es una especie más adaptada a perturbación y bosque abierto que *B. campbelli*. Se puede decir que es una especie indicadora de perturbación (Campbell, 1998). Esta especie se encontró en Las Escobas, Siguán, Estación y Hospital. Los tres sitios primeros tienen contacto con humanos y cultivos; y el último (Hospital) presenta una zona de bosque abierto y guamil. Esta especie no se encontró en Samaria como se esperaría por la influencia de la población sobre el bosque. Se cree que este bosque se encuentra aislado.

Bufo campbelli se encuentra reportado para alturas menores de 1000 msnm (Campbell, 1998), pero en este estudio se encontró en el rango altitudinal de los 1000 a 1200 msnm (Samaria) (*Vid.* Cuadro 4).

Bufo marinus es una especie indicadora de perturbación humana, es generalista por lo que posee una amplia distribución (Campbell, 1998). Esta especie no fue reportada en este estudio para los sitios Torres y Hospital, sitios de menor contacto con humanos.

Eleutherodactylus

Entre el género *Eleutherodactylus*, encontramos a *E. chac* que posee la más amplia distribución en este estudio ya que fue encontrada en todos los sitios (Vid. Figura 12). Esta especie está reportada por Campbell (1998) a una altura máxima de 775 msnm, sin embargo fue encontrada hasta el rango altitudinal de 100 a 1200 msnm (Vid. Cuadro 4). Debido a que esta especie es sensible a perturbación de ecosistema, se puede decir que existen fragmentos de bosque no perturbado en todos los sitios trabajados. Encontrar esta especie en todos los sitios es algo muy positivo para la ecología del CSG ya que otras especies de fauna sensibles a perturbación, serían probables de ser encontradas en CSG.

E. laticeps es una especie que a veces se encuentra en simpatría con *E. chac*, pero con este estudio no se podría asegurar si este es el caso debido a que los rangos altitudinales pueden albergar varios nichos.

Eleutherodactylus sandersoni se encontró solamente por debajo de los 600 msnm en la vertiente Este del CSG. Esta especie está reportada para Izabal hasta altura de 700 msnm. Por lo que se comprueba que esta especie no es de tierras altas. Según la literatura esta especie se encuentra decayendo poblacionalmente por lo que puede ser una razón por no encontrarla en la vertiente Oeste (Lee, 1996; Campbell, 1998).

Campbell y Savage, 2000; reportan a *E. sabrinus* (*rugulosus*) con una distribución desde el nivel del mar hasta los 900 msnm. En este estudio se reportó esta especie entre el rango altitudinal de los 700 a 900 msnm en el sitio Hospital.

Leptodactylus labialis y *L. melanonotus* son especies indicadoras de hábitats perturbados y a veces son especies simpátricas (Campbell, 1998). Estas fueron encontradas en todos los sitios entre ambas, donde se encontraba una de ellas no se encontraba la otra lo que sugiere que no son especies simpátricas en este caso.

Hyalinobatrachium fleischmanni fue una especie encontrada exclusivamente a orillas de ríos claros y generalmente pedregosos, debajo de hojas del género *Dieffenbachia* en Estación, Escobas y Siguan (Vid. Figura 13). Estas ranas ponen sus huevos debajo de las hojas grandes y es muy fácil encontrarlas imitando su canto, ya que son territoriales y contestan rápidamente para defender su territorio al oír un silbido similar al de ellas.

Gastrophryne elegans, una de las especies endémicas de la Península de Yucatán, fue reportada para la vertiente Este y no para la Oeste. Es una especie de tierras bajas por lo que su distribución va desde 0 a 900 msnm, según reportes de Lee, 1980. En este estudio se reportó por debajo de los 600 msnm.

La densidad de anfibios encontrados durante este estudio en CSG se puede comparar con densidades similares encontradas en un bosque tropical en Africa (Vonesh, 2001). Las tierras bajas de Centroamérica presentan la menor densidad de anfibios del sotobosque, seguido por África y el sureste de Asia (Vonesh,

2001). Para este estudio en África estaban reportadas de 29 a 32 especies de anfibios y reptiles y se encontraron solamente 15 especies (10 especies de anfibios y 8 especies de reptiles), estos resultados son muy similares a los encontrados en este estudio según éxito de colecta. Para CSG se encuentran reportadas 44 especies de anfibios y solamente 19 fueron encontradas durante el muestreo de este estudio (Vid. Cuadro 6).

Nótese que lo anterior no toma en cuenta que; el número total de especies reportadas de anfibios para GSG es de 44 incluyendo especies arbóreas y terrestres (sotobosque). Y la metodología de colecta utilizada en este estudio cubría solamente el área del sotobosque. Si analizamos este estudio tomando en cuenta solamente las especies arbóreas reportadas para CSG, se tiene un porcentaje de colecta mucho mayor.

La mayoría de las especies pertenecientes a la familia Hylidae, son especies arbóreas con excepción del género *Smilisca* que puede ser tanto arbórea como terrestre. Así como también algunas especies arbóreas del género *Bolitoglossa*, como *B. mexicana*, *B. rufescens* y *B. mulleri*. (Lee, 2000).

De las 44 especies, 34 son especies terrestres que se encuentran en el sotobosque; de las cuales se colectaron 19. El porcentaje varía aumentando a 60% de especies encontradas con respecto a las especies terrestres reportadas para esta área.

Si se desea conservar las poblaciones de anfibios de CSG debemos considerar las diferencias en distribución de los hábitats. CSG alberga varias especies de anfibios y cada cuál se encuentra adaptada a las condiciones climáticas de su entorno. Es por ello que no se puede proteger solamente una vertiente o cierto rango altitudinal para conservar la diversidad de anfibios del área.

Los sitios que presentan mayor diferencia en cuanto a composición de especies deberían tener prioridad de ser conservados por su diversidad ya que son ecosistemas diferentes.

Los sitios de rangos menores a 600 msnm presentan mucha similitud entre sí. Esto no quiere decir que los sitios sean iguales, en cuanto a composición de anfibios son bastante similares pero aún así presentan diferencias. Con este estudio no se podría asegurar que los sitios muestreados de altura menor a 600 msnm son iguales, se recomiendan estudios de otros grupos taxonómicos y comparaciones con índices de similitud para ello.

El estudio de distribución de palmas realizado en ambas vertientes del CSG y con los mismos puntos de muestreo que este estudio (Orozco, 2002), mostró resultados similares a los de anfibios. La composición de especies de hongos y la similitud entre los puntos muestreados de la vertiente Oeste (De la Roca, 2002), resultaron ser similares a los resultados de anfibios. Ambos estudios presentan una similitud mayor entre rangos altitudinales. Comparando estos tres estudios (de tres diferentes grupos taxonómicos) se puede decir que la diversidad de especies del CSG se encuentra mayormente afectada por la altura del CSG que por la vertiente, aunque ambos factores afecten a esta distribución.

V. CONCLUSIONES

- A. Tomando en cuenta especies de anfibios terrestres y arbóreas: En total se reportaron 19 especies de anfibios en CSG de 46 especies reportadas para el área. Se encontraron 12 especies en la vertiente Oeste y 17 especies en la vertiente Este. Siendo la vertiente Este la de mayor riqueza. Se colectaron 42% de las especies reportadas para el área.
- B. Tomando en cuenta solamente las especies de anfibios terrestres reportadas para GSG, se encontraron en este estudio el 60% de las especies. Este porcentaje es preciso ya que la metodología del estudio muestreaba especies del sotobosque, excluyendo así las especies arbóreas dentro del área de muestreo.
- C. Los índices de similitud de Simpson, Jaccard, Dice y de Apareamiento simple; muestran que la distribución de especies de anfibios del CSG está más relacionada según altura de CSG que con vertiente Oeste y Este, principalmente se divide en altura baja y alta, siendo la baja de 100 a 600 msnm y la alta de 700 a 1200 msnm.
- D. A medida que aumenta la altura en CSG disminuye el número de especies de anfibios de sotobosque encontrados en ambas vertientes (*Vid.* Figura 10).
- E. El índice de similitud de Jaccard y Dice sometidos a un análisis Cluster muestran una mayor similitud entre los puntos Estación y Siguán, ambos con un rango altitudinal de 400 a 600 msnm.
- F. Con el índice de Apareamiento simple sometido a análisis cluster podemos observar que Samaria y Torres tienen una similitud muy grande (*Vid.* Figura 7) y esto se debe a que en estos sitios se colectaron pocas especies y pocos especímenes, los sitios se parecen mucho por ausencia de especies reportadas. Estación y Siguán son muy similares con este índice por la presencia de especies en común.
- G. La distribución de especies varía según vertiente del CSG debido a que las vertientes pertenecen a diferentes cuencas.
- H. Con el modelo Clench de estimación de la diversidad de CSG se determinó que los sitios de mayor diversidad son Escobas (Este) y Estación (Oeste), los sitios de menor rango altitudinal muestreados de ambas vertientes.

- I. Los sitios de menor altitud son los sitios que necesitan de mayor esfuerzo de colecta; ya que son los sitios que presentan mayor incidencia de especies de anfibios del sotobosque, según el modelo Clench predictivo (*Vid.* Figura 9).
- J. La especie *Eleutherodactylus chac* posee un rango de distribución muy amplio en CSG, ya que está igualmente distribuida en todos los rangos altitudinales muestreados (*Vid.* Figura 12).
- K. Con el análisis ANOVA se determinó que existe un efecto entre la vertiente de CSG y la riqueza de especies de anfibios, se encontró una diferencia en la riqueza de especies de anfibios en los diferentes rangos de altura y se determinó una interacción entre la vertiente y la altura del CSG sobre la riqueza de especies de anfibios.
- L. *Bufo campbelli* se encuentra reportado para alturas menores de 1000 msnm, pero en este estudio se encontró en el rango altitudinal de los 1000 a 1200 msnm (Samaria) (*Vid.* Cuadro 4).
- M. La composición de anfibios de CSG es muy similar a la encontrada en estudios similares en Africa (Vonesh, 2001).
- N. CSG es un área muy importante para conservación ya que forma parte del corredor de dispersión de la vertiente Caribe. Esta región estrecha conecta Suramérica y Norteamérica.
- O. El método de muestreo utilizado en este estudio no fue exitoso en cuanto a número de especies encontradas en los puntos de muestreo de mayor altitud. En estos bosques las especies de anfibios son mayormente arbóreas y se encuentran en la copa de los árboles.

VI. RECOMENDACIONES

- A. Realizar viajes de campo a principios o mediados de la época de invierno para mayor facilidad de encuentro con anfibios.
- B. Aportar mayor información para realizar curvas de acumulación de especies más precisas que las realizadas en este estudio, para cada sitio y poder determinar el esfuerzo mínimo (o colecta mínima de especímenes) para obtener el mayor número de especies.
- C. Trabajar con densidades poblacionales de los sitios para una mejor estimación de la diversidad del área.
- D. Muestrear en la ladera Este en un punto de baja altitud (entre los 100 y 300 msnm) ya que el punto más bajo muestreado en esa ladera en este estudio fue Estación (400 a 600 msnm). Debido a que solamente se encontraron áreas de cultivo o asentamientos en este rango.
- E. Si se desea trabajar realizando un inventario de anfibios de un área se recomienda trabajar con caminatas tanto diurnas como nocturnas y ya que la actividad durante el día varía según la especie.
- F. Dedicar más esfuerzo de colecta durante la noche ya que los muestreos nocturnos son más exitosos que los diurnos en cuanto a riqueza de especies.
- G. Un mejor diseño de los senderos dentro de GSG, que causen menor perturbación sobre el sotobosque en cuanto a intensidad y duración de las caminatas.
- H. Seguimiento de las especies endémicas de la región, para determinar sus poblaciones actuales y posibles causas de que sean especies raras en la región.
- I. Educación ambiental a los guardarecursos de FUNDAECO, en especial a las personas que viven dentro de la reserva para conservar el área y causar el menor impacto dentro de los ecosistemas ya que son muy frágiles.
- J. Estudios de capacidad de carga de CSG, así como de los senderos; y aplicación de los mismos para la realización de viajes ecoturísticos.

VII. LITERATURA CITADA

- Campbell, J. 1998. *Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán and Belize*. University of Oklahoma Press. U.S.A. 380 págs.
- _____; J. y J. Vannini. 1989. *Distribution of amphibians and reptiles in Guatemala and Belize*. Western Foundation of Vertebrate Zoology. Volumen 4:1. Los Angeles, California. 21 págs.
- De la Roca, M. 2002. «Distribución de Macromycetos a tres rangos altitudinales en la parte oeste de la Reserva de Cerro San Gil, Municipio de Santo Tomás, Departamento de Izabal, Guatemala». Trabajo de Tesis de la Universidad del Valle. 65 págs.
- Duellman, W. 1966. «The central american herpetofauna: An ecological perspective». *Copeia* (4): 700-719.
- _____; W. 1979. «The South American herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal. Museum of Natural History». The University of Kansas. Monograph No. 7. 484pp.
- FUNDAECO, MAGA y Agencia Italiana de Cooperación. 1999. «Estudio Técnico del Area de Protección Especial Cerro San Gil Reserva Protectora de Manantiales». Proyecto Plan Piloto de Conservación y Manejo del Area Protegida del Cerro San Gil. 205 págs.
- Heyer, R., M. Donnelly, R. McDiarmid, L. Hayek y M. Foster. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C., U.S.A. 517 págs.
- Hienen, J. 1992. «Comparisons of the leaf litter herpetofauna in abandoned cacao plantations and primary rain forest in Costa Rica: some implications for faunal restoration». *Biotropica* 24(3): 431-439.
- Lee, J. 1980. *An ecogeographic analysis of the herpetofauna of the Yucatán Peninsula*. University of Kansas Publications, Museum of Natural History. Kansas. 47 págs.
- _____; J. 1996. *The reptiles and amphibians of the Yucatán Peninsula*. Cornell University Press. 500 págs.
- _____; J. 2000. *A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world*. Cornell University Press. USA. 402 págs.

- Orozco, A. 2002. «Comunidades de palmas (Familia Arecaeae) silvestres en la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal, Guatemala». Trabajo de Tesis Universidad del Valle de Guatemala. 72 págs.
- Peláez, F., F. Baldizón, L. Corral, F. Gonzales y D. Ramírez. 2000. «Distribución altitudinal de anfibios y su valor como especie indicadora, en el lado Este y Oeste de la Reserva de Cerro San Gil, Municipio Santo Tomás, Departamento de Izabal, Guatemala». Proyecto del curso Estudio de Verano de la Licenciatura en Biología de la U.V.G. 18 págs.
- Savage, J. 1966. «The origins and history of the Central American herpetofauna». *Copeia* (4): 719-765.
- _____; J. 1975. «Systematics and distribution of the Mexican and Central American stream frogs related to *E. rugulosus*». *Copeia* 1975: 254-306.
- Scott, J. N. 1976. «The abundance and diversity of the herpetofaunas of tropical forest litter». *Biotropica* 8(1): 41-48.
- Soulé, M. 1986. *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, Inc. Michigan. 584 págs.
- Stuart, L. C. 1935. «A Contribution to a Knowledge of the herpetology of a portion of the savanna region of Central Petén, Guatemala». *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan* 29:1-56.
- _____; L. C. 1943. «Comments on the herpetofauna of the Sierra de los Cuchumatanes of Guatemala». *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*. 471:1-28.
- _____; L.C. 1943. «Taxonomic and geographic comments on Guatemalan salamanders of the genus *Oedipus*». *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan* 56:1-33.
- _____; L.C. 1950. «A geographic study of the herpetofauna of Alta Verapaz, Guatemala». *Contributions from the Laboratory of Vertebrate Biology, University of Michigan* 45:1-77.
- _____; L. C. 1951. «The herpetofauna of the Guatemalan Plateau, with special reference to its distribution on southwest highlands». *Contributions from the Laboratory of Vertebrate Biology, University of Michigan* 49:1-71.
- _____; L.C. 1954. «A brief description of a subhumid corridor across northern Central America, with comments on its herpetofaunal indicators». *Contributions from the Laboratory of Vertebrate Biology, University of Michigan* 65:1-26.
- _____; L.C. 1958. «A study of the herpetofauna of the Uaxactún-Tikal area of Northern El Petén, Guatemala». *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan* 75:1-30.
- _____; L. C. 1963. *A Checklist of the Herpetofauna of Guatemala*. Museum of Zoology University of Michigan 256 págs.
- _____; L. C. 1966. «The environment of the Central American cold-blooded vertebrate fauna». *Copeia* 1966(4):684-699.

Vonesh, J. 2001. «Patterns of richness and abundance in a tropical African leaf-litter herpetofauna». *Biotropica* 33(3): 502-510.

Zar, J.H. 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 506 págs.

VIII. APÉNDICE

Cuadro 12. Número acumulativo de especies de anfibios encontradas al aumentar el número de individuos colectados por sitio.

| Individuos Colectados | Número acumulativo de especies encontradas por sitio | | | | | |
|--------------------------|--|---------|----------|--------|---------|--------|
| | Estación | Escobas | Hospital | Siguán | Samaria | Torres |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 3 | 1 | 4 | 3 | 2 |
| 6 | 3 | 4 | 1 | 5 | 4 | 2 |
| 7 | 4 | 4 | 1 | 5 | 4 | 2 |
| 8 | 5 | 4 | 2 | 5 | 4 | 2 |
| 9 | 5 | 4 | 3 | 6 | 4 | 3 |
| 10 | 5 | 4 | 3 | 7 | 4 | 3 |
| 11 | 5 | 4 | 3 | 7 | 5 | 3 |
| 12 | 5 | 4 | 3 | 7 | 5 | 3 |
| 13 | 5 | 5 | 4 | 7 | 5 | 3 |
| 14 | 6 | 5 | 4 | 7 | 5 | 3 |
| 15 | 6 | 5 | 4 | 7 | 5 | 3 |
| 16 | 6 | 6 | 4 | 7 | 5 | 4 |
| 17 | 6 | 6 | 4 | 7 | 5 | 4 |
| 18 | 6 | 6 | 4 | 7 | 5 | 4 |
| 19 | 7 | 6 | 4 | 8 | | 4 |
| 20 | 8 | 6 | 5 | 8 | | 4 |
| 21 | 8 | 6 | 6 | 8 | | 4 |
| 22 | 8 | 6 | 6 | 8 | | 4 |
| 23 | 8 | 6 | 6 | 8 | | |
| 24 | 9 | 7 | 6 | 8 | | |
| 25 | 10 | 7 | 6 | 8 | | |
| 26 | 10 | 7 | 6 | 8 | | |
| 27 | 10 | 7 | 6 | 9 | | |
| 28 | 11 | 7 | 6 | 9 | | |
| 29 | 11 | 8 | 6 | 9 | | |
| 30 | 11 | 8 | 6 | 9 | | |
| 31 | 11 | 9 | 6 | 9 | | |
| 32 | 11 | 9 | 6 | 10 | | |
| 33 | 11 | 9 | | 10 | | |
| 34 | 11 | 10 | | 10 | | |
| 35 | 11 | 11 | | 10 | | |
| 36 | 11 | 11 | | 11 | | |
| 37 | 11 | 11 | | 11 | | |
| 38 | | 11 | | 11 | | |
| 39 | | 12 | | 11 | | |
| 40 | | 12 | | 12 | | |

| | | |
|----|----|----|
| 41 | 12 | 12 |
| 42 | 12 | 12 |
| 43 | 12 | 12 |
| 44 | 13 | 12 |
| 45 | 13 | 12 |
| 46 | 14 | 12 |
| 47 | 14 | |
| 48 | 14 | |
| 49 | 15 | |
| 50 | 15 | |
| 51 | 15 | |

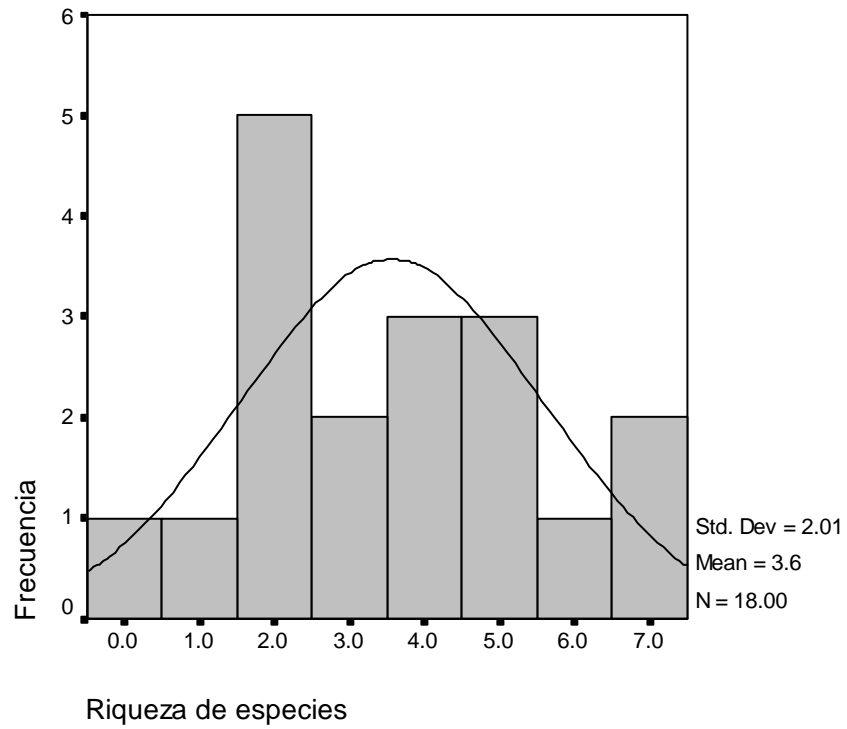
En este cuadro se muestran los datos de esfuerzo de colecta, con estos fue posible realizar las curvas de acumulación de especies con el modelo Clench.

Cuadro 13. Número acumulativo de especies de anfibios encontradas al aumentar el esfuerzo de colecta por sitio.

| Esfuerzo (Horas/hombre) | Número acumulado de especies | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|---------|----------|--------|---------|--------|
| | Estación | Escobas | Hospital | Siguán | Samaria | Torres |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 4 | 4 | 6 | 4 | 8 | 3 | 3 |
| 6 | 7 | 13 | 5 | 11 | 5 | 3 |
| 8 | 9 | 14 | 6 | 12 | 5 | 4 |
| 10 | 11 | 15 | 6 | 12 | 5 | 4 |

Se muestran los datos de esfuerzo de colecta, con estos no se hizo una curva de acumulación de especies ya que eran muy pocos datos. Se tienen pocos datos de esfuerzo horas/hombre porque solamente se midieron en el último viaje de campo, pero pueden dar una idea de la tendencia de cada sitio para el encuentro con nuevas especies según esfuerzo en horas.

Figura 15. Histograma mostrando una distribución normal durante el muestreo.



Podemos observar que la curva de distribución de especies de anfibios se asemeja a una curva normal, por lo que fue posible hacer un análisis ANOVA para comparar entre variables Oeste y Este y diferentes alturas del CSG (Cuadro 11).

Figura 16. Hoja de campo utilizada para anfibios colectados.

Hoja de Campo para Anfibios

Fecha: _____ Observador: _____
 Punto de muestreo: _____ Altitud: _____
 Condiciones climáticas: _____ Tipo de suelo: _____
 Descripción general de hábitat: _____
 Tiempo inicio: _____ Tiempo fin: _____
 Tipo de muestreo: _____

+

| No. Colecta CSG | Especie | Posición desde inicio | Color ojos | Otras observaciones |
|--------------------|---------|-----------------------|------------|---------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Podemos ver la hoja de campo que se utilizó durante todos los muestreos realizados. Esta hoja incluye número de colecta, especie y otras observaciones que servirían para identificar los especímenes posteriormente.

