

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
PROGRAMA EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD  
SUBPROGRAMA EDC-BIOLOGÍA

INFORME FINAL INTEGRADO  
**Wildlife Conservation Society –WCS–**  
**Asociación de Rescate y Conservación de Vida Silvestre –ARCAS–**  
**Herbario –USCG–**  
PERÍODO DE REALIZACIÓN  
ENERO 2011 – ENERO 2012

BONILLA CHANG, CAROLINA A. G.  
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: GABRIELA ARMAS

## ÍNDICE

Introducción .....	3
Listado de Actividades Realizadas.....	4
A. Servicio.....	4
B. Docencia.....	5
C. Actividades no planificadas (Docencia).....	6
D. Investigación.....	7
Cuadro de Resumen de Actividades.....	8
Informe final de investigación.....	11
Anexos Docencia.....	31

## **INTRODUCCIÓN**

El programa de EDC-Biología busca contribuir al desarrollo nacional, ayudando a la formación profesional de los estudiantes de la carrera de Biología, a través de actividades vinculadas directamente con la comunidad. En dichas actividades, se aplican los conocimientos adquiridos por los estudiantes, sobre las ciencias biológicas, relacionados con la salud, el ambiente, entre otros, para promover el bienestar integral de la población (Alquijay, et al., 2011). Este programa está desarrollado en tres partes: servicio, docencia e investigación.

El presente documento conforma el informe final de la práctica de docencia, servicio e investigación, en el período de realización Enero 2011 – Enero 2012. Se describen detalladamente las actividades realizadas en las instituciones correspondientes. Así mismo, se detallan otras actividades no programadas, las cuales corresponden a la parte de docencia.

## LISTADO DE ACTIVIDADES REALIZADAS

### A. SERVICIO

**1. Título:** Toma de fotografías y medición de fósiles.

**Lugar:** MUSHNAT

**Objetivos:** enriquecer la base de datos de paleontología con fotografías, medidas de los fósiles, así como su ubicación dentro de la colección.

**Procedimiento:** Se tomaron las medidas en (mm) del ancho y largo de cada uno de los fósiles presentados, luego fueron fotografiados para posteriormente ser ingresados completamente a la base de datos.

**Resultados:** se ingresaron a la base de datos más de 660 fotografías y datos de ubicación y medidas de fósiles.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**2. Título:** montaje de especímenes.

**Lugar:** Herbario USCG

**Objetivos:** preparar los especímenes que van a ser ingresados a la colección del herbario.

**Procedimiento:** cada espécimen previamente secado, identificado e ingresado a la base de datos, fue pegado y cocido en papel algodón libre de ácido, junto con su etiqueta correspondiente.

**Resultados:** se ingresaron aproximadamente 100 especímenes que habían sido anteriormente inventariados pero no ingresados directamente a la colección del herbario.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**3. Título:** intercalado de especímenes.

**Lugar:** Herbario USCG

**Objetivos:** mantener un orden adecuado de los especímenes que se ingresan a la colección.

**Procedimiento:** cada espécimen montado e inventariado, fue colocado en el armario ordenado de forma filogenética en la colección, y alfabéticamente en cuanto a género y especie.

**Resultados:** se ingresaron aproximadamente 100 especímenes que habían sido anteriormente inventariados pero no ingresados directamente a la colección del herbario.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**4. Título:** ingreso de revistas y libros a la base de datos bibliográfica.

**Lugar:** Herbario USCG

**Objetivos:** llevar un control de la bibliografía disponible en el herbario USCG.

**Procedimiento:** se ingresó a la base de datos cada libro y revista presente en el herbario, tomando en cuenta el nombre del libro/revista, autores, año de edición, etc.

**Resultados:** un control y orden adecuado para la bibliografía disponible en dicha institución.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**5. Título:** Listado de mamíferos encontrados en una colección de excretas de felinos de la Reserva de la Biosfera Maya.

**Lugar:** USAC (WCS)

**Objetivos:**

- Identificar los principales organismos (específicamente mamíferos) que incluyen los felinos en su dieta a través de un análisis de pelo.
- Analizar los pelos de mamíferos encontrados en la colección de excretas de felinos de la Reserva de la Biósfera Maya.

**Procedimiento:** identificación de pelos encontrados en muestras de heces fecales de jaguar y de puma, utilizando la guía ilustrada de pelos realizada por Bustamante, et. al. (2007).

**Resultados:** identificación de un total de 47 muestras.

**Problemas y limitaciones:** falta de equipo (microscopio) a la hora de realizar la práctica.

## B. DOCENCIA

**1. Título:** Elaboración de charlas educativas.

**Lugar:** ARCAS

**Objetivos:**

- Proponer nuevos temas para ser incluidos dentro del programa educativo de ARCAS.
- Actualización y redefinición de los temas existentes dentro de programa educativo de ARCAS.
- Mejorar la presentación e imagen de los temas desarrollados, haciéndolos más llamativos para que sean mejor aceptados por instituciones educativas.

**Procedimiento:** se llevó a cabo la elaboración de distintas charlas educativas (La Granja, Mamíferos, etc.)

**Resultado:** motivación por parte de los niños por los animales y el medio ambiente.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**2. Título:** presentación de charla “Animales en Peligro”.

**Lugar:** ARCAS

**Objetivos:** concientizar a los estudiantes con temas respecto a la fauna en peligro.

**Procedimiento:** se llevó a cabo la presentación de la charla educativa “Animales en Peligro” en un colegio ubicado en la Antigua Guatemala.

**Resultados:** motivación por parte de las personas presentes, hacia los animales y el medio ambiente.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**3. Título:** elaboración de dietas y limpieza de recintos animales.

**Lugar:** ARCAS

**Objetivos:** Colaborar con el cuidado y mantenimiento de los recintos y de los animales presentes en la asociación de rescate.

**Procedimiento:** limpieza de los recintos por las mañanas y la elaboración de dietas para cada animal.

**Resultados:** --

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**4. Título:** enriquecimiento de material didáctico.

**Lugar:** ARCAS

**Objetivos:** Enriquecer el material didáctico utilizado en ARCAS para impartir las charlas educativas.

**Procedimiento:** Se arreglaron algunos materiales didácticos utilizados en las pláticas educativas como: títeres y diapositivas.

**Resultados:** --

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

### C. ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS (Docencia)

**1. Título:** Simposio de Ciencias Biológicas y Ambientales.

**Lugar:** USAC

**Objetivos:** dar a conocer los problemas y avances que se tienen sobre aspectos biológicos y ambientales.

**Procedimiento:** participación en el simposio como parte del público presente.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**2. Título:** Curso SIG.

**Lugar:** CECON

**Objetivos:** conocer las bases para manipular y analizar la información geográfica.

**Procedimiento:** curso impartido por Dauno Ch. con una duración de 20 horas.

**Resultados:** conocimiento sobre los sistemas de coordenadas y proyecciones, realización de mapas en un plano y relieve.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**3. Título:** Semana Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

**Lugar:** Centro de Convenciones Hotel Westin Camino Real

**Objetivos:** informarse acerca de diferentes temas relacionados a la ciencia y tecnología actual.

**Procedimiento:** asistencia a los foros y conferencias

- (1) Foro: la importancia de las áreas protegidas y los parques nacionales del país.
- (2) Crianza de especies amenazadas.
- (3) La construcción verde.
- (4) Estudiar ciencia: detalles que hacen una carrera única que pocos conocen.
- (5) La genética y la biotecnología moderna.

(6) Manejo de desechos electrónicos.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**4. Título:** Charla sobre el procedimientos para trámite de licencias de investigador y colecta científica.

**Lugar:** USAC.

**Objetivos:** informarse sobre los procedimientos que deben realizarse para el trámite de licencias de CONAP.

**Procedimiento:** asistencia a charla impartida por Franklin Herrera, CONAP.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

#### D. INVESTIGACIÓN (Herbario –USCG–)

**Título del proyecto:** “Diversidad de Helechos (*Monilophyta*) en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, Morales, Izabal”.

**Objetivos:**

General:

- \* Estudiar la diversidad de helechos presente en los bosques de Sierra Caral.

Específicos:

- \* Evaluar la composición de helechos en Sierra Caral.
- \* Analizar la relación entre la altitud y la distribución de los helechos en Sierra Caral.

**Problemas y limitaciones:** sin limitaciones.

**RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE EDC**

<b>Programa Universitario</b>	<b>Nombre de la Actividad</b>	<b>Institución</b>	<b>Fecha de la Actividad</b>	<b>Horas EDC Ejecutadas</b>
<b>SERVICIO</b>	Toma de fotografías y medición de fósiles	MUSHNAT	Febrero	40
	Montaje de especímenes de herbario	Herbario USCG	Febrero - Marzo	40
	Intercalado de especímenes			
	Ingreso de revistas y libros a la base de datos bibliográfica			
	Identificación de pelos en excretas de felinos	WCS	Mayo – Junio	370
	Elaboración y Presentación de diagnóstico, plan de trabajo, informes bimensuales e informe final	-	Enero - Junio	15
<b>Horas acumuladas</b>				<b>385</b>

<b>DOCENCIA</b>	Elaboración de charlas educativas	ARCAS	Abril	90
	Presentación de charlas educativas			
	Elaboración de dietas y limpieza de recintos animales			
	Enriquecimiento de material didáctico			
	<b>Actividades no planificadas</b>			
	Simposio de Ciencias Biológicas y Ambientales	USAC	Marzo	5
	Curso SIG	CECON	Marzo	16
	Semana Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	CONCYT	Abril	7
	Charla sobre el procedimientos para trámite de licencias de investigador y colecta científica	USAC	Marzo	2
	Elaboración y Presentación de diagnóstico, plan de trabajo, informes bimensuales e informe final	-	Enero - Mayo	15
<b>Horas acumuladas</b>			<b>135</b>	

<b>INVESTIGACIÓN</b>	Elaboración de perfil y protocolo de investigación	-	Mayo	20
	Realización de trabajo de campo	Sierra Caral	Junio	110
	Elaboración informe de investigación	-	Julio – Diciembre	390
<b>Hora acumuladas</b>				520
<b>TOTAL DE HORAS EDC</b>				1040

## **“DIVERSIDAD DE HELECHOS (*MONILOPHYTA*) EN LA RESERVA HÍDRICA Y FORESTAL SIERRA CARAL, MORALES, IZABAL.”**

### **RESUMEN**

Sierra Caral (Morales-Izabal) es en su mayoría bosque nuboso tropical, por lo que especies como los helechos son bastante abundantes. Debido a su alta sensibilidad a los cambios ambientales, éstos son organismos modelo para la conservación y restauración de hábitats. Los fines de este estudio fueron evaluar la diversidad de este grupo en Sierra Caral, así como analizar la relación de ésta con la altitud. Se llevó a cabo un muestreo durante el mes de junio del 2011 para la obtención de la riqueza de especies a lo largo de un gradiente altitudinal, entre los 350 a los 1,000 metros sobre el nivel del mar, a una distancia de 100 metros entre cada piso. En cuanto a los análisis estadísticos, se llevó a cabo un análisis de aglomeración promedio utilizando el índice de similitud de Jaccard; también se estimó la riqueza de las especies utilizando el índice de Jackknife en el que se obtuvo que el número de especies obtenidas equivalen al 66.2% de las especies esperadas. Así mismo, se realizó un análisis de correlación, en donde se encontró que existe una correlación negativa en cuanto a la altitud y la riqueza de especies, lo que indica que a mayor altitud existe una menor cantidad de especies y que a menor altitud, la riqueza de especies será mayor. En estudios de este tipo se recomienda realizar la mayor cantidad de muestreos posibles para que el esfuerzo a realizar sea significativo.

### **INTRODUCCIÓN**

Sierra Caral es una reserva hídrica y forestal ubicada en el municipio de Morales, Izabal. Es parte de la cordillera de Merendón, la cual colinda con la República de Honduras. Sierra Caral posee en su mayoría bosques tropicales con una gran diversidad tanto de fauna como flora. Es una fuente de rica en recursos hídricos, ya que cuenta con varias microcuencas y subcuencas de importancia para el país; sin embargo, por ser un área de fácil acceso, se encuentra constantemente amenazada.

Por el tipo de bosques que presenta este sitio, los helechos son uno de los grupos más abundantes, están caracterizados principalmente por carecer de flores. Debido a su alta sensibilidad a los cambios ambientales, éstos son organismos modelo para la conservación y restauración de hábitats. Pueden crecer en casi cualquier tipo de hábitat, representando cerca del 5% de las plantas vasculares, las cuales se concentran principalmente en los trópicos (Mauseth, 1998; Mehltreter, *et al.*, 2010).

Es importante comprender la distribución y riqueza de especies en Sierra Caral, ya que nos permite valorar el área protegida en términos de conservación, así como comprender mejor la relación entre su diversidad y la altitud, lo que podría guiar los esfuerzos de conservación en otras áreas del país. Los objetivos principales de la presente investigación fueron estudiar la diversidad de los helechos presentes en Sierra Caral, la riqueza y composición de especies. Para ello, se realizaron muestreos en cuatro diferentes pisos altitudinales de la Sierra, en los cuales se colectaron helechos encontrados hasta una altura de 3 metros en transectos de 400m<sup>2</sup>.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Sierra Caral es una reserva hídrica y forestal ubicada en el municipio de Morales, Izabal. Es en su mayoría un bosque nuboso tropical (Ortiz, 2008), siendo una unidad de conservación con una fuente rica de recursos hídricos a través de varias microcuencas y subcuencas de importancia nacional (Morales, 2007). Ésta cuenta con una alta diversidad de flora y fauna, a pesar de esto, es un área muy poco estudiada; no se conoce la diversidad de helechos en el área, ni existen datos sobre su distribución espacial (CONAP, 2006).

## **JUSTIFICACIÓN**

Sierra Caral es en su mayoría un bosque nuboso tropical (Ortiz, 2008), que en la actualidad se encuentra botánicamente inexplorado. Entre la flora presente, los helechos son un grupo muy abundante. Éstos juegan un papel importante dentro de los ecosistemas, ya que proporcionan hábitat a una gran variedad de organismos. Su sensibilidad a cambios de humedad y a la luz directa del sol, también permite que sean utilizados como indicadores de cambio ambiental y diversidad biológica (Mehltreter, *et al.*, 2010). Por lo tanto, son organismos modelo en la conservación y restauración de hábitats, y para cuestiones ecológicas en general.

## **REFERENTE TEÓRICO**

### HELECHOS

Los helechos son un grupo de plantas vasculares que se caracterizan principalmente por carecer de flores. Éstos pueden crecer en casi cualquier tipo de hábitat; junto con las Lycophytas, representan cerca del 2-5% de las plantas vasculares, las cuales se concentran principalmente en los trópicos (Mauseth, 1998; Mehltreter, *et al.*, 2010). En estos climas, el crecimiento de las plantas en general está influenciado por la época del año; a pesar de que los helechos no interactúan con polinizadores ni dispersores especializados, estudios recientes han demostrado que estas plantas presentan un patrón similar de crecimiento al de las angiospermas (Mehltreter, *et al.*, 2010).

Actualmente, los helechos se encuentran dentro de la división Monilophyta junto con los equisetos. Están distribuidos en cuatro clases: Psilotopsida, Equisetopsida, Marattiopsida y Polypodiopsida, las cuales comprenden 11 órdenes y 37 familias. La división Monilophyta cuenta con alrededor de 9,000 especies (Fernández, *et al.*, 2011; Smith, *et al.*, 2006).

Los helechos presentan una gran variedad de formas y tamaños, son principalmente herbáceos, sin embargo, algunos son arborescentes pero no desarrollan crecimiento secundario. El ciclo de vida comprende una alternancia entre dos generaciones: el gametofito (haploide) y el esporofito (diploide), las cuales son generaciones que crecen independiente una de la otra. En las monilophytas, la generación dominante es el esporofito (Fernández, *et al.*, 2011).

Los helechos son utilizados como alimento para algunos organismos incluyendo a los humanos, que también los utilizan para hacer medicinas, en la agricultura y la horticultura. En la actualidad, la mayoría de las especies de helechos habitan en lugares húmedos. Sin embargo, algunas especies se han adaptado a climas más fríos, donde pueden llegar a desarrollar una gran variedad de formas desde arbóreos hasta helechos epífitos (Mehltreter, *et al.*, 2010).

Los helechos juegan un papel importante en la conservación y restauración de hábitats, ya que son sensibles a los cambios de humedad y luz directa del sol por lo que pueden ser utilizados como indicadores del cambio ambiental y diversidad biológica (Jiménez, 2010).

## ÁREA DE ESTUDIO

### Sierra Caral

Sierra Caral se ubica en el municipio de Morales, departamento de Izabal (anexo No. 1). Es una extensión de la Sierra del Merendón, siendo el área más boscosa de esta cordillera (Church, *et al.*, 2011; CONAP, 2006). Tiene un área de aproximadamente 37,870 hectáreas con altitud entre los 1,000 y 1,144 metros sobre el nivel del mar (Ortiz, 2008; CECON, 1995). En el año de 1991 fue declarada como Área de Protección Especial según el decreto 4-89 de la ley de Áreas Protegidas (CECON, 1995), sin embargo en el 2007, se catalogó como Reserva Hídrica y Forestal (CONAP, 2006). Actualmente se encuentra administrada por la Fundación para el Ecodesarrollo –FUNDAECO– (CONAP, 2006).

Sierra Caral es una fuente rica en recursos hídricos a través de microcuencas y subcuentas: Río Bobos, Río Las Animas, Río Negro, Río Chiquito, Río Frío, Río Plátanos, Río Nuevo Cacao, los cuales tienen una importancia a nivel nacional, ya que abastecen las diversas comunidades y alimentan la cuenca del río Motagua (Morales, 2007). La temperatura media del lugar varía entre los 21 y 25°C, posee una humedad relativa del 80%, siendo ésta mayor en el lado de Guatemala que del lado de Honduras a causa de los vientos provenientes del noreste. La precipitación es de 1,500mm con 160 días de precipitación al año (CECON, 1995).

Esta unidad de conservación cuenta con casi el 90% de los bosques con una alta riqueza en cuanto a especies maderables, medicinales, artesanales y comestibles. En su mayoría constituye, según la clasificación de Holdridge de 1967 (Louman, 2011, p. 24), un bosque nuboso tropical (Ortiz, 2008) que cuenta con una alta biodiversidad, la cual se encuentra poco estudiada.

Desafortunadamente, debido a la ubicación de Sierra Caral y a su fácil acceso, estos bosques se encuentran amenazados (Church, *et al.*, 2011). Constantemente se extrae madera para leña y construcción, así como otras especies de plantas para uso comestible y medicinal. Existe también cacería en el lugar principalmente para alimentación, sin embargo, la más alta amenaza es el avance de la frontera agrícola (CECON, 1995).

## **OBJETIVOS**

General:

- \* Estudiar la diversidad de helechos presente en los bosques de Sierra Caral.

Específicos:

- \* Evaluar la composición de helechos en Sierra Caral.
- \* Analizar la relación entre la altitud y la distribución de los helechos en Sierra Caral.

## **HIPÓTESIS**

La riqueza y composición de los helechos varía en función del gradiente altitudinal y los factores asociados a éste.

## **METODOLOGÍA**

### DISEÑO

- \* Población: Helechos de los bosques de Sierra Caral.
- \* Muestra: Helechos colectados a lo largo de transectos de 400m<sup>2</sup> (5m x 80m).

### TÉCNICAS A USAR EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

- \* Recolección de datos

Se llevó a cabo un muestreo preferencial en 4 diferentes pisos altitudinales de la Sierra Caral: aproximadamente a 800msnm., 900msnm., 1,000msnm. y 1100msnm. En cada uno de los pisos altitudinales los muestreos consistieron en 3 transectos de 400m<sup>2</sup> cada uno (5m x 80m). En cada transecto se colectaron muestras de todos los helechos terrestres y epífitos presentes (hasta una altura de 3m sobre el suelo), cada una de las cuales fue herborizada, identificada y depositada en el Herbario USCG.

Para cada unidad muestral, se tomaron los siguientes datos: altitud con un altímetro barométrico y cobertura vegetal con un densiómetro esférico, en dos puntos de cada transecto.

- \* Análisis de datos

Los datos fueron tabulados y analizados para obtener la riqueza de las especies por piso altitudinal, así como la composición de las mismas. La riqueza esperada en cada piso se estimó utilizando índices ecológicos. Para evaluar la similitud entre los pisos altitudinales, se utilizó el índice de similitud de Jaccard, el cual relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Moreno, 2001). Así mismo, se realizó un análisis de agrupamiento partiendo de los valores de coeficientes de similitud de Jaccard. Por último, se realizó un análisis de correlación para examinar la existencia de una relación entre las variables propuestas.

## INSTRUMENTOS PARA REGISTRO Y MEDICIÓN DE LAS OBSERVACIONES

### Materiales

- \* Brújula magnética
- \* Densiómetro esférico
- \* Altimetro barométrico
- \* GPS
- \* Cinta métrica
- \* Lazo de 10m
- \* Libreta de campo
- \* Lápiz
- \* Tijeras de podar
- \* Bolsas de plástico
- \* Machete
- \* Prensa de herbario
- \* Cartón
- \* Papel periódico
- \* Alcohol

### Equipo de herbario

- \* Secadora
- \* Claves para determinación taxonómica
- \* Estereoscopio
- \* Pinzas, regla y agujas de disección

### Equipo de oficina

- \* Computadora
- \* Papel
- \* Impresora

## RESULTADOS

La metodología planteada indica parcelas de 20x20m, sin embargo, estas parcelas fueron sustituidas por transectos de 5x80m, lo que equivale al área de 400m<sup>2</sup> inicialmente propuesta. Dichos cambios fueron realizados debido a que la topografía presentada por el terreno no era del todo adecuada para emplear parcelas como técnica de muestreo.

Por lo tanto, se realizaron 3 transectos a cada 100 metros de distancia, para cada piso altitudinal. Los muestreos no se hicieron exactamente a la altitud predicha debido a la misma razón antes mencionada, sin embargo, éstos estuvieron en un rango dentro de dichos valores para evitar alterar los resultados. La altitud entonces para cada transecto fue la siguiente:

**Cuadro No. 1** Altitud real para el muestreo a lo largo de los diferentes transectos.

Piso altitudinal	Transecto	Altitud preestablecida	Altitud real
1	1		318
	2	350	320
	3		368
2	1		552
	2	550	540
	3		530
3	1		756
	2	750	725
	3		707
4	1		1000
	2	950	992
	3		964

Fuente: datos experimentales.

**Cuadro No. 2** Número de especies de helechos encontrados en los 4 pisos altitudinales.

<b>Altitud</b>	<b>Número de especies observadas</b>
350	25
550	22
750	11
950	12
Número total de especies dentro de transectos	45
Número total de especies	89

En la Cuadro No. 3 se muestra el total de especies encontradas a lo largo de los transectos y sus alrededores en cada piso altitudinal. Fuente: datos experimentales.

Durante todo el recorrido se colectó un total de 89 especies de helechos, 45 de los cuales fueron colectados en los transectos realizados y el resto a los alrededores de éstos (ver anexos, cuadro No 6). En los pisos más bajos fue en donde hubo un mayor registro de especies.

**Cuadro No. 3** Riqueza des especies utilizando el estimador de Jacknife.

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Estimador de Jacknife	68
Desviación estándar	6.42
Varianza del estimador	83.34
Límites de confianza (95%)	± 21

En el cuadro No. 3 se muestra el valor de la riqueza estimada de Jacknife, la desviación estándar y varianza del estimador, así como los valores para los límites de confianza del mismo. Fuente: datos experimentales.

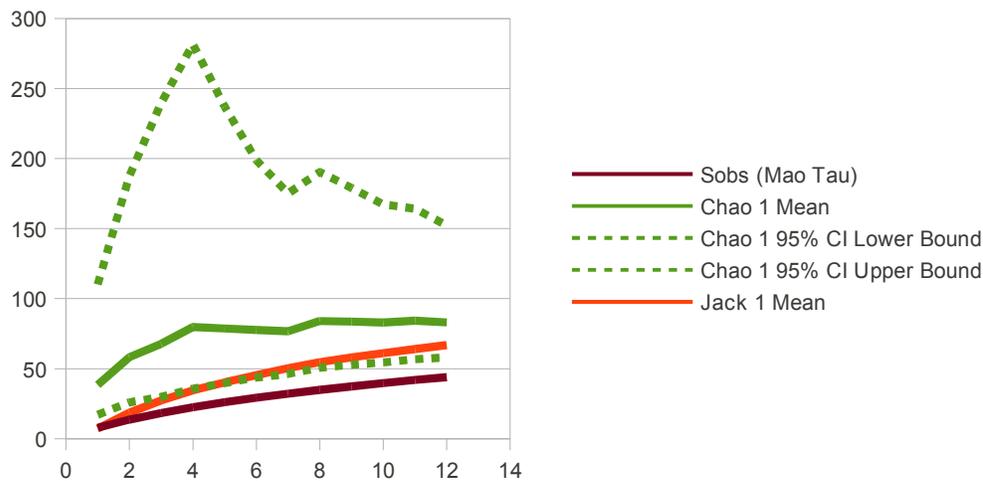
Según el estimador de riqueza de Jacknife de primer orden, la riqueza del sitio es de 68 especies (cuadro No. 3), por lo que las el número de especies encontradas (ver anexos, cuadro No. 6) equivalen al 66.2% del total de las especies esperadas. Así mismo, se utilizó el estimador de Chao 1, el cual es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras (Moreno, 2001, p. 40). Con este estimador, la riqueza esperada fue de 83 especies para los 12 transectos realizados (cuadro No. 4).

**Cuadro No. 4** Riqueza de especies según los estimadores de Chao y Jackknife de primer orden.

Samples	Chao 1 Mean	Chao 1 95% Lower Bound	Chao 1 95% Upper Bound	Jack 1 Mean
1	38.45	17.1	110.14	7.14
2	58.21	25.96	187.74	18.58
3	67.75	29.9	239.73	27.23
4	79.72	35.68	281.83	34.55
5	78.73	39.73	237.15	40.23
6	77.74	43.66	198.9	45.31
7	76.73	46.31	175.2	50.42
8	84.04	50.73	190.48	54.64
9	83.68	52.81	179.06	58.07
10	82.94	54.52	167.37	61.05
11	84.35	56.73	164.24	64.04
12	83.06	58.09	152.26	66.92

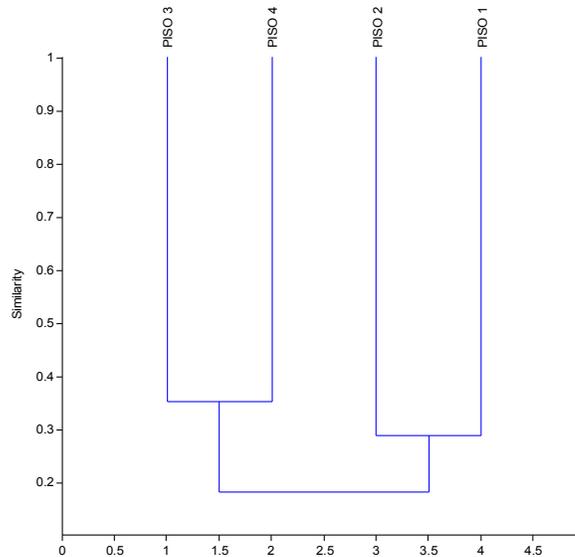
En el cuadro No. 4 se observan los valores de la riqueza de especies según el estimado de Chao con sus límites de confianza; y los valores estimados utilizando Jackknife de primer orden. Fuente: datos experimentales.

**Gráfica No. 1** Riqueza de especies utilizando el estimador Chao de primer orden y Jackard de primer orden.



En la gráfica No. 1 se observa que la cantidad de colectas se encuentra cerca del límite inferior de los límites de confianza para el valor estimado de la riqueza basado en el estimador de Chao1; mientras que presenta cierto solapamiento con el estimado de Jackknife1. Fuente: datos experimentales.

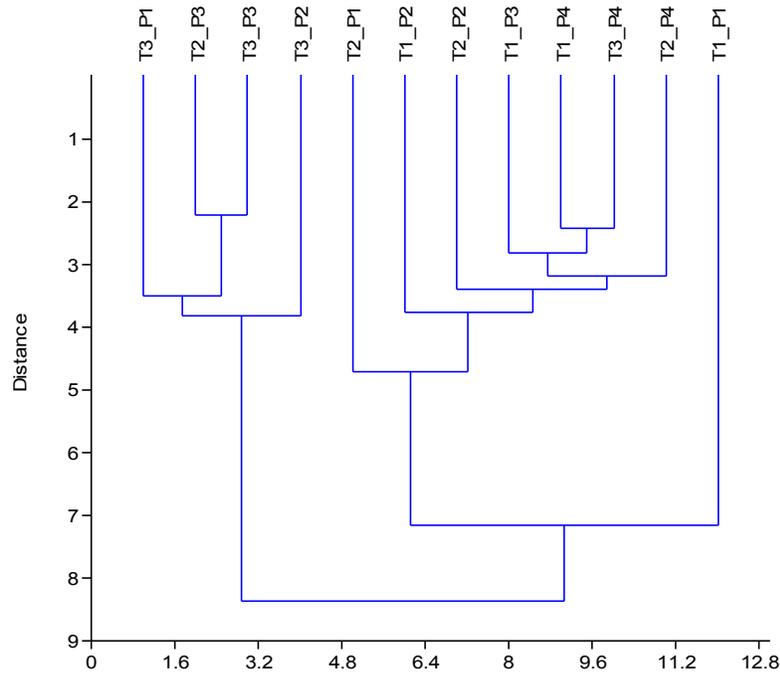
**Figura No. 1** Análisis de agrupamiento para los cuatro pisos altitudinales,



Fuente: datos experimentales.

En el análisis de agrupamiento basado en el índice binario de Jaccard (figura No. 1), se observa una mayor similitud entre los pisos 3 y 4, y por aparte entre los pisos 1 y 2, esto tomando únicamente la cantidad de especies presentes en cada uno de los sitios (pisos altitudinales).

**Figura No. 2** Análisis de agrupamiento basado en la cobertura vegetal.



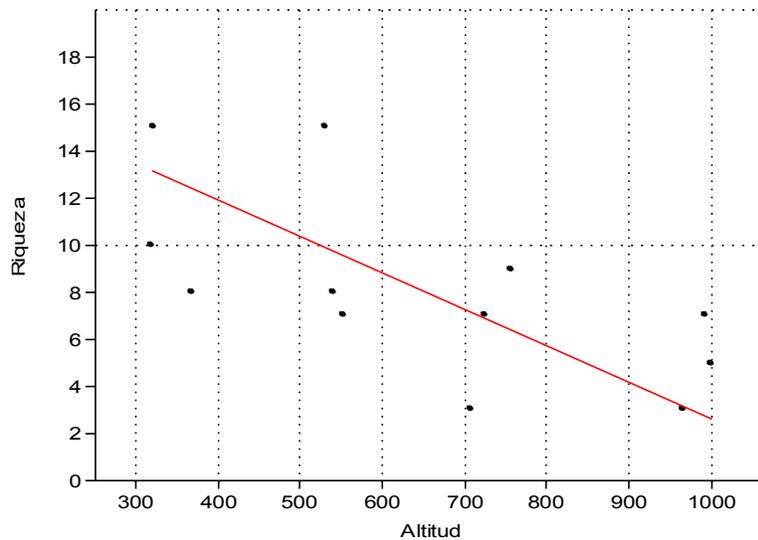
En la figura No. 2 se muestra el análisis de agrupamiento basado en la cobertura vegetal, utilizando el coeficiente cuantitativo de la distancia Euclideana. No se aprecia con claridad una similitud entre los transectos del mismo piso. Fuente: datos experimentales.

**Cuadro No. 5** Coeficientes de regresión logística.

	Estimado	Error estándar	Valor de z	Pr(> z )	OR
Intercepto	2.8472749	0.6516537	4.369	1.25E-005	
Cobertura	0.0011879	0.0239367	0.050	0.96042	1.0011890
Altitud	-0.0012862	0.0004436	-2.899	0.00374*	0.9987146

En el cuadro No. 5 se muestran los resultados obtenidos de una regresión logística, donde se observa que la variable de altitud es la que mejor explica la variación de la variable dependiente (riqueza de especies) ya que presenta un valor p menor a 0.05\*. Fuente: datos experimentales.

**Figura No. 3** Análisis de Correlación.



Fuente: datos experimentales.

Se realizó un análisis de correlación para las variables de riqueza y altitud en el que se obtuvo un valor de  $-0.648270$ . Como se observa en la figura No. 3, existe una correlación negativa para estas variables, lo que indica que a medida que va aumentando el gradiente altitudinal, la riqueza de especies se ve disminuida, mientras que si se baja en este gradiente, la riqueza de éstas va aumentando.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La composición de algunas plantas como los helechos en un lugar se encuentra relacionada a factores como el tipo de suelo y la topografía del área. En un gradiente altitudinal, por ejemplo, la composición de las comunidades de helechos, se ha visto que cambia considerablemente. Cada especie en particular posee requerimientos específicos para sobrevivir, lo que en algunos casos, las limita a determinadas regiones o altitudes. Estos cambios en un gradiente pueden ir desde unos cientos de metros hasta más de 3000 metros (Mehltreter, et al., 2010, p. 44-46). Por ejemplo, se puede observar que únicamente tres de las especies documentadas (ver anexos, cuadro No. 6) se encuentra presente en los 4 pisos altitudinales propuestos, éstas son *Thelypteris tetragona*, *Bolbitis bernoullii* y *Polybotrya polybotryoides*, mientras que el resto de especies se encuentran únicamente en ciertos pisos, a pesar de que la distancia entre cada piso altitudinal no es demasiado extensa.

Lo anteriormente dicho podría dar indicios de cómo los cambios en la altitud pueden influir en la presencia de ciertas especies, ya que los pisos que presentan mayor similitud entre sí, se encuentran continuos. Así mismo, dichos resultados podrían estar mostrando la presencia de comunidades vegetales distintas en la Sierra.

A pesar de que el porcentaje de cobertura vegetal de un bosque (ver anexos, cuadro No. 7), es uno de los factores principales que determinan la riqueza de especies de helechos, los grupos de transectos relacionados con la cobertura vegetal en el análisis de agrupamiento de la figura No. 2, no se encuentran agrupados por piso altitudinal debido a que la cobertura se presenta distinta a lo largo de un plano longitudinal en cada piso, esto puede deberse a la heterogeneidad que existe en el bosque y la diferente orientación tomada en cada transecto. Debido a esto, para los análisis realizados se utilizaron los datos de la riqueza para cada transecto, el porcentaje de cobertura vegetal presente y la altitud real (cuadro No.1).

Tomando en cuenta la variación de la riqueza encontrada en los transectos a lo largo del gradiente altitudinal, no se encontró un evidente crecimiento ni disminución de ésta, por lo que no puede decirse que existe un cambio lineal de la riqueza de especies en cuanto a los cambios de altitud. Sin embargo, se realizó un análisis de regresión logística utilizando el programa R commander en el que se encontró que la variable que mejor explica la riqueza de las especies es la altitud más que la cobertura vegetal. Utilizando los valores *Odds ratio* (OR) (cuadro No. 5), los cuales indican cuánto se modifican las probabilidades por unidad de cambio en las variables independientes (altitud y cobertura vegetal), se indica que por cada unidad de cambio que exista en la altitud, que en este caso sería en metros, existirá un cambio en la riqueza en un 0.998 de las veces (Moral, 2006, p. 204).

Los cambios en la riqueza de especies observada a lo largo de un gradiente altitudinal puede deberse a los requerimientos ecológicos de cada grupo en particular. A nivel de especie, se observa una restricción para un gradiente específico según la zona en donde ésta determinada especie se encuentre (Mehltreter, *et al.*, 2010, p. 45).

Se han realizado diversos estudios que han revelado que existen varios patrones más o menos definidos sobre la riqueza de especies vegetales como los helechos, a lo largo de un gradiente altitudinal dentro de los bosques tropicales. Dichos estudios han demostrado que en un 80%, las especies vegetales presentan un patrón en donde la riqueza de las especies tiene su punto máximo en las elevaciones medias del gradiente, mostrando un modelo gráfico como una joroba (Cardelús, *et al.*, 2006, p.80).

A pesar de esto, en el presente estudio se mostró una tendencia de la riqueza a disminuir a medida que la altitud es mayor. Esta diferencia pudo deberse a que este estudio se llevó a cabo a una escala de elevación bastante corta en comparación con otros estudios llevados a cabo con helechos. El comportamiento de “joroba” es posible que se encuentre presente, sin embargo el rango altitudinal pudo haber evitado que se detectara.

Una explicación para dicho comportamiento en la riqueza de los helechos a lo largo del gradiente, es debido a los cambios de la temperatura y humedad, ya que a medida que se va aumentando en el gradiente, la temperatura va disminuyendo y la humedad aumentando. Dichos

factores alteran de igual manera el tipo de suelo, lo que contribuye al cambio de la diversidad de especies en distintos sitios de la sierra, por presentar las especies diferentes adaptaciones en cuanto al medio (Bach y Gradstein, 2007 p. 92; Bhattarai y Vetaas, 2003, 335). Entre mayor sea la altitud en la sierra, las condiciones de humedad cambian, la incidencia de luz es mayor, lo que provoca ambientes un poco más secos que podría causar ambientes un tanto inadecuados para varias de las especies de helechos presentes en la sierra y por lo tanto, una menor riqueza y diversidad (Cardelús, et al., 2006, p.81).

## **CONCLUSIONES**

1. La cobertura vegetal a lo largo del bosque se presenta de una manera heterogénea, ya que según los análisis de agrupamiento, hubo agrupaciones de sitios en base a este factor, los cuales se encontraban a distintas altitudes.
2. A pesar de que la cobertura vegetal influye en gran manera en la presencia de determinadas especies, ésta variable no explica del todo estos cambios en la riqueza como lo hace la altitud.
3. El comportamiento en la riqueza de especies observada a lo largo de un gradiente altitudinal puede deberse a los requerimientos ecológicos de cada grupo en particular.
4. Diversos estudios muestran que existen varios patrones en la riqueza de especies de helechos a lo largo de un gradiente altitudinal, de manera que el punto donde se presenta una mayor riqueza es en las altitudes medias, sin embargo, en Sierra Caral, se mostró una correlación negativa de la riqueza con la altitud.

## **RECOMENDACIONES**

En estudios de este tipo se recomienda realizar la mayor cantidad de muestreos posibles para que el esfuerzo a realizar sea significativo. Y de ser posible, poder abarcar el mayor rango altitudinal posible para poder detectar los posibles cambios en la vegetación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bach, K. y Gradstein, S.R. (2007).** *Cambio hipsométrico de la vegetación en un bosque nublado de los Yungas de Bolivia-metodología y cinturones altitudinales.* *Ecología en Bolivia*, 42(2):83-101
- Bhattarai, K. y Vetaas, O.R. (2003).** *Variation in plant species richness of different life forms along a subtropical elevation gradient in the Himalayas, east Nepal.* *Global Ecology and Biogeography*, 12,327-340.
- Cardelús, C.; Colwell, R.K.; Moran, R.C. y Watkins, J.E. (2006).** *Species Richness and Distribution of Ferns along an Elevational Gradient in Costa Rica.* *American Journal of Botany* 93(1):73-83.
- Centro de Datos para la Conservación –CDC–, Centro de Estudios Conservacionistas –CECON–. (1995).** *Sierra Caral. 50 Áreas de Interés Especial para la Conservación en Guatemala.* pp. 26-28. Guatemala: TheNatureConservancy.
- Church, D.; Khan, H.A.; Moore, R.; Papenfuss, T.J. y Vásquez-Almazán, C. (2011).** *The Sierra Caral of Guatemala: a refuge of endemic amphibians.* *FrogLog.* Vol. 95. p. 5.
- Consejo Nacional de Áreas Protegida –CONAP–. (2006).** “Evaluación de Gestión del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, -SIGAP- 2002-2004”, Departamento de Unidades de Conservación, Sección de Evaluación y Monitoreo del SIGAP. CONAP.
- Fernández, H.; Kumar, A. y Revilla M.A. (2011).** *Laboratory-Induced Apogamy and Apospory in *Ceropteris richardii*.* Bui, L.T.; Cheng, C.; Cordel, A.R. y Irish, E.E. *Working with ferns: issues and applications.* (pp. 25-33). Nueva York: Springer Science.
- Jiménez, J.B. (2010).** *Los Helechos del Corredor del Bosque Nuboso de Baja Verapaz, Guatemala.* Costa Rica: Editorial INBio.
- Louman, B. (2001).** *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central.* Costa Rica: CATIE.
- Mauseth, J.D. (1988).** *Botany: an introduction to Plant Biology.* Canadá: Jones Jones and Bartlett Publishers, INC.
- Mehlreter, K.; Walker, L.R. y Sharpe, J.M. (2010).** *FernEcology.* Estados Unidos: Cambridge University Press.
- Moral, I. (2006).** *Modelos de Regresión: lineal simple y regresión logística.*
- Morales, A.C. (2007).** *Trabajo de graduación sistemas productivos y recursos naturales renovables en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, morales, Izabal. (Tesis de licenciatura).* Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Guatemala.
- Moreno, C.E. (2001).** *Métodos para medir la Biodiversidad.* En M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. España: GORFI, S.A.
- Ortiz, B. H. (2008).** *Análisis del cambio de la cobertura de bosque en las reservas del Departamento de Izabal. (Tesis de licenciatura)* Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala.
- Smith, A.R.; Korrall; Pryer, K M.; Schuettpelz, E.; Schneider, H.; P.; y Wolf, P.G.(2006).** *A classification for extant ferns.* *TAXON.*55(3).705-731.

**Ranker, T.A.; Haufler, C.H.**(2008). Phenology and habitat specificity of tropical ferns. Mehlreter, K. Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes. (pp. 202-217). Nueva York: CambridgeUniversityPress.

## ANEXOS

**Cuadro No. 6** Presencia de especies documentadas a lo largo de los transectos realizados en los diferentes pisos altitudinales.

Especie	Altitud			
	350	550	750	950
<i>Adiantum latifolium</i>	x	x		
<i>Adiantum macrophyllum</i>				
<i>Adiantum petiolatum</i>		x		
<i>Adiantum sp.</i>	x			
<i>Alsophila salvinii</i>				x
<i>Ananthacorus angustifolius</i>				
<i>Asplenium abscissum</i>				
<i>Asplenium aff. Riparium</i>				
<i>Asplenium riparium</i>				
<i>Asplenium sp. (a)</i>	x			
<i>Asplenium sp. (b)</i>	x			
<i>Asplenium sp. (c)</i>				
<i>Blechnum polypodioides</i>		x		
<i>Blechnum x caudatum</i>				
<i>Bolbitis bernoullii</i>	x	x	x	x
<i>Campyloneurum repens</i>				
<i>Campyloneurum xalapense</i>				
<i>Campyloneurum brevifolium</i>	x			
<i>Cnemidaria decurrens</i>				
<i>Ctenitis excelsa</i>				
<i>Ctenitis interjecta</i>	x	x		
<i>Ctenitis sp.</i>				
<i>Cyathea bicrenata</i>		x		
<i>Cyathea divergens</i>			x	x
<i>Cyathea schiedeana</i>	x	x	x	
<i>Cyathea sp.</i>				
<i>Cyclopeltis semicordata</i>	x			
<i>Danaea nodosa</i>	x	x		
<i>Dennstaedtia bipinnata</i>	x		x	
<i>Dennstaedtia cicutaria</i>				
<i>Dicranopteris pectinata</i>				
<i>Didymochlaena truncatula</i>				x
<i>Diplazium plantaginifolium</i>		x		
<i>Diplazium striatum</i>		x		
<i>Diplazium urticifolium</i>			x	
<i>Elaphoglossum latum</i>				

Elaphoglossum peltatum				
Hemidictyum marginatum				
Lindsaea klotzschiana				
Lindsaea lancea var. lancea		X		
Lindsaea quadrangularis var. Subalata				
Lomariopsis vestita	X		X	X
Lonchitis hirsuta	X	X	X	
Lygodium heterodoxum		X		
Lygodium venustum	X			
Macrothelypteris torresiana	X	X		
Maxonia apiifolia			X	X
Megalastrum sp.				
Micrograma lycopodioides				
Nephrolepis multiflora	X			
Nephrolepis sp.				
Niphidium crassifolium				
Pecluma alfredii				X
Pecluma consimilis var. Consimilis				
Pleopeltis crassinervata				
Pleopeltis macrocarpa var. Macrocarpa				
Polybotrya osmundacea	X			
Polybotrya polybotryoides	X	X	X	X
Polypodium cryptocarpon				
Polypodium pleurosorum				X
Polypodium polypodioides var. michauxianum				
Polypodium triseriale		X		
Polytaenium feei				
Pteris altissima	X			
Pteris grandifolia				
Pteris pungens				
Pteris quadriaurita				
Saccoloma inaequale				
Sphaeropteris horrida				
Sticherus bifidus		X		
Stigmatopteris sordida	X	X		
Tectaria incisa var. Incisa				
Tectaria rivalis	X			
Thelypteris decussata var. Decussata				
Thelypteris falcata		X		
Thelypteris ghiesbreghtii	X			
Thelypteris hatchii				
Thelypteris melanochlaena				

Thelypteris pilosula	x			
Thelypteris proctorii				
Thelypteris scalaris		x		
Thelypteris tetragona	x	x	x	x
Trichomanes radicans				
Trichomanes collariatum				x
Trichomanes diaphanum				
Trichomanes polypodioides				
Trichomanes radicans	x	x	x	
Trichomanes reptans				
Trichomanes sp.				x

En la Cuadro No. 2 se muestra un listado de las especies encontradas a lo largo de los transectos y alrededores de éstos. El símbolo “x” representa la presencia de dichas especies en cada uno de los pisos altitudinales. Los espacios en blanco representan ausencia.

Fuente: datos experimentales.

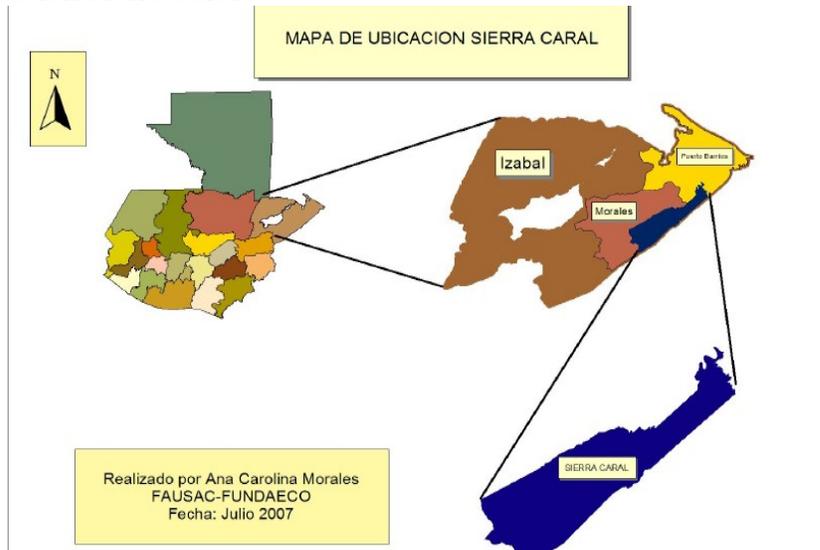
**Cuadro No. 7** Cobertura vegetal por transecto.

Piso altitudinal	No. transecto	Cobertura vegetal (%)
	1	32
1	2	24
	3	20
	1	25
2	2	26
	3	20
	1	27
3	2	18
	3	19
	1	27
4	2	28
	3	26

En la Cuadro No. 6 se muestra el porcentaje de la cobertura vegetal reportada para cada transecto, tomados del promedio de dos puntos a lo largo del transecto. Se puede observar que para cada piso, la cobertura vegetal es bastante similar.

Fuente: datos experimentales.

**Figura No. 4** Ubicación Sierra Caral



Fuente: Morales, 2007.

**Figura No. 2** Boleta utilizada a la hora de muestreo.

Fecha				
Altitud				
Latitud				
Longitud				
No. transecto				
Datos densiómetro	Punto 1			
	Punto 2			
Listado de especies				
1				3
2				4

**“DIVERSIDAD DE HELECHOS (*MONILOPHYTA*) EN LA RESERVA HÍDRICA Y FORESTAL SIERRA CARAL, MORALES, IZABAL.”**

Jiménez Barrios, Jorge Benjamín; Bonilla Chang, Carolina Ana Gabriela

jbjimenezbarrios@yahoo.com; bonillachang@gmail.com

Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

**Palabras clave:** Helechos, altitud, cobertura vegetal, riqueza.

**Resumen:** Sierra Caral (Morales-Izabal) es en su mayoría bosque nuboso tropical, por lo que especies como los helechos son bastante abundantes. Debido a su alta sensibilidad a los cambios ambientales, éstos son organismos modelo para la conservación y restauración de hábitats. Los fines de este estudio fueron evaluar la diversidad de este grupo en Sierra Caral, así como analizar la relación de ésta con la altitud. Se llevó a cabo un muestreo durante el mes de junio del 2011 para la obtención de la riqueza de especies a lo largo de un gradiente altitudinal, entre los 350 a los 1,000 metros sobre el nivel del mar, a una distancia de 100 metros entre cada piso. Se tomó también en cuenta la cobertura vegetal en cada uno de los sitios de colecta. Fueron colectadas un total de 90 especies. En cuanto a los análisis estadísticos, se llevó a cabo un análisis de aglomeración promedio utilizando el índice de similitud de Jaccard; también se estimó la riqueza de las especies utilizando el índice de Jackknife en el que se obtuvo que el número de especies obtenidas equivalen al 66.2% de las especies esperadas. Así mismo, se realizó un análisis de correlación, en donde se encontró que existe una correlación negativa en cuanto a la altitud y la riqueza de especies, lo que indica que a mayor altitud existe una menor cantidad de especies y que a menor altitud, la riqueza de especies será mayor. En estudios de este tipo se recomienda realizar la mayor cantidad de muestreos posibles para que el esfuerzo a realizar sea significativo.