

**Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.  
Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad.  
Subprograma EDC-Biología.**

**Informe Final de Práctica de EDC  
Museo de Historia Natural y Departamento de Botánica  
Escuela de Biología  
Febrero 2005 - Noviembre 2006**

**Estudiante: Rony Estuardo Trujillo Sosa.  
Profesor Supervisor: Lic. Billy Alquijay.  
Supervisor Unidad de Práctica: Lic. Lucía Prado.  
Asesor Institucional: Br. Carlos Vásquez.  
Asesor de Investigación: Lic. Roselvira Barillas.**

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Carátula.....</b>                     | <b>1</b>  |
| <b>Índice.....</b>                       | <b>2</b>  |
| <b>Introducción.....</b>                 | <b>3</b>  |
| <b>Cuadro de Resumen.....</b>            | <b>4</b>  |
| <b>Actividades de Servicio.....</b>      | <b>5</b>  |
| <b>Actividades de Docencia.....</b>      | <b>6</b>  |
| <b>Actividades No Planificadas.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Actividades de Investigación.....</b> | <b>8</b>  |
| <b>Resumen de Investigación.....</b>     | <b>9</b>  |
| <b>Anexos.....</b>                       | <b>11</b> |

## **Introducción**

El Informe Final de EDC describe todos los logros alcanzados durante los meses de trabajo de la práctica de EDC Biología. Este documento permite hacer un análisis sobre lo positivo de la práctica basado en los objetivos propuestos en el Plan de Trabajo. La realización de un buen Informe Final refleja el éxito de las actividades que se realizaron en la Unidad de Práctica.

En este documento se plantea detalladamente todas las actividades realizadas en nombre del Programa de EDC, ya sean planificadas o no planificadas, así como la fecha de su realización y las horas aproximadas de duración. Cabe destacar que todas las actividades propuestas en el Plan de Trabajo fueron realizadas en su totalidad, por lo que puede decirse que la práctica fue un éxito.

Las actividades de servicio y docencia fueron realizadas en el Museo de Historia Natural de la Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el período comprendido entre febrero del 2005 y enero del 2006. La gran mayoría de las actividades realizadas apoyaron al Departamento de Herpetología de dicha institución, en donde se realizaron proyectos de docencia como carteles o panfletos y proyectos de servicio como la introducción de especímenes a la colección de referencia o la limpieza y alimentación de serpientes vivas. Las actividades de investigación se realizaron en el Departamento de Botánica de la Escuela de Biología bajo la asesoría de la Lic. Roselvira Barillas en la investigación denominada “Diversidad de helechos en dos áreas con distinto grado de perturbación en el bosque mixto del Parque Ecológico Senderos de Alux, San Lucas, Sacatepéquez”.

La práctica de EDC Biología permite al estudiante conocer a cabalidad la forma de trabajo de las instituciones científicas del país, por lo que debe mantenerse este tipo de actividades en donde se beneficia el estudiante pero asimismo a la Unidad de Práctica.

## Cuadro Resumen de las Actividades de EDC

| <b>Programa Universitario</b> | <b>Nombre de la Actividad</b>                               | <b>Fecha de la Actividad</b>           | <b>Horas EDC ejecutadas</b> |
|-------------------------------|---|--|-----------------------------|
| Servicio                      | Apoyo en el Herbario BIGU                                   | 21/02-03/04 y 28/09-15/04              | 60                          |
| Servicio                      | Guía a grupos escolares por el Museo                        | Septiembre y Octubre                   | 20                          |
| Servicio                      | Ingreso de especímenes a las colecciones de referencia      | Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre | 110                         |
| Servicio                      | Cuidado y Alimentación de reptiles vivos                    | De Febrero a Noviembre                 | 50                          |
| Docencia                      | Realización de nuevas etiquetas para reptiles de exhibición | 18/04-17/06                            | 100                         |
| Docencia                      | Cartel sobre movimiento de serpientes                       | 20/06-28/07                            | 50                          |
| Docencia                      | Elaboración de un trífolio sobre efectos de los venenos     | 03/10-19/11                            | 60                          |
| Docencia                      | Manual de Ingreso de Aves a la Colección de Referencia      | Noviembre                              | 50                          |
| Actividades No Planificadas   | Auxiliar de Investigación                                   | Junio                                  | 56                          |
| Investigación                 | Diversidad de helechos en del                               | Junio a Noviembre                      | 490                         |

|  |  |        |  |
|--|--|--------|--|
|  | Parque Ecológico Senderos de Alux, San Lucas, Sacatepéquez | (2006) |  |
|--|--|--------|--|

## Actividades Realizadas durante la Práctica de EDC

- **Actividades de Servicio**

### **No. 1**

**Título:** Servicio en el Herbario BIGU.

**Objetivos:** Colaborar con las distintas actividades que se realizan dentro del Herbario.

**Descripción:** Se montaron plantas colectadas por investigadores, se organizaron algunos estantes, se inventarió y empacó plantas y se trabajó con una base de datos digital.

**Resultados:** Se apoyó en el montaje de especies de la colección del Ing. Agr. Jorge Mario Vargas. Se realizó servicio a los ejemplares de la colección botánica. Por último se han inventariado y empacado las plantas de intercambio con el Instituto botánico de Missouri y se organizaron las colecciones botánicas de docencia.

**Dificultades:** Ninguna.

### **No. 2**

**Título:** Mantenimiento y alimentación de 6 serpientes de cascabel (*Crotalus durissus*) localizadas en el herpetario del MUSHNAT.

**Objetivos:** Mantener una buena calidad de vida para las serpientes del herpetario.

**Descripción:** Se alimentaba periódicamente a las serpientes de cascabel y sus recintos eran limpiados y ambientados.

**Resultados:** Se mantuvieron sanas y en buenas condiciones las serpientes de los recintos 9, 15, 18 y 20 del salón de herpetología.

**Dificultades:** Son animales difíciles de cuidar debido al peligro que tiene su manejo.

### **No. 3**

**Título:** Servicio de guía a grupos escolares dentro del MUSHNAT.

**Objetivos:** Brindar recorridos con información biológica general a los grupos visitantes.

**Descripción:** Se hace un recorrido por los salones temáticos del museo en donde se da una pequeña charla al entrar al salón y se responden las dudas que tengan los estudiantes.

**Resultados:** Se brindó guía a dos grupos de nivel primario y a un grupo de nivel pre-primario.

**Dificultades:** En algunas ocasiones es difícil lograr que los niños pongan atención y se comporten bien.

#### **No. 4**

**Título:** Ingreso de especímenes a la colección de referencia de herpetología.

**Objetivos:** Incrementar el número de especímenes en la colección.

**Descripción:** Se toma un individuo, se verifica la especie, se anota el número de colecta y se coloca una etiqueta con ese número, se coloca otra etiqueta con el número que le corresponde en la colección, se coloca dentro de un frasco con alcohol y se clasifica el frasco dentro del estante de la colección. Luego se procede a ingresarlo a la base de datos digital.

**Resultados:** Fueron ingresados alrededor de 250 individuos nuevos a la colección de referencia de anfibios y reptiles.

**Dificultades:** Ninguna.

- **Actividades de Docencia**

#### **No. 1**

**Título:** Elaboración de nuevas etiquetas con información básica, una fotografía y mapa de distribución de los especímenes del herpetario.

**Objetivos:** Lograr una mayor atención por parte del visitante a las etiquetas informativas de reptiles y anfibios del herpetario.

**Descripción:** Primero se realizó una extensiva revisión bibliográfica y digitalizó los datos; posteriormente se realizaron los mapas de distribución y las fotografías (algunas fueron tomadas y otras por medio de libros), las cuales también se digitalizaron. Al tener listas las etiquetas se imprimieron, fueron cortadas, emplasticadas, y posteriormente fueron colocados en los recintos correspondientes.

**Resultados:** Se realizaron etiquetas para todos los animales en exhibición e incluso para los que no estaban a la vista del público.

**Dificultades:** Algunas veces hubo que esperar para poder utilizar una computadora.

#### **No. 2**

**Título:** Cartel informativo sobre los diferentes movimientos de las serpientes.

**Objetivos:** Brindar información adicional sobre serpientes al visitante del Museo.

**Descripción:** Se realizó una revisión bibliográfica y se consiguieron las imágenes. Luego en un programa de diseño se realizó el cartel.

**Resultados:** Se elaboró un cartel de tamaño doble oficio para el salón de herpetología, en donde se detallaban los cuatro movimientos básicos de locomoción de las serpientes.

**Dificultades:** El costo de la impresión del cartel (plotter) corrió a cargo del estudiante.

### **No. 3**

**Título:** elaboración de una guía sobre los efectos tóxicos para el ser humano del veneno de algunas serpientes del país.

**Objetivos:** Brindar información sobre los efectos nocivos de la mordedura de las serpientes venenosas del país, en un lenguaje comprensible para la población en general.

**Descripción:** Se recabó información bibliográfica sobre venenos, se buscó imágenes de las serpientes venenosas del país y se realizó un trifoliar en un programa llamado Publisher.

**Resultados:** Se realizó un trifoliar atractivo con imágenes y texto comprensible para que el público conozca un poco más sobre el tema.

**Dificultades:** Ninguna.

### **No. 4**

**Título:** Manual de ingreso de aves a la colección de referencia.

**Objetivos:** Sistematizar el procedimiento de ingreso de aves a las colecciones de referencia.

**Descripción:** Se recabó información consultando en libros y con una entrevista con la Licda. Brenda Chávez. Luego se redactó un documento sintético.

**Resultados:** Se sintetizó información básica sobre el tratamiento que reciben los especímenes de aves antes de ingresar a las colecciones de referencia.

**Dificultades:** El tiempo fue una de las mayores dificultades para realizar este proyecto, ya que el museo permaneció cerrado en diciembre.

## **• Actividades No Planificadas**

### **No. 1**

**Título:** Auxiliar de campo en la investigación de EDC de la compañera Melisa Ojeda, en donde se trabajó con diversidad de anuros en el Biotopo para la Conservación del Quetzal “Mario Dary Rivera”.

**Objetivos:** Colaborar en la recolección de ranas y sapos (también renacuajos) durante los recorridos dentro del mencionado Biotopo.

**Descripción:** Se realizaron recorridos nocturnos y diurnos dentro del Biotopo.

**Resultados:** Durante la semana que duró mi colaboración se encontraron algunas especies de ranas y muchos renacuajos.

**Dificultades:** Únicamente la lluvia y el hecho de que la mayoría de recorridos fueron nocturnos.

- **Actividades de Investigación**

**No. 1**

**Título:** Elaboración del protocolo.

**Objetivos:** Poseer una guía metodológica para la realización de la investigación.

**Descripción:** Análisis del Parque Ecológico Senderos de Alux y revisiones bibliográficas.

**Resultados:** Presentación del protocolo.

**Dificultades:** Ninguna.

**No. 2**

**Título:** Colecta de campo.

**Objetivos:** Realizar dos parcelas de 100 metros cuadrados dentro del Parque Ecológico Senderos de Alux.

**Descripción:** Se colectaron los helechos encontrados adentro de las parcelas.

**Resultados:** Se colectaron 16 morfoespecies.

**Dificultades:** La lluvia complicó a veces la colecta.

**No. 3**

**Título:** Determinación taxonómica.

**Objetivos:** Determinar hasta nivel de especie las morfoespecies encontradas.

**Descripción:** Se determinaron las muestras utilizando la Flora Mesoamericana en el anexo del Herbario BIGU.

**Resultados:** Se encontraron 14 especies pertenecientes a 6 familias.

**Dificultades:** Las claves algunas veces pueden ser confusas.

**No. 4**

**Título:** Elaboración de Informe Final.

**Objetivos:** Análisis y presentación de datos finales.



**Descripción:** Unificación de la información utilizada en el protocolo con la información arrojada por la fase experimental de la investigación.

**Resultados:** Presentación del informe final.

**Dificultades:** Ninguna.

### Resumen de Investigación

El Cerro Alux es una reserva protectora de manantiales que constituye la mayor zona boscosa cercana a la capital y municipios aledaños. Constituye un sitio con abundantes recursos hídricos, por lo que organismos dependientes del agua como los helechos son abundantes. Este trabajo permite conocer la diversidad de helechos del Parque Ecológico Senderos de Alux mediante la elaboración de un listado preliminar de especies; además se centra en comparar la diversidad en dos sitios con diferente grado de perturbación antropogénica. Este estudio pretende contribuir por medio de la investigación y conocimiento de la flora, a la protección y conservación de esta importante área boscosa. Para el efecto se realizó un muestreo preferencial, en donde la muestra o las unidades de muestra se sitúan en unidades consideradas típicas o representativas sobre la base de criterios subjetivos. Se realizaron dos parcelas de 20 x 50 metros, localizadas de la siguiente manera: una en el área con perturbación, que corresponde al área recreativa con acceso a visitantes y una en el área no perturbada, equivalente al área restringida, donde no existe presencia humana. Se colectó una única muestra de los helechos terrestres encontrados en las parcelas a nivel del suelo y de los helechos epífitos encontrados hasta una altura de dos metros y medio. Luego de la colecta, los especímenes fueron herborizados y determinados hasta nivel de especie. Para el análisis de datos se calcularon coeficientes binarios de similitud, que utiliza un listado de presencia/ausencia de especies en las áreas estudiadas. Más específicamente se utilizó el coeficiente de Jaccard. En total se encontraron 14 especies correspondientes a 6 familias. Las especies encontradas fueron las siguientes: *Adiantum andicola*, *Anogramma leptophylla* (Pteridaceae), *Pteridium caudatum* (Dennstaedtiaceae), *Polystichum ordinatum* (Dryopteridaceae), *Asplenium auritum*, *Asplenium pulchellum* (Aspleniaceae), *Blechnum occidentale* (Blechnaceae), *Pleopeltis angusta*, *Pleopeltis macrocarpa*, *Polypodium conterminans*, *Polypodium remotum*, *Polypodium platylepis*, *Polypodium longepinnulatum* y *Polypodium rosei* (Polypodiaceae). El análisis de similitud reveló que existe un 64% de similitud entre el área perturbada y el área no perturbada, lo que indica que el área del Parque Senderos de Alux

es bastante homogénea en cuanto a composición de especies y las diferencias encontradas podrían reducirse aumentando el esfuerzo de muestreo. Las especies restringidas al área no perturbada *Asplenium auritum* y *Asplenium pulchellum* son típicas de ambientes muy húmedos, por lo que no aparecen cerca de los senderos en donde las condiciones microclimáticas se ven modificadas. Por otro lado *Polypodium rosei* y *Anogramma leptophylla* son especies que son frecuentemente encontradas en los bordes de caminos por lo que la presencia de senderos puede estar beneficiando a estas especies. Por otra parte es importante notar que se encontró el helecho conocido como chispa, *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* o *Pteridium caudatum* en el área denominada como perturbada y en la supuestamente no perturbada. Lo interesante de esto es que este helecho es típico de áreas expuestas perturbadas, por lo que para ulteriores estudios se necesita delimitar de una mejor manera el término perturbación. A manera de conclusión podemos afirmar que las diferencias encontradas entre el área perturbada y el área no perturbada no son lo suficientemente grandes para establecerlas como unidades separadas y la presencia de *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* en ambas áreas es indicador de que comparten un mismo régimen de perturbación antropogénica. Se recomienda realizar esta investigación durante la temporada de verano, así como realizar investigación con helechos basado en metodologías que permitan conocer la distribución de los helechos en los estratos más altos del bosque.



**Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.  
Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad.  
Subprograma de EDC Biología.**

## **RESUMEN DE INVESTIGACION**

**Diversidad de helechos en dos áreas con distinto grado de perturbación en el bosque mixto del Parque Ecológico Senderos de Alux, San Lucas, Sacatepéquez.**

**Rony Estuardo Trujillo Sosa.  
Supervisor: Lic. Billy Alquijay.  
Asesor de Investigación: Lic. Roselvira Barillas.**

El Cerro Alux es una reserva protectora de manantiales que constituye la mayor zona boscosa cercana a la capital y municipios aledaños. Constituye un sitio con abundantes recursos hídricos, por lo que organismos dependientes del agua como los helechos son abundantes. Este trabajo permite conocer la diversidad de helechos del Parque Ecológico Senderos de Alux mediante la elaboración de un listado preliminar de especies; además se centra en comparar la diversidad en dos sitios con diferente grado de perturbación antropogénica. Este estudio pretende contribuir por medio de la investigación y conocimiento de la flora, a la protección y conservación de esta importante área boscosa. Para el efecto se realizó un muestreo preferencial, en donde la muestra o las unidades de muestra se sitúan en unidades consideradas típicas o representativas sobre la base de criterios subjetivos. Se realizaron dos parcelas de 20 x 50 metros, localizadas de la siguiente manera: una en el área con perturbación, que corresponde al área recreativa con acceso a visitantes y una en el área no perturbada, equivalente al área restringida, donde no existe presencia humana. Se colectó una única muestra de los helechos terrestres encontrados en las parcelas a nivel del suelo y de los helechos epífitos encontrados hasta una altura de dos metros y medio. Luego de la colecta, los especímenes fueron herborizados y determinados hasta nivel de especie. Para el análisis de datos se calcularon coeficientes binarios de similitud, que utiliza un listado de presencia/ausencia de especies en las áreas estudiadas. Más específicamente se utilizó el coeficiente de Jaccard. En total se encontraron 14 especies correspondientes a 6 familias. Las especies encontradas fueron las siguientes: *Adiantum andicola*, *Anogramma leptophylla* (Pteridaceae), *Pteridium caudatum* (Dennstaedtiaceae), *Polystichum ordinatum* (Dryopteridaceae), *Asplenium auritum*, *Asplenium pulchellum* (Aspleniaceae), *Blechnum occidentale* (Blechnaceae), *Pleopeltis angusta*, *Pleopeltis macrocarpa*, *Polypodium conterminans*, *Polypodium remotum*, *Polypodium platylepis*, *Polypodium longepinnulatum* y *Polypodium rosei* (Polypodiaceae). El análisis de similitud reveló que existe un 64% de similitud entre el área perturbada y el área no perturbada, lo que indica que el área del Parque Senderos de Alux es bastante homogénea en cuanto a composición de especies y las diferencias encontradas podrían reducirse aumentando el esfuerzo de muestreo. Las especies restringidas al área no perturbada *Asplenium auritum* y *Asplenium pulchellum* son típicas de ambientes muy

húmedos, por lo que no aparecen cerca de los senderos en donde las condiciones microclimáticas se ven modificadas. Por otro lado *Polypodium rosei* y *Anogramma leptophylla* son especies que son frecuentemente encontradas en los bordes de caminos por lo que la presencia de senderos puede estar beneficiando a estas especies. Por otra parte es importante notar que se encontró el helecho conocido como chispa, *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* o *Pteridium caudatum* en el área denominada como perturbada y en la supuestamente no perturbada. Lo interesante de esto es que este helecho es típico de áreas expuestas perturbadas, por lo que para ulteriores estudios se necesita delimitar de una mejor manera el término perturbación. A manera de conclusión podemos afirmar que las diferencias encontradas entre el área perturbada y el área no perturbada no son lo suficientemente grandes para establecerlas como unidades separadas y la presencia de *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* en ambas áreas es indicador de que comparten un mismo régimen de perturbación antropogénica. Se recomienda realizar esta investigación durante la temporada de verano, así como realizar investigación con helechos basado en metodologías que permitan conocer la distribución de los helechos en los estratos más altos del bosque.

**Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.  
Programa de Experiencias Docentes con la Comunidad.  
Subprograma de EDC Biología.**

**INFORME FINAL DE INVESTIGACION**

**Diversidad de helechos en dos áreas con distinto  
grado de perturbación en el bosque mixto del  
Parque Ecológico Senderos de Alux, San Lucas,  
Sacatepéquez.**

**Rony Estuardo Trujillo Sosa.  
Supervisor: Lic. Billy Alquijay.  
Asesor de Investigación: Lic. Roselvira Barillas.**

## Indice

|                                 | No. Página |
|---------------------------------|------------|
| Resumen.....                    | 3          |
| Introducción.....               | 4          |
| Antecedentes.....               | 5          |
| Planeamiento del Problema.....  | 10         |
| Justificación.....              | 11         |
| Objetivos.....                  | 12         |
| Hipótesis.....                  | 13         |
| Metodología.....                | 14         |
| Resultados.....                 | 16         |
| Discusión de Resultados.....    | 18         |
| Conclusiones.....               | 20         |
| Recomendaciones.....            | 21         |
| Referencias Bibliográficas..... | 22         |



## Resumen

El Cerro Alux es una reserva protectora de manantiales que constituye la mayor zona boscosa de la capital y sus sitios aledaños. Constituye un sitio con abundantes recursos hídricos, por lo que organismos dependientes del agua como los helechos son abundantes. Esta investigación comparó la diversidad de helechos en dos sitios con distinta influencia antropogénica, basado en el criterio presencia o ausencia de senderos, principalmente. Se trazó una parcela de 100 metros cuadrados en cada área para realizar la colecta. Se encontró que no existen diferencias significativas entre los dos sitios de estudio y la presencia de *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* en ambos sitios indica que el grado de perturbación del Parque Senderos de Alux es prácticamente el mismo. Sin embargo existen especies como *Asplenium auritum* & *Asplenium pulchellum*, que se ven limitadas por los senderos, y especies que se ven favorecidas por éstos, *Polypodium rosei* y *Anogramma leptophylla*.

## **Introducción**

Los helechos o pterofitas son un grupo de plantas vasculares muy antiguo y constituye el segundo grupo de plantas más abundante del planeta, únicamente superado en número de especies por las angiospermas. Este grupo de plantas guarda una estrecha relación con el agua, ya que los gametos masculinos llamados anterozoos necesitan de una película de agua para poder movilizarse hacia el óvulo y poder fertilizarlo.

La cordillera Alux es la principal reserva boscosa cercana a la ciudad capital y desempeña una importante función hidrológica. Está catalogada como una reserva protectora de manantiales. Dentro de la cordillera se encuentra el Parque Ecológico Senderos de Alux, dentro la finca El Astillero, lugar en donde se realizó el estudio.

Debido a la abundancia de recursos hídricos resulta importante conocer la diversidad de plantas asociadas a la zona, principalmente de grupos que dependen del agua para su reproducción, porque nos brindan un diagnóstico sobre la salud del ecosistema.

El siguiente estudio permite conocer la diversidad de helechos del Parque Ecológico Senderos de Alux basado en una comparación entre dos áreas con distinto grado de perturbación antropogénica.

## Antecedentes

### Descripción del área de estudio

- *Cordillera Alux: Reserva protectora de manantiales, Parque Ecológico Senderos de Alux.*

El Parque Ecológico Senderos de Alux se encuentra ubicado en la Cordillera Alux, la cual comprende una faja montañosa que se expande desde la sección noroeste del municipio de Mixco, Guatemala, continuando en dirección norte hacia el municipio de San Pedro Sacatepéquez, abarcando parte de los municipios de San Lucas y Santiago Sacatepéquez (García & Godoy, 1995).

En diciembre de 1996 fue declarada área protegida. (MAGA, *et al.*, 1997).

La cordillera Alux ha sido la mayor reserva boscosa cercana a la Ciudad Capital y a sus áreas de influencia; sin embargo, debido al acelerado crecimiento demográfico, ha sufrido un proceso de deforestación; se estima que actualmente existe un remanente de bosque relativamente denso del 38% del área (MAGA, *et al.*, 1997).

Las funciones que ese bosque desempeña son diversas, siendo la más importante la hidrológica, y más específica es la capacidad de altas tasas de infiltración que permiten mantener los caudales de agua subterráneos y superficiales. Esta situación es favorecida por la gruesa capa de materiales orgánicos presente dentro de los bosques de la Cordillera Alux, especialmente en las áreas donde predomina el aliso (*Alnus sp*) (MAGA, *et al.*, 1997) .

### Ubicación

El Parque Ecológico Senderos de Alux se encuentra en la finca municipal El Astillero, en jurisdicción de San Lucas Sacatepéquez, localizada en su mayor parte en el Cerro Alux y una proporción menor en el Cerro Miramundo. El Cerro Alux se ubica a una altitud de 2240 msnm (MAGA, *et al.*, 1997).

## **Hidrología**

El 90% de la Cordillera Alux constituye la cabecera de la cuenca del Valle de la Ciudad de Guatemala. Del Este al Oeste de la cordillera, pasa el límite intercontinental de aguas, es decir, el 33% del área drena hacia el Mar de las Antillas (cuenca del río Motagua), mientras que el 67% drena hacia el Océano Pacífico (cuenca del río María Linda) (García & Godoy, 1995).

En la Cordillera Alux se inicia la cuenca del río Villalobos que es el principal afluente del lago de Amatitlán (MAGA, *et al.*, 1997). El régimen de aguas superficiales en la región por la naturaleza geomorfológica de los cauces, en particular por las pendientes, puede ser típicamente torrencial (INSIVUMEH/PNUD, 1978). El nivel freático de las aguas subterráneas en la cordillera Alux, varía desde seis hasta cien metros (INSIVUMEH/PNUD, 1978).

La finca municipal El Astillero está bañada por el riachuelo Chilayón, principal tributario del río San Lucas, que se origina en la zona de mayor humedad; la quebrada del Aguacate, que recoge el agua del río Mansilla. Estas cuencas se unen al río San Lucas, que a su vez desemboca en el río Villalobos. Dentro del área del parque se identifican tres nacimientos de agua (MAGA, *et al.*, 1997).

## **Relieve y Topografía**

La cordillera Alux se desarrolla geológicamente sobre un sustrato de calizas cretácicas y de rocas plutónicas masivas probablemente a partir del Mioceno tardío. Un intenso vulcanismo que sucesivamente se ha presentado con grandes coladas de lavas fisuriales, avalanchas ardientes y productos piroclásticos, culminó durante el Cuaternario con emisiones focales, que dieron origen a la formación de grandes conos compuestos como los volcanes de Pacaya, Agua, y Fuego, de los que provienen los mantos pómez (Cabrera *et al.*, 1991). La cordillera Alux se ubica dentro de la región fisiográfica de tierras

altas volcánicas, seguidas de una falla causada por tensión local que quebró y movió el material de la superficie (IGN, 1972).

## Vegetación

A continuación se mencionan algunas de las especies arbóreas identificadas en el Cerro Alux:

| <b>Nombre científico</b>       | <b>Familia</b> | <b>Nombre común</b> |
|--------------------------------|----------------|---------------------|
| <i>Alnus jorulensis</i>        | Betulaceae     | Ilamo, aliso        |
| <i>Cupressus lussitanica</i>   | Cupressaceae   | Ciprés común        |
| <i>Olmediella sp.</i>          | Flacourtiaceae | Manzanote           |
| <i>Pinus tenuifolia</i>        | Pinaceae       | Pino                |
| <i>Quercus acatenanguensis</i> | Fagaceae       | Encino              |
| <i>Quercus oleoides</i>        | Fagaceae       | Roble               |

## Fauna

Originalmente los ecosistemas típicos del área fueron bosques muy húmedos, a los que se asocia una fauna particular; sin embargo, por el proceso de urbanización y deforestación ésta ha sido fragmentada, lo que incide en una supresión parcial de la existencia de especies animales (MAGA, *et al.*, 1997).

Actualmente se identifica la presencia de especies de mamíferos como el zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*), ardilla (*Sciurus variegatoides* o *Sciurus aureogaster*), comadreja (*Mustela frenata*) y el marsupial (*Didelphis marsupiales*). De acuerdo a su biogeografía en el área se identifica la presencia de una especie de lagartija (*Abronia aurita*) (MAGA, *et al.*, 1997).

## División Pterophyta

### Características

Los helechos son plantas vasculares que se reproducen por esporas. Están compuestas de raíces, un tallo conocido como rizoma y hojas megáfilas llamadas frondes. Las hojas desempeñan labores fotosintéticas. El rizoma generalmente es inconspicuo y produce hojas, raíces y almacena nutrientes. Las raíces ayudan al anclaje de la planta y a la absorción de agua y minerales (Mickel, 1979).

El rizoma generalmente se desarrolla horizontalmente al nivel del sustrato o enterrado. En algunos helechos, el rizoma asciende formando una especie de pequeño tronco. Dentro el rizoma, el tejido conductor se conoce como estele. El estele puede aparecer como un anillo (sifonosteles) o discontinuo formando haces (distiosteles). El xilema del tejido conductor está rodeado a ambos lados por el floema. Las raíces son por lo general muy delgadas y se encuentran en toda la longitud del tallo, aunque algunos helechos poseen raíces carnosas o masivas. El rizoma y a menudo los frondes se encuentran protegidos por una especie de indumento, ya sean tricomas o escamas (Mickel, 1979).

Los frondes están divididas en dos partes principales, el pecíolo y la lámina. Un corte transversal de pecíolo nos muestra la disposición de los haces vasculares y es muy útil para diferenciar entre los principales grupos de helechos. La lámina puede ser simple, pinnatífida, pinnada, bipinnada, tripinnada o pinnado-pinnatífida. El eje central de una hoja dividida se conoce como raquis, las divisiones primarias pinnas y las divisiones menores pínulas o segmentos (Mickel, 1979).

Las estructuras reproductivas de las pterofitas se conocen como esporangios (sacos de esporas) y usualmente se encuentran en el envés o el margen del fronde. Generalmente se

encuentran agrupados en soros. La forma y el arreglo de los soros tiene importancia taxonómica y cuando un helecho carece de estructuras reproductivas se hace muy difícil la identificación. Los soros jóvenes a menudo están protegidos por una estructura llamada indusio , mientras que en los soros marginales están cubiertos por el margen recurvado de la hoja, lo que se conoce como falso indusio. El esporangio en la mayoría de los casos es pequeño y de paredes delgadas. Dentro del esporangio existe una fila de células de paredes gruesas llamadas anillo, que se encarga de abrir al esporangio cuando maduran las esporas. Las esporas se producen por meiosis a partir de la generación esporofítica y por su forma se diferencian en monoletes y triletes (Mickel, 1979).

Al germinar las esporas, cada una da lugar a un pequeño prótalo en forma de corazón. Presenta rizoides para obtener agua y nutrientes. Es en el prótalo en donde se producen los órganos sexuales y cuando esto ocurre recibe el nombre de generación gametofítica. En la base del gametofito se encuentran los órganos masculinos o anteridios, pequeñas cápsulas con anterozoos dentro. Cuando maduran, los anterozoos se liberan y nadan hasta la estructura femenina o arquegonio, que protege a la ovocélula. Al ocurrir la fecundación se forma un embrión que dará origen a un nuevo esporofito (Mickel, 1979).

Se calculan más de 10.000 especies en el mundo del cual el 70-80% se concentra en las regiones intertropicales y un 20% aparece en las zonas templadas. Algunas regiones como Madagascar, Centro América, áreas periandinas, Polinesia y Sudeste Asiático presentan más de 500 especies cada una. (biologie.uni-hamburg.de)

## Planteamiento del Problema

La pérdida de diversidad biológica es una preocupación muy difundida actualmente y en términos prácticos las decisiones sobre que conservar se están haciendo por circunstancias de espacio geográfico, donde se considera que bajo la interacción de los elementos bióticos *in situ* se garantiza su permanencia (Llorente y Morrone, 2001).

Esta diversidad biológica puede ser evaluada mediante un estudio que utilice un taxón que sea representativo dentro de la región a estudiar. En este caso, la Cordillera Alux, por estar catalogada como Reserva Protectora de Manantiales, contribuye enormemente a satisfacer las necesidades hidrológicas de las zonas adyacentes y por ende para evaluar su estado se utilizará un grupo particular de plantas que depende directamente del agua. Los helechos son plantas vasculares importantes dentro de un ecosistema debido a su intrínseca relación con el agua, factor esencial que permite que ocurra la fecundación en estas plantas.

El estudio del cambio de especies entre una zona muy intervenida por el hombre y una zona poco intervenida nos brindará información importante sobre las especies más vulnerables a la influencia antropogénica, así como también se podrá conocer el conjunto de especies que coexisten dentro del Parque Senderos de Alux, bajo condiciones similares de humedad, temperatura y precipitación.



## Justificación

La cordillera Alux es la mayor reserva boscosa con la que cuenta la capital y sus áreas de influencia, conformada por los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez, San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez. Sin embargo el área de la cordillera ha sufrido durante las últimas décadas una alta actividad de deforestación, al grado de que la mayoría de terreno originalmente cubierto por bosque ha sido eliminado.

Las funciones que desempeña el bosque son diversas, destacándose como una importante fuente de recursos hidrológicos. A pesar de ser una zona de relevante importancia biológica, son escasos los estudios con la mayoría de taxa, incluidos los helechos. Por lo tanto la información sobre la riqueza de especies de pterofitas es mínima. Es por esto que los datos que se obtengan serán de mucha importancia para conocer sobre la diversidad de especies del área, siendo ésta diversidad un parámetro importante para conocer sobre la salud y viabilidad de un ecosistema.

Esta investigación se realizará con el objetivo de obtener información relevante acerca de la composición de especies de helechos que habitan en el Parque Ecológico Senderos de Alux, y contribuir por medio de la investigación y conocimiento de la flora, a la protección y conservación de esta importante área boscosa.

## Objetivos

### **General**

- Determinar la diversidad de especies de helechos del Parque Ecológico Senderos de Alux.

### **Específico**

- Elaborar un listado preliminar de especies presentes dentro del Parque Ecológico Senderos de Alux.
- Comparar diferencias de diversidad de especies de helechos entre el área perturbada y el área no perturbada del Parque Ecológico Senderos de Alux.

## Hipótesis

**Ho:** No existen diferencias en la diversidad de especies de helechos entre el área perturbada con presencia humana y el área no perturbada del Parque Ecológico Senderos de Alux.

**Ha:** Existen diferencias en la diversidad de especies de helechos entre el área perturbada con presencia humana y el área no perturbada del Parque Ecológico Senderos de Alux.

## **Metodología**

Se realizará un muestreo preferencial, en donde la muestra o las unidades de muestra se sitúan en unidades consideradas típicas o representativas sobre la base de criterios subjetivos. Este tipo de muestreo se basa en suposiciones a priori acerca de las propiedades de la vegetación (Matteucci & Colma, 1982).

Se realizarán dos parcelas de 20 x 50 metros, localizadas de la siguiente manera: una en el área con perturbación, que corresponde al área recreativa con acceso a visitantes y una en el área no perturbada, equivalente al área restringida para visitantes, donde no existe presencia humana.

Se colectará una única muestra de los helechos terrestres encontrados en las parcelas a nivel del suelo y de los helechos epífitos encontrados hasta una altura de dos metros y medio.

Luego de la colecta, los especímenes serán herborizados para su posterior determinación. Si existen estructuras reproductivas se identificará el helecho hasta especie y si el helecho es infértil se quedará como morfoespecie.

## **Diseño**

### **Población**

Las poblaciones de helechos del Parque Ecológico Senderos de Alux.

### **Muestra**

Los helechos encontrados en las parcelas de los sitios perturbados y no perturbados.

## **Técnicas a usar en el proceso de investigación**

### **Recolección de datos**

Dentro de las parcelas de 20 \* 50 metros se localizaban a los helechos visualmente, luego se procedía a observar si se encontraban en etapa reproductiva y de ser así se colectaba el helecho manualmente con la ayuda de navaja o un machete, teniendo especial cuidado en coleccionar el rizoma, por su alto valor taxonómico.

### **Análisis de datos**

Para el análisis de datos se calcularán coeficientes binarios de similitud, que utiliza un listado de presencia/ausencia de especies en las áreas estudiadas. Más específicamente se utilizará el coeficiente de Jaccard:

$$J = a / a+b+c$$

en donde a es el número de especies que comparten las dos comunidades, b las que sólo están en la muestra 1 que no están en 2; y c las que están la muestra 2 que no están en la 1 (Krebs, 1978).

### **Instrumentos para la registro y medición de las observaciones**

Básicamente se requirió de un estereoscopio, el cual fue proporcionado por la Escuela de Biología de la USAC y del texto la Flora Mesoamericana, facilitado por el laboratorio anexo del Herbario BIGU de la USAC. Se tuvo de apoyo ilustraciones de los Helechos de México y de la Flora de Guatemala.

## Resultados

| <b>Familia</b>   | <b>Especie</b>   | <b>Hábito</b> | <b>Parcela<br/>(1 y/o 2)</b> |
|------------------|--|---------------|------------------------------|
| Pteridaceae      | <i>Adiantum andicola</i> Liebm.,                       | Terrestre     | 1 y 2                        |
| Pteridaceae      | <i>Anogramma leptophylla</i> (L.) Link,                | Rocas húmedas | 2                            |
| Dennstaedtiaceae | <i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon,                  | Terrestre     | 1 y 2                        |
| Dryopteridaceae  | <i>Polystichum ordinatum</i> (Kunze) Liebm.,           | Terrestre     | 1 y 2                        |
| Aspleniaceae     | <i>Asplenium auritum</i> Sw.,                          | Terrestre     | 1                            |
| Aspleniaceae     | <i>Asplenium pulchellum</i> Raddi,                     | Terrestre     | 1                            |
| Blechnaceae      | <i>Blechnum occidentale</i> L.,                        | Terrestre     | 1 y 2                        |
| Polypodiaceae    | <i>Pleopeltis angusta</i> Humb. et Bonpland. ex Wild., | Epífita       | 1 y 2                        |
| Polypodiaceae    | <i>Pleopeltis macrocarpa</i> (Bory ex Wild.) Kaulf.,   | Epífita       | 2                            |
| Polypodiaceae    | <i>Polypodium conterminans</i> Liebm.,                 | Epífita       | 1 y 2                        |
| Polypodiaceae    | <i>Polypodium remotum</i> Desv.,                       | Terrestre     | 1 y 2                        |
| Polypodiaceae    | <i>Polypodium platylepis</i> Mett. Ex Kuhn.,           | Epífita       | 1 y 2                        |
| Polypodiaceae    | <i>Polypodium longepinnulatum</i> E. Fourn.,           | Terrestre     | 1 y 2                        |

|               |                                   |           |   |
|---------------|-----------------------------------|-----------|---|
| Polypodiaceae | <i>Polypodium rosei</i><br>Maxon, | Terrestre | 2 |
|---------------|-----------------------------------|-----------|---|

En total se encontraron 14 especies correspondientes a 6 familias. La representación de especies por familia es la siguiente:

| Familia          | %  |
|------------------|----|
| Polypodiaceae    | 50 |
| Aspleniaceae     | 14 |
| Pteridaceae      | 14 |
| Blechnaceae      | 07 |
| Dennstaedtiaceae | 07 |
| Dryopteridaceae  | 07 |

La representación gráfica de los individuos según el hábito en donde fueron colectados es la siguiente:

| Hábito    | %  |
|-----------|----|
| Terrestre | 64 |
| Epífitas  | 29 |
| Rupícolas | 07 |

Para el análisis de similitud se realizará una tabla de las especies según se hayan encontrado en los dos sitios **(a)**, solo en el sitio 1 (no perturbado) **(b)**, solo en el sitio 2 (perturbado) **(c)** o en ninguno de los sitios **(d)**.

|          |          |
|----------|----------|
| <b>a</b> | <b>b</b> |
| 9 spp.   | 2 spp.   |
| <b>c</b> | <b>d</b> |
| 3 spp.   | 0 spp.   |

Aplicando la fórmula de Jaccard ( $J = a / a+b+c$ ) obtenemos:

$$J = 9 / 9+2+3 = 0.64, \text{ o sea } 64 \% \text{ de similitud.}$$

## Discusión de Resultados

En base en el análisis de similitud de Jaccard se encontró que el área no perturbada y el área perturbada presentan una similitud de más del 60 %, por lo que existe un alto grado de similitud entre las dos áreas en relación a la diversidad de especies. La experiencia durante la colecta permitió observar que el área boscosa del Parque Ecológico Senderos de Alux es casi homogénea, por lo que las diferencias encontradas podrían reducirse aumentando el esfuerzo de muestreo. Sin embargo, las dos especies que aparecen restringidas al área sin perturbación pertenecen al género *Asplenium* (*A. auritum* & *A. pulchellum*) y son típicas de bosques húmedos encontrándose cerca de arroyos (Adams, 1995); puede ser esta la razón por la que no se encontraron en el área perturbada, con senderos que provocan claros que a su vez modifican las condiciones microclimáticas al permitir una mayor incidencia solar.

Las especies que fueron encontradas únicamente en el área catalogada como perturbada fueron *Polypodium rosei*, *Anogramma leptophylla* y *Pleopeltis macrocarpa* especies de bosque de pino-encino (Adams, 1995), el tipo de vegetación encontrada en el Cerro Alux. En el caso de *Polypodium rosei* y *Anogramma leptophylla* son especies que son frecuentemente encontradas en los bordes de caminos (Adams, 1995) por lo que la presencia de senderos puede estar beneficiando a estas especies. Por otra parte es importante notar que se encontró el helecho conocido como chispa, *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* o *Pteridium caudatum* en el área denominada como perturbada y en la supuestamente no perturbada. Lo interesante de esto es que este helecho es típico de áreas expuestas perturbadas (Adams, 1995), por lo que para ulteriores estudios se necesita delimitar de una mejor manera el término perturbación. También este dato puede ser de utilidad para próximos investigadores del área, ya que pueden establecer zonas de alteración antropogénica en base en la presencia de *Pteridium caudatum*. Asimismo la presencia de *Polystichum ordinatum*, especie de bosques húmedos primarios y perturbados (Adams, 1995), en los dos sitios, sugiere que ambas áreas comparten similar régimen de perturbación y que no es posible separarlas, apoyando los resultados del análisis de similitud.



El resto de las especies encontradas son típicas de bosque de pino-encino, con excepción de *Blechnum occidentale* y *Polypodium remotum*. El primero típico de selvas caducifolias a perennifolias y el otro de bosques de neblina, selvas altas perennifolias o potreros.

Por otra parte, de las especies encontradas la mitad pertenece a la familia Polypodiaceae, con muchos representantes del género *Polypodium*, lo que puede estar propiciando la hibridación de individuos de poblaciones distintas debido a la escasa diferencia que se observa en algunas muestras. En relación del hábito de las plantas, se encontró una mayoría de helechos terrestres en relación a los helechos epífitos, lo que podría cambiar si se implementara un método de muestreo que permita coleccionar en los estratos más elevados del bosque.

## Conclusiones

Las diferencias encontradas entre el área perturbada y el área no perturbada no son lo suficientemente grandes para establecerlas como unidades separadas.

La presencia de *Pteridium aquilinum* var. *caudatum* en ambas áreas es indicador de que ambas áreas comparten un mismo régimen de perturbación antropogénica, independientemente de la presencia de senderos en el lugar. *Polystichum ordinatum*, encontrado también en ambas áreas, también es indicador de perturbación.

La presencia de las dos especies de *Asplenium* únicamente en el área sin senderos responde probablemente a las condiciones microclimáticas más húmedas que requieren.

Dos de las especies únicas del área con senderos son (*Polypodium rosei* y *Anogramma leptophylla*) típicas de borde de camino, por lo que la presencia de senderos puede resultarle favorable a estas especies.

La familia Polypodiaceae es sin duda la familia más común dentro del Parque Ecológico Senderos de Alux.

## Recomendaciones

Para futuras investigaciones dentro del Parque Ecológico Senderos de Alux que se basen en diferencias de perturbación, se debe estandarizar el criterio perturbación. En este trabajo se propone utilizar como criterio la presencia de *Pteridium caudatum*.

Se recomienda realizar la fase experimental de esta investigación en época de verano.

Se debería realizar investigación con helechos basado en metodologías que permitan conocer la distribución de los helechos en los estratos más altos del bosque.

Idealmente se recomienda el estudio de los helechos a nivel molecular, especialmente aquellas especies de un mismo género.

## Bibliografía

- Adams, Dennis, *et al.* 1995. Flora Mesoamericana Volumen 1 Psilotaceae a Salviniaceae. Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden, The Natural History Museum (London). 470 p.p.
- Cabrera, C., *et al.*, 1991. Consideraciones generales para la conservación de la cubierta forestal de los barrancos aledaños a la ciudad capital de Guatemala. FLACSO. Guatemala.
- García, M & Godoy, J. 1995 Estudio técnico de la cordillera Alux como reserva forestal protectora de manantiales. CONAP. Guatemala.
- INSIVUMEH/PNUD. 1978. Estudio de aguas subterráneas en Guatemala.
- IGN, INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1972 Atlas Nacional de Guatemala.
- Krebs, Charles. 1978 Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Second edition. Benjamin Cummings. 678 pp.
- Llorente J. Morrone J. 2001. Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias UNAM, México. 227 p.p.
- MAGA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 1999. Plan de acción forestal para Guatemala PAFG. Programa de manejo forestal en tierras comunales. Proyecto "Parque Cerro Alux-Finca El Astillero" en el municipio de San Lucas Sacatepequez, Sacatepequez, Guatemala.
- Matteucci, S. & Colma A. 1982. Metodología para el estudio de la Vegetación. Secretaria General de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 168 p.p.

Mickel, John. 1979. How to know the ferns and fern allies. The Pictured Key Nature Series. Wm. C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa. 229 p.p.

Mickel, John & Smith, Alan. 2004. The Pteridophytes of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden. Volume 88. The New York Botanical Garden. 1065 p.p.

Standley, P. & Steyermark, J. 1958. Flora of Guatemala. Fieldiana: Botany; volumen 24, Parte I. Museo de Historia Natural de Chicago. 35-55 p.c.

[www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/ibc99/botanica/botanica/helechos.htm](http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/ibc99/botanica/botanica/helechos.htm)