

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

## **INFORME FINAL INTEGRADO DE EDC**

**JARDÍN BOTÁNICO DEL CENTRO DE ESTUDIOS  
CONSERVACIONISTAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**PERÍODO DE REALIZACIÓN  
ENERO 2016 - ENERO 2017**



**ALEJANDRA MEJÍA SAENZ DE TEJADA**  
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: BILLY ALQUIJAY

# ÍNDICE

INFORME FINAL DE SERVICIO Y DOCENCIA .....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE SERVICIO Y DOCENCIA.....	4
ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA DE EDC .....	4
ACTIVIDADES DE SERVICIO.....	4
ACTIVIDADES DE DOCENCIA .....	6
ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS.....	8
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8
ANEXOS.....	9
INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN .....	11
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
REFERENTE TEÓRICO .....	13
OBJETIVOS .....	15
HIPÓTESIS.....	15
METODOLOGÍA .....	15
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	15
TÉCNICAS USADAS EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN .....	16
RECOLECCIÓN DE DATOS.....	16
ANÁLISIS DE DATOS .....	16
INSTRUMENTOS PARA REGISTRO Y MEDICIÓN DE LAS OBSERVACIONES .....	16
RESULTADOS.....	17
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	18
CONCLUSIONES .....	19
RECOMENDACIONES.....	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20

# INFORME FINAL DE SERVICIO Y DOCENCIA

## INTRODUCCIÓN

El programa de Experiencias Docentes con la Comunidad (EDC) es llevado a cabo por los estudiantes de biología durante su cuarto año en la universidad. Este tiene como principal objetivo contribuir a la formación profesional del alumno, induciéndolo de primera mano a la práctica en las diferentes ramas de la biología, a través de servicio, docencia e investigación. Con esto se le prepara también para el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). Así mismo, se espera que el estudiante divulgue la realidad ambiental y asuma la ética profesional y el compromiso social que caracteriza a la Universidad de San Carlos de Guatemala. El EDC consiste en 1040 horas de trabajo, las cuales se dividen en los subprogramas de servicio, docencia e investigación.

Las actividades de servicio y docencia las llevé a cabo en el Jardín Botánico del Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado en la avenida de la Reforma, 0-63 zona 10, de la Ciudad de Guatemala (Jardín Botánico de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015). Dicha unidad de práctica fue elegida con base en mis intereses y conocimientos relacionados a la botánica y educación ambiental. Mi apoyo estuvo dividido entre el Jardín Botánico como tal, el Index Seminum y el Herbario USCG del Centro de Estudios Conservacionista (CECON) (Municipalidad de la Ciudad de Guatemala, 2006). Como unidad académica, el Jardín Botánico presenta cuatro líneas de investigación a las que me pude integrar: exploración taxonómica de Guatemala, investigación ecológica y biogeográfica de la vegetación nacional, biología reproductiva de plantas nativas y el estudio de la adaptación biológica reproductiva y conservación de las especies guatemaltecas de la colección (Jardín Botánico de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015).

En esta primera parte del documento planteo el desarrollo de los subprogramas universitarios de docencia y servicio del programa integrado de Experiencias Docentes con la Comunidad. Durante el primer semestre del 2016 busqué completar 385 horas (270 de servicio y 115 horas de docencia), equivalentes al 50% de la duración total del programa de EDC. Estos números fueron superados, habiendo realizado 310 de servicio y 160 de docencia. A continuación, presento un resumen de las actividades que desarrollé durante este tiempo.

## RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE SERVICIO Y DOCENCIA

Programa	Actividad	Fecha	Horas ejecutadas
Servicio	Informes	Enero-Junio	90
	Colección mamíferos	Febrero	20
	Colección semillas	Febrero	20
	Libros Herbario USCG	Marzo	6
	Etiquetas Herbario USCG	Febrero-Abril	70
	Datos Index Seminum	Abril-Mayo	40
	Trasplantes	Mayo	8
	Pruebas de germinación	Mayo-Junio	32
	Revisión de tablonos	Junio	24
<b>Total Servicio</b>			<b>310</b>
Docencia	Informes	Enero-Junio	90
	Visitas guiadas	Febrero-Junio	54
	Actividades extensión	Abril	6
	Simulacro sismo	Mayo	2
	Capacitación voluntarios	Junio	8
<b>Total Docencia</b>			<b>160</b>
<b>TOTAL SERVICIO Y DOCENCIA</b>			<b>470</b>

## ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA DE EDC

### ACTIVIDADES DE SERVICIO

- Actividad: asistencia en colecciones de mamíferos del MUSHNAT (horas preestablecidas)**
  - **Objetivos:** hacer cajas y etiquetas para la colección de mamíferos pequeños, curar esqueletos con amoníaco.
  - **Descripción:** las cajas para colecciones llegan al museo planas, por lo que es necesario hacer dobleces para darles forma. Me dediqué a hacer esto, así como escribir etiquetas para especímenes. Las etiquetas las pegué en la parte externa de la caja correspondiente y puse otra en el interior. También ayudé a curar la colección ósea, al tratar esqueletos, principalmente de ratones, con amoníaco. Después de este tratamiento los ejemplares estaban listos para ser introducidos en una caja.
  - **Resultados:** preparación de varias cajas, etiquetas y esqueletos de la colección de mamíferos del Museo de Historia Natural de la USAC.
  - **Problemas y limitaciones:** ninguno.

## **2. Actividad: asistencia a Index Seminum (horas preestablecidas)**

- Objetivo: ordenar la colección de semillas del Index Seminum.
- Descripción: durante las horas preestablecidas en colección botánica me dediqué a ordenar la colección de semillas del Index Seminum y corroborar los especímenes con la base de datos digital. Esto consistió en pasar los sobres con semillas, que se encontraban en conglomerado en un frasco, a hojas transparentes con separaciones en un cartapacio. Revisé los datos de semillas en sobres y frascos y los ordené numéricamente.
- Resultados: orden y cambio de almacenamiento de las semillas del Index Seminum con registros 400 a 599.
- Problemas y limitaciones: inicio de las actividades en Index Seminum antes de lo planificado.

## **3. Actividad: etiquetado en Herbario USCG**

- Objetivos: ordenar la base de datos y hacer etiquetas nuevas para los libros de la biblioteca del herbario USCG
- Descripción: revisé los libros que estaban pendientes de ingresar a la base de datos de la biblioteca del herbario USCG. Cambié las etiquetas de libros, en particular las de la Flora de Guatemala, Flora de Ecuador, entre otras. Las etiquetas nuevas las hice en un cuadro de Word y las imprimí en papel calcomanía para pegarlas más fácilmente a los libros.
- Resultados: impresión y organización de alrededor de 1000 etiquetas.
- Problemas y limitaciones: ninguno.

## **4. Actividad: ingreso de datos de Index Seminum**

- Objetivos: actualizar la base de datos del Index Seminum e iniciar el ingreso de registros en un libro de actas físico.
- Descripción: por alrededor de 40 horas revisé que la base de datos correspondiera con los especímenes guardados en la colección en sus datos de nombre científico, familia, fecha de colecta, coordenadas de colecta, número de correlativo, entre otros. Existió el deseo de tener una copia a mano de la base de datos, así que transcribí los datos de 679 especímenes a un libro de actas.
- Resultados: 200 números de correlativos transcritos, 60 registros revisados en la base de datos y 679 correlativos transcritos a libro de actas.
- Problemas y limitaciones: ninguno.

## **5. Actividad: pruebas de germinación**

- Objetivos: coleccionar, limpiar y hacer pruebas de germinación de semillas del Index Seminum
- Descripción: coleccionar semillas en el Jardín Botánico, curar la colección limpiando las semillas con alcohol concentrado. Para las pruebas de germinación se debe tratar previamente las cajas con alcohol y después utilizar una mezcla de tierra y arena esterilizada. Las semillas se colocan en surcos y se debe llevar un control de su velocidad

de germinación. Luego se tiene que trasplantar las plantas que lograron nacer (ver figura 1).

- Resultados: trasplante de *Salvia excelsa* y otras plantas para pruebas de germinación. También cerní tierra y arena para poder sembrar más. Lavé cajas que ya habían sido usadas y luego las esterilicé con alcohol concentrado.
- Problemas y limitaciones: ninguno.

## 6. Actividad: revisión de tablones del Jardín Botánico

- Objetivos: hacer un inventario de especies a partir del ya existente, para determinar qué plantas fueron movidas o cuáles han sido sembradas desde la última revisión.
- Descripción: por varios días, se me dio un mapa de los tablones del Jardín Botánico, junto con el último inventario de especies. Mi trabajo consistió en revisar ese listado y contrastarlo con lo que había en los tablones en ese momento. Algunas plantas las pude determinar, pero otras sólo pude contribuir en la descripción.
- Resultados: revisión de seis tablones del Jardín Botánico, especificando a partir del inventario pasado cuáles plantas están y cuáles no.
- Problemas y limitaciones: capacidad de determinar las plantas. El último inventario era realmente antiguo, por lo que gran parte de los individuos que mencionaba no estaban o la lista no estaba completa.

## ACTIVIDADES DE DOCENCIA

### 1. Actividad: visitas guiadas

- Objetivos: atender a estudiantes de todos los niveles y darles un recorrido por el Jardín, hablando sobre temas dentro del campo de la botánica y otros según las necesidades del grupo.
- Descripción: al llegar un grupo de estudiantes al Jardín, se les da la bienvenida y los dividimos según los practicantes o voluntarios disponibles para dar recorridos. A continuación, se les da una pequeña introducción al Jardín Botánico, resaltando lo más importante de su historia e incluyendo las normas a seguir dentro del mismo. El recorrido y la explicación que lo complementa, se hace de acuerdo a las necesidades de cada grupo de estudiantes, desde temas sencillos para alumnos de preprimaria, hasta otros mucho más complejos para universitarios. Los voluntarios a veces me acompañaron mientras daba el recorrido aprender también sobre temas botánicos.
- Resultados: despertar interés en el mundo de la botánica en estudiantes de todas las edades.
- Problemas y limitaciones: algunos grupos desobedientes e inquietos, que no mostraban ningún interés en el recorrido.

## 2. Actividad: actividades de extensión

- Objetivos: apoyar al personal del Jardín Botánico en las actividades de extensión, las cuales se llevaron a cabo algunos domingos del semestre.
- Descripción: ayudé en la actividad ¿Quién lleva el polen?, tanto antes como después del día planeado. Antes arreglé material didáctico elaborado el año pasado. Además, hice dos hojas de trabajo para los niños: una sopa de letras y un crucigrama. El día del evento estuve en la mesa del Herbario USCG explicando lo más básico de la polinización con una dinámica. En esa estación también presentábamos el proceso de fecundación y los visitantes podían observar polen bajo estereoscopio y microscopio.
- Resultados: apoyo en la actividad ¿Quién lleva el polen? En la mesa del Herbario USCG (ver figura 2).
- Problemas y limitaciones: ninguno.

## 3. Actividad: capacitación de voluntarios

- Objetivos: compartir mi conocimiento sobre plantas con los voluntarios del Jardín Botánico, a través de una charla sobre plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas. Con esto busqué que pudieran enriquecer sus recorridos guiados, cuando yo ya no fuera practicante en el Jardín.
- Descripción: le di una charla a los voluntarios del Jardín Botánico sobre la flor. Hablamos sobre las diferentes partes que la conforman, su evolución a partir de las hojas, diferentes tipos de inflorescencias, proceso de polinización y finalmente diferencias entre las flores de monocotiledóneas y dicotiledóneas. Elaboré un documento con un resumen de lo que discutimos, con énfasis principalmente en las partes de la flor. La leímos juntos, los ayudé en la resolución de sus dudas y revisamos imágenes en internet de diferentes tipos de flores. Al final del documento incluí un esquema para que completaran las partes de la flor que habían aprendido. Por último, salimos al Jardín a ver *in vivo* algunos ejemplos de inflorescencias y plantas dicotiledóneas (ver figura 3). Los voluntarios pudieron notar el número de pétalos, estambres y otras características para clasificar las flores. Esta actividad la realicé con los voluntarios de los jueves y con los de los viernes, con una duración aproximada de cuatro horas cada día.
- Resultados: aprendizaje por parte de los voluntarios de Jardín Botánico sobre las diferencias entre plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, así como ideas centrales sobre los tipos de frutos y el proceso de polinización. Así mismo, completaron correctamente el documento que les di y aprendieron sobre las partes que componen una flor. Los voluntarios se mostraron sumamente interesados y agradecidos.
- Problemas y limitaciones: ninguno.

## ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS

### 1. Actividad: revisión de libros en herbario USCG

- Objetivos: revisar los libros de la biblioteca del herbario USCG y separar los que no estén en la base de datos.
- Descripción: tomé libros de la biblioteca del herbario USCG y revisé si estaban o no en la base de datos digital. Los que no se encontraban en esta los separé para que fueran ingresados posteriormente. Los que sí estaban en la base de datos los separé en manuales o guías de reconocimiento y libros teóricos.
- Resultados: un espacio de trabajo más ordenado para los investigadores en el herbario. Una sección de la biblioteca clasificada.
- Problemas y limitaciones: ninguno.

### 2. Actividad: trasplante de especímenes de *Index Seminum*

- Objetivos: trasplantar los especímenes de pruebas de germinación desde las cajas plásticas donde fueron sembrados a bolsas de siembra.
- Descripción: pasé las plantas que ya habían germinado y crecido un poco en sus cajas plásticas a bolsas negras especiales para siembra. Preparé una mezcla 2:1 de tierra abonada y arena y la puse en las bolsas de siembra, luego de haber cubierto el fondo con piedra pómez. Saturé la tierra con agua, dejé que se absorbiera y después hice un agujero, donde puse el pilón.
- Resultados: trasplante de unos 15 pilones de *Salvia excelsa*.
- Problemas y limitaciones: ninguno.

### 3. Actividad: asistencia en simulacro de sismo

- Objetivos: proporcionar asistencia a los grupos de estudiantes que se encontraban en visita guiada durante el simulacro de sismo.
- Descripción: me acerqué a los grupos de estudiantes y les pedí que mantuvieran la calma. Indiqué cuáles serían las salidas en caso de una emergencia real.
- Resultados: grupos ordenados y tranquilos durante el simulacro de sismo.
- Problemas y limitaciones: ninguno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Jardín Botánico de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (2015) Misión y visión del Jardín Botánico. Recuperado de [http://sitios.usac.edu.gt/jardinbotanico/?page\\_id=141](http://sitios.usac.edu.gt/jardinbotanico/?page_id=141)
- Jardín Botánico de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (2015) Historia gráfica del Jardín Botánico. Recuperado de [http://sitios.usac.edu.gt/jardinbotanico/?page\\_id=148](http://sitios.usac.edu.gt/jardinbotanico/?page_id=148)
- Municipalidad de la Ciudad de Guatemala. (2006). Sitios de interés: Jardín Botánico de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <http://cultura.muniguate.com/index.php/section-table/37-ciudadvieja/87-jardinbotanicousac>

## ANEXOS



Figura 1. Trasplante de plantas en el invernadero para pruebas de germinación.



Figura 2. Diploma de participación en actividad de extensión "Quién lleva el polen".



**Figura 3.** Capacitación a voluntarios.

# INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

## TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

### **“Estado de Conservación de los Remanentes Boscosos de la Cuenca del Río Pensativo”**

## RESUMEN

Los boques tropicales han sufrido deforestaciones extensivas en las últimas décadas. El cambio de uso del suelo desde paisajes a asentamientos humanos, agricultura y potreros han sido las causas principales de degradación de hábitat y biodiversidad en ecosistemas ribereños. A través de este estudio se buscó evaluar el estado de conservación de remanentes boscosos de la cuenca del río Pensativo, con énfasis en los alrededores de Antigua Guatemala, Sacatepéquez. Del total de remanentes boscosos de la cuenca, se seleccionaron 10 parches aleatoriamente. En cada uno se midieron variables cuantitativas y cualitativas para calcular la estructura vertical, estructura horizontal, regeneración natural, perturbación y otras características de la vegetación. Se hizo una base de datos, a la que se le aplicó un índice multicriterio para conocer el estado de conservación de cada remanente boscoso. Los parches en la aldea El Hato y el parque ecológico Florencia obtuvieron un valor menor a 0.6, presentando un estado pobre y siendo los remanentes más prioritarios para su restauración. Se recomienda a la municipalidad correspondiente y a los propietarios del parque enfocar sus esfuerzos de conservación en estas áreas.

## INTRODUCCIÓN

Los boques de los trópicos han sufrido deforestaciones devastadoras, particularmente en las últimas décadas. Para el año 2010 la tasa de deforestación neta en Guatemala fue del 3.78% respecto al 2006, con una pérdida de 146,112 hectáreas de bosque en tan solo 3.79 años (INAB, CONAP, UVG, URL, 2012). No obstante, aún permanecen remanentes, ya que la destrucción rara vez es total o permanente. Los remanentes boscosos son áreas de bosque no protegidas, que pueden albergar especies endémicas, a pesar de encontrarse aislados (Schelhas & Greenberg, 1996). Los bosques y los ecosistemas ribereños mantienen una relación estrecha (Dudgeon *et al.*, 2006), en la que el estado de conservación de uno es una manera indirecta de saber la condición ecológica del otro. La calidad del agua se ve afectada por una serie de componentes o indicadores físicos, químicos y biológicos. El nivel de estos componentes puede ser alterado por eventos naturales o antropogénicos (Brown & Binkley, 1994). El cambio en el uso del suelo, como urbanización, agricultura intensiva y ganadería provoca un descenso en la cobertura forestal (INAB, CONAP, UVG, URL, 2012). Esto significa un aumento en el transporte de contaminantes, violencia de las corrientes hídricas y dinámicas tróficas. Así mismo, el mal manejo de aguas residuales y agrícolas puede llevar a un incremento en niveles de fósforo y nitrógeno, así como en el de toxinas orgánicas (Allan & Castillo, 2007).

Los remanentes de bosque se han visto reducidos o desaparecidos como consecuencia de la influencia humana, a través cambios en el uso del suelo (e.g. Dudgeon et al., 2006; Allan & Castillo, 2007). Estos cambios se deben a la urbanización por aumento de crecimiento poblacional, expansión de la frontera agrícola y ganadera y políticas gubernamentales de inclusión económica de las áreas rurales (Schelhas & Greenberg, 1996). La pérdida de los remanentes boscosos y sus servicios ecosistémicos no sólo tiene un efecto sobre la población rural, sino impacta nacional y globalmente por su valor en la conservación biológica, erosión, entre otros. Se ha demostrado que estos parches son importantes en la preservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, por lo que deben ser incluidos en las estrategias de conservación, junto con los parques nacionales y demás áreas protegidas (Schelhas & Greenberg, 1996). Es preciso entender cómo funcionan los remanentes boscosos y su influencia en la calidad del agua de un río. De igual manera, se debe desarrollar planes de manejo de cuencas que mejoren la capacidad de los remanentes boscosos de proteger la biodiversidad, mejorar la calidad de agua e incrementar su valor para los habitantes locales.

A través de este estudio se buscó evaluar el estado de conservación de remanentes boscosos de la cuenca del río Pensativo, ubicado en el departamento de Sacatepéquez. La cuenca cubre los municipios de Ciudad Vieja, Santa María de Jesús, La Antigua Guatemala, Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas. Dicho cuerpo de agua se encuentra rodeado por diferentes usos del suelo, entre los que se encuentra la agricultura, potreros, poblados y algunos remanentes boscosos (Álvarez, 2007), por lo que se esperaba una influencia de éstos en los remanentes boscosos. El río Pensativo es la principal fuente de agua para estos lugares y se ve afectado por el manejo de sus bosques. La evaluación del estado de conservación se puede realizar mediante el establecimiento de la estructura y composición de dichos parches, aún si es a nivel de morfoespecies. De esta forma se puede determinar qué remanentes son prioritarios en términos de restauración y hacer un aporte al manejo integrado de la cuenca.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio de uso del suelo desde paisajes a asentamientos humanos, agricultura y potreros han sido las causas principales de degradación de hábitat y biodiversidad en ecosistemas ribereños (Dudgeon *et al.*, 2006). La urbanización ha tenido impactos devastadores en los arroyos al remplazar la cobertura natural, lo que resulta en cambios geomorfológicos, hidrológicos, químicos y biológicos dramáticos (Scott *et al.*, 2002). Esto puede tener un impacto también en la flora y fauna de los ríos, así como en la calidad de su agua (Surasinghe & Baldwin, 2015). Para poder tener un impacto en la conservación de un río, primero es necesario caracterizar los usos del suelo cercanos a él. El río Pensativo tiene una extensión de 77.39 km<sup>2</sup> y su superficie cubre los municipios de Ciudad Vieja, Santa María de Jesús, La Antigua Guatemala, Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas, todos del departamento de Sacatepéquez (Quiroa, 2004). El río Pensativo es la principal fuente de agua para estos lugares, por lo que un buen manejo de la cuenca es vital. Para ello es fundamental determinar el estado de conservación de los bosques de sus 13 subcuencas (Álvarez, 2007) y evaluar cuáles son las más prioritarias en términos de restauración.

## JUSTIFICACIÓN

El río Pensativo cubre los municipios de Ciudad Vieja, Santa María de Jesús, La Antigua Guatemala, Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas, todos del departamento de Sacatepéquez (Quiroa, 2004). Dicho cuerpo de agua se encuentra rodeado por diferentes usos del suelo, entre los que se encuentra la agricultura, potreros, poblados y algunos remanentes boscosos (Álvarez, 2007), lo cual tiene una influencia sobre el río (Allan & Castillo, 2007). Es preciso entender cómo funcionan los remanentes boscosos y cómo las políticas gubernamentales, económicas y sociales pueden beneficiar o perjudicarlos (Schelhas & Greenberg, 1996). Así mismo, es importante desarrollar planes de manejo que mejoren la capacidad de los remanentes boscosos de proteger la biodiversidad, mejorar la calidad de agua e incrementar su valor para los habitantes locales. Un buen manejo de la cuenca del río Pensativo es vital, a través un conjunto de esfuerzos que debe incluir la comprensión y caracterización de sus parches, por lo que es fundamental determinar el estado de conservación de los remanentes boscosos de sus 13 subcuencas.

## REFERENTE TEÓRICO

En los trópicos, cada año millones de hectáreas bosque están siendo convertidas en campos de cultivos y potreros, amenazando varias especies a la extinción y teniendo consecuencias para los seres humanos. Los esfuerzos de conservación usualmente se enfocan en aislar grandes áreas de bosque en parques nacionales o áreas protegidas. Sin embargo, sólo el 5.9% de la cobertura mundial corresponde a áreas protegidas y únicamente 19 de 131 países en Asia, África y Latinoamérica tienen más del 10% de su territorio protegido (Schelhas & Greenberg, 1996). En numerosos casos, estas áreas no son una muestra representativa de los hábitats del país y cubren tierras poco accesibles o de baja importancia económica. La influencia política, económica y social hace casi imposible la ampliación de las áreas protegidas. Cada vez es más claro que las estrategias de conservación no deben enfocarse únicamente en áreas grandes y aisladas, sino incluir remanentes boscosos fuera de las reservas.

La deforestación en los trópicos ha sido extensiva en las últimas décadas. Para el año 2010 la tasa de deforestación neta en Guatemala fue del 3.78% respecto al 2006, con una pérdida de 146,112 hectáreas de bosque en tan solo 3.79 años (INAB, CONAP, UVG, URL, 2012). No obstante, la desaparición total de los bosques es rara y pocas veces permanente. Hay parches de bosque primario y secundario aún en paisajes agrícolas y aunque presentan una biodiversidad general más baja que las áreas protegidas, pueden contener especies endémicas (Schelhas & Greenberg, 1996). Los remanentes boscosos proveen hábitat para muchos organismos con pequeños rangos de hogar, los distribuidos ampliamente en el paisaje y especies que toleran influencia antropogénica leve (Surasinghe & Baldwin, 2015). Los remanentes boscosos se encuentran en constante cambio y en algunos casos desaparecen bajo presiones humanas de cambio de uso del suelo. Estos cambios se deben a la urbanización por aumento de crecimiento poblacional, expansión de la frontera agrícola y ganadera y políticas gubernamentales de inclusión económica

de las áreas rurales (Schelhas & Greenberg, 1996). La pérdida de los remanentes boscosos y sus servicios ecosistémicos no sólo tiene un efecto sobre la población rural, sino impacta nacional y globalmente por su valor en la conservación biológica, erosión, entre otros.

Los bosques han demostrado mantener una relación estrecha con los ecosistemas ribereños (Dudgeon *et al.*, 2006). Se sabe que la urbanización induce impactos destructores en los arroyos al remplazar la cobertura natural, lo que resulta en cambios geomorfológicos, hidrológicos, químicos y biológicos dramáticos (Scott *et al.*, 2002). Esto puede tener un impacto también en la flora y fauna del ríos, así como en la calidad de su agua (Surasinghe & Baldwin, 2015). El cambio de uso del suelo, incluyendo deforestación, agricultura intensiva y desarrollo urbano altera la entrada de energía, aumenta el transporte de sedimentos y contaminantes y provoca corrientes bruscas. Estos cambios también provocan cambios en la composición del ensamble, altera las dinámicas tróficas y puede facilitar invasiones. El enriquecimiento de nutrientes como consecuencia de la agricultura, aguas residuales o deposición atmosférica aumenta los niveles de fósforo y nitrógeno, incrementa la productividad del arroyo y puede provocar floraciones de algas. De igual manera, las toxinas orgánicas provenientes de algunos pesticidas han demostrado tener efectos fisiológicos y tóxicos en el cuerpo de agua (Allan & Castillo, 2007).

La porción de la cuenca del río Pensativo utilizada para este estudio se ubica en la parte este de la cuenca del río Guacalate, que forma a su vez parte de la cuenca del río Achiguate. La cuenca analizada se halla entre los meridianos 90°44'00" y 90°40'00" de longitud este y los paralelos 14°37'00" y 14°31'00" de latitud norte. Limita al norte con las cuencas del río Motagua y María Linda, cerro El Rejón, la cumbre de San Mateo, cerro El Comunal y cerro La Libertad, al este con cerro Santa Rosa, el poblado de Santo Tomás Milpas Altas y al sur con el cerro Las Minas y la finca La Rinconada, la cuenca del río María Linda y al sur y oeste con el cerro El Narizón, el poblado El Hato, San Felipe de Jesús, el cerro Manchús, el cerro Manchén y la ciudad de Antigua Guatemala y la subcuenca del río Guacalate (Álvarez, 2007).

El río Pensativo tiene una extensión de 77.39 km<sup>2</sup> y su superficie cubre los municipios de Ciudad Vieja, Santa María de Jesús, La Antigua Guatemala, Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas, todos del departamento de Sacatepéquez (Quiroa, 2004). Dicho cuerpo de agua se encuentra rodeado por diferentes usos del suelo, entre los que se encuentra la agricultura, potreros, poblados y algunos remanentes boscosos (Álvarez, 2007). El río Pensativo es la principal fuente de agua para estos lugares y se ve afectado por el estado de sus bosques. Es preciso entender cómo funcionan los remanentes boscosos y cómo las políticas gubernamentales, económicas y sociales pueden beneficiar o perjudicarlos (Schelhas & Greenberg, 1996). Así mismo, es importante desarrollar planes de manejo que mejoren la capacidad de los remanentes boscosos de proteger la biodiversidad, mejorar la calidad de agua e incrementar su valor para los habitantes locales. Un buen manejo de la cuenca es vital, a través un conjunto de esfuerzos que debe incluir la comprensión y caracterización de sus parches, por lo que es fundamental determinar el estado de conservación de los remanentes boscosos de sus 13 subcuencas.

## OBJETIVOS

- General:
  - Evaluar el estado de conservación de los remanentes boscosos de la cuenca del río Pensativo.
- Específicos:
  - Establecer la estructura y composición de los remanentes boscosos de la cuenca del río Pensativo, a nivel de morfoespecies.
  - Determinar qué remanentes boscosos son prioritarios en términos de restauración.

## HIPÓTESIS

No aplica, al ser un estudio exploratorio.

## METODOLOGÍA

Del total de remanentes boscosos de la cuenca del río Pensativo, se seleccionaron 10 parches aleatoriamente. Estos correspondieron a las comunidades El Hato, Santa Lucía Milpas Altas, San Juan el Obispo, San Juan Gascón, Magdalena, el parque ecológico Florencia (Santa Lucía Milpas Altas), los hoteles Xicayá (San Cristóbal El Alto) y Earh Lodge (Vuelta Grande) y las fincas La Chacra y Carmona (Antigua Guatemala). En cada uno se hizo una parcela de Whittaker de 20 x 50 metros. Dentro de cada parcela se midieron como variables dependientes o de respuesta:

- Porcentaje de cobertura boscosa
- Riqueza de morfoespecies arbóreas
- Diámetro a la altura del pecho (DAP)
- Altura del dosel
- Reclutamiento
- Presencia o ausencia de roza y quema
- Presencia o ausencia de ganadería
- Si hay extracción de leña
- Si hay extracción madera para construcción
- Árboles muertos en pie

## DISEÑO EXPERIMENTAL

- Población: Cuenca del río Pensativo
- Muestra: Diez remanentes boscosos del río Pensativo, seleccionados aleatoriamente

## TÉCNICAS USADAS EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

### RECOLECCIÓN DE DATOS

Las parcelas de Whittaker fueron medidas con una cinta métrica y delimitadas con lazo. Se analizó el área total por secciones de 5 x 5 m. Para la toma de la cobertura boscosa se utilizó un densitómetro. Se tomó en cuenta a nivel de morfoespecies aquellos individuos vegetales con un DAP mayor a 9 cm, el cual se tomó con una cinta diamétrica graduada. Un telémetro se usó para calcular la altura del dosel. Se tomó como especies en reclutamiento aquellas jóvenes, con un DAP menor a 9 cm. Se buscó evidencia de roza y quema en la corteza de los árboles más antiguos, pero también se preguntó al guarda recursos. En cada parcela se llenó una boleta para coleccionar datos cualitativos y semicuantitativos, diseñada por Ochoa *et al.* (2010). Se obtuvo información sobre la estructura de la vegetación, la composición del bosque, regeneración natural y manejo del bosque (ver Instrumentos para registro y medición de las observaciones). Dichos datos caben en las variables categóricas:

- Tipo de vegetación: arbustiva, arbórea, bosque tropical o cultivos
- Presencia o dominancia de árboles altos (>20 m), medianos (10-20 m), pequeños (<10 m) o arbustos (<3 m). Se clasifica cada estrato como dominante, codominante, existente o ausente.
- Cobertura del dosel: 25%, 26-50%, 51-75%, 76-100%
- Número aproximado de especies productoras de semillas, basado en características morfológicas
- Usos y daños del bosque: ganadería, extracción de leña, extracción de madera, roza y quema, árboles muertos aún erectos, todo medido en frecuencias de ninguno o poco, medio o alto.

### ANÁLISIS DE DATOS

Con los datos obtenidos se calculará el índice multicriterio, también propuesto por Ochoa y colaboradores en el 2010. A cada variable se le asignó un valor, siguiendo una lógica difusa (*fuzzy logic*). Si hay cuatro posibles opciones para una variable (e.g. cobertura del dosel: 25%, 26-50%, 51-75%, 76-100%) se les dará los valores 0, 0.33, 0.66 y 1. Si son cinco los valores corresponderían a 0, 0.25, 0.50 y 1, según la intensidad de la variable en la parcela. Si dos o más indicadores tienen una interacción lineal entre sí, se aplica el promedio o promedio pesado. En caso que las interacciones entre dos o más indicadores sea no lineal, se recurre a las reglas si-entonces (*IF-THEN rules*) para medir y establecer una escala ordinal. Si las interacciones son no lineales, pero los resultados son continuos u ordinales con una gran cantidad de posibles valores, se usa la lógica difusa para asignar valores del 0 al 1.

## INSTRUMENTOS PARA REGISTRO Y MEDICIÓN DE LAS OBSERVACIONES

## RESULTADOS

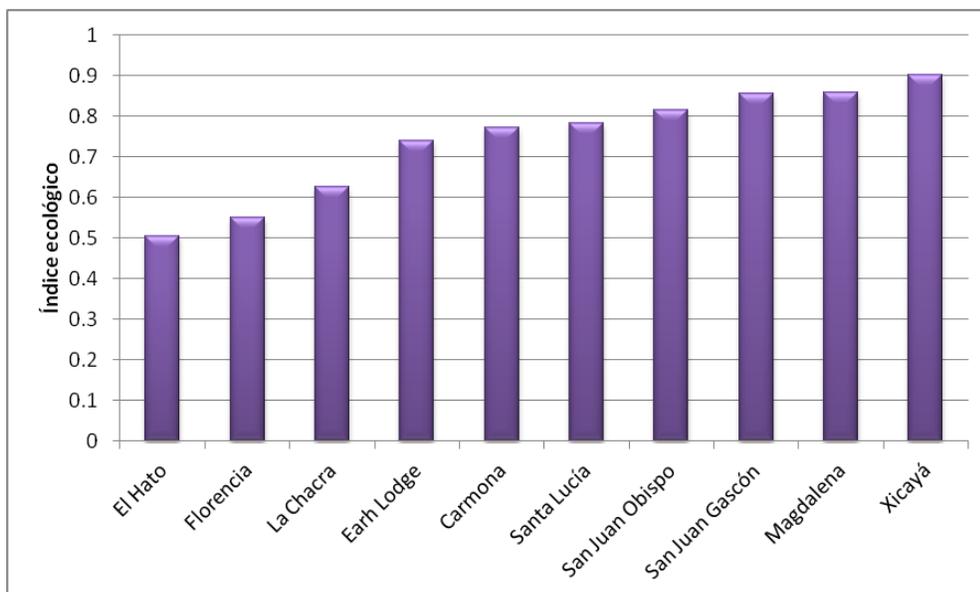
P	Estructura vertical					Estructura horizontal					Regeneración natural			Características de la vegetación		Perturbación				
	Estrato arbóreo >20 m	Estrato arbóreo 10-20 m	Estrato arbóreo <10m	Estrato herbáceo	Altura de la vegetación (m)	DAP 6-10 cm	DAP 11-20 cm	DAP 21-40 cm	DAP >40 cm	%CB	Recrutamiento (DAP<=5 cm)	Riqueza semillas	Abundancia semillas	Riqueza árboles	Tipo de vegetación	Quema	Pastoreo	Extracción leña	Extracción madera	Árboles muertos en pie
Ma	D	CD	P	CD	23	0	P	M	A	76-100	M	2	M	7	1	1	1	1	1	1
Fl	P	D	P	P	31	0	0	P	M	26-50	A	2	M	4	0.33	2	2	2	2	1
EH	A	D	CD	P	23	A	P	A	P	76-100	M	2	M	11	0.33	3	3	3	3	1
SL	P	D	CD	P	22	P	P	A	A	76-100	M	2	M	5	1	1	1	1	1	1
FLC	A	P	D	CD	10	P	A	A	0	0-25	M	2	M	17	0.66	1	1	2	2	1
SJG	P	D	CD	P	22	P	A	A	M	26-50	M	2	M	16	0.66	1	2	1	1	1
SJO	P	CD	D	P	22	A	M	A	A	51-75	M	2	M	13	0.33	1	2	1	1	1
FC	CD	D	P	P	28	P	M	M	A	76-100	M	2	M	10	1	1	1	1	1	2
HX	P	D	CD	P	21	P	A	A	M	76-100	M	2	M	9	0.66	1	1	1	1	1
EL	A	D	CD	P	16	P	M	A	P	51-75	M	2	M	7	0.66	1	1	1	1	2

**Cuadro 1.** Estructura y composición de las parcelas en los remanentes boscosos del río Pensativo.

Puntos: Ma=Magdalena, Fl=Florencia, EH=El Hato, SL=Santa Lucía, LC=La Chacra, SJG=San Juan Gascón, SJO=San Juan Obispo, FC=Finca Carmona, HX=Hotel Xicayá, EL=Earth Lodge.

Estructura vertical: P=presente, A=ausente, D=dominante, CD=codominante; Estructura horizontal: A=abundante, M=medio, P=poco, 0=no existe;

Regeneración natural: M=media; A=abundante; Tipo de vegetación: 0.33=sucesión herbácea, 0.66= sucesión arbórea, 1=bosque natural; Perturbación: 1=ninguna o poca, 2=media, 3=alta.



**Figura 4.** Estado de conservación de los remanentes boscosos en los puntos muestreados.

El índice multicriterio para la evaluación ecológica de bosques tropicales tiene un rango de valores entre 0 y 1. Mientras más cercano a 1 se encuentre el resultado, mejor será el estado de conservación del bosque. Los remanentes boscosos muestreados en la microcuenca superior del río Pensativo presentaron valores de entre 0.5062, en la comunidad de El Hato, y 0.9031, en el terreno del hotel Xicayá, en San Cristóbal El Alto.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La estructura de los bosques puede ser muy compleja, pero es indispensable mantenerla para conservar la biodiversidad de los mismos. De esta manera se facilita la regeneración de los remanentes boscosos dañados por diferentes perturbaciones, tanto antropogénicas como naturales (Ochoa-Gaona *et al.*, 2010). Estas perturbaciones fueron medidas como pastoreo, pizoteo o ramoneo, extracción de leña, incendios naturales o provocados y árboles muertos en pie. Por otro lado, la regeneración se calculó a partir de la abundancia de árboles jóvenes y de sus semillas (ver cuadro 1). Todos los remanentes boscosos presentaron algún grado de perturbación, aunque la de El Hato presentó un nivel alto para todas las variables. En casos como San Juan Gascón, Magdalena Milpas Altas y el hotel Xicayá (San Cristóbal El Alto) el impacto fue mínimo, lo cual se ve reflejado en su buen índice ecológico (ver figura 4).

La estructura vertical de un bosque es la cantidad de capas vegetales que presenta. Los estratos son considerados altos cuando el dosel está a más de 20 metros de altura, medianos cuando se encuentra entre 10 y 20, y bajos cuando es menor a 10 metros. También se considera como un estrato a todas las plantas herbáceas que se pueden encontrar en el bosque, que se reflejan las fluctuaciones microclimáticas del ecosistema, tales como cambios de temperatura, humedad

relativa y distribución de la luz. La altura del dosel también refleja el estado de conservación de un bosque, pues es una manera de calcular la longevidad de los mismos. El 80% de remanentes boscosos muestreados presentó un estrato arbóreo mayor a 20 metros de altura, pero fue dominante o codominante solamente para Magdalena y los senderos del hotel Earth Lodge (ver cuadro 1). Esto significa que en el resto de puntos la tasa de supervivencia de los árboles originales no fue alta, probablemente debido a impacto antropogénico cuando éstos eran aún jóvenes. El Hato es un ejemplo de éstos, que es el remanente menos conservado.

La estructura horizontal se refiere a la distribución espacial de los elementos forestales, particularmente árboles. Los bosques densos tienden a tener árboles más juntos entre sí, sea en sus troncos o copas. (Ochoa-Gaona *et al.*, 2010). El DAP es otra manera de estimar la edad de árboles longevos, ya que el aumento en el diámetro es la única característica constante y no reversible del crecimiento arbóreo (White, 1998). Un DAP menor a 10 cm indica que se trata de un árbol joven. Si éstos son abundantes, como en El Hato y San Juan Obispo, la regeneración es alta. Además, El Hato tampoco cuenta con árboles con un DAP mayor a 40 cm y el tipo de vegetación es de sucesión herbácea (ver cuadro 1). Este es el único punto que presenta quema, pastoreo y extracción de leña y madera en un nivel alto. Estas variables son indicadores de perturbación de origen antropogénico. Son estas mismas las que determinan en buena parte la estructura del bosque, tanto en su componente vertical como horizontal (Shelhas & Greenberg, 1996). Tiene sentido, entonces, que El Hato, al ser el parche boscoso con una mayor perturbación, tenga el estado de conservación más pobre.

## CONCLUSIONES

- El remanente boscoso de la aldea El Hato presentó un estado de conservación pobre, el más bajo de todos los sitios muestreados, debido principalmente a su alta perturbación antropogénica.
- Los parches en el Hotel Xicayá, Magdalena Milpas Altas y San Juan Gascón son los que están mejor conservados, por lo que se recomienda enfocar los esfuerzos de restauración en los otros remanentes boscosos.
- La estructura del bosque está dada por los componentes verticales y horizontales. Remanentes no conservados, como en El Hato, tienen estrato arbóreo bajo y DAP relativamente pequeños.

## RECOMENDACIONES

Enfocar los esfuerzos de restauración y conservación en los remanentes boscosos de la aldea El Hato, gran parte de los cuales pertenecen a terreno municipal. Sin embargo, es indispensable que el Parque Ecológico Florencia restaure los bosques que están en su territorio. Para ellos se recomienda introducir árboles nativos, como encinos, y tener reglas más estrictas sobre las actividades de extracción permitidas. Para ambos sitios, se sugiere instalar basureros, pues los desechos plásticos en el suelo eran ubicuos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez, I. (2007). *Determinación del comportamiento hidrológico en la cuenca del río Pensativo, en la zona de influencia del puente Matazano y consideraciones de un Sistema de alerta temprana*. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
2. Brown, T.C. & Binkley, D. (1994). *Effect of management on water quality in North American forests*. USDA Forest Service. General Technical Report RM-248.
3. Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Knowler, D.J., Leveque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. & Sullivan, C.A. (2006). *Freshwater biodiversity: importance, threats status and conservation challenges*. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 81:163-182.
4. INAB, CONAP, UVG, URL. (2012). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010.
5. Ochoa-Gaona, S., Kampichler, C., de Jong, B.H.J., Hernández, S., Geissen, V. & Huerta, E. (2010). A multi-criterion index for the evaluation of local tropical forest conditions in Mexico. *Forest Ecology and Management*, 260: 618-627.
6. Quiroa, J.C. (2004). *Riesgos geológicos y medidas de mitigación en la cuenca del río Pensativo y zonas aledañas a la ciudad de La Antigua Guatemala*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
7. Schelhas, J. & Greenberg, R. (1996). *Forest Patches in Tropic Landscapes*. USA: Island Press.
8. Scott, M.C., Helfman, G.S., McTammany, M.E., Benfield, E.F. & Bolstad, P.V. (2002). Multiscale influences on physical and chemical stream conditions across blue ridge landscapes. *Journal of the American Water Resources Association* 38:1379-1392.
9. Surasinghe, T.D. & Baldwin, R.F. (2015). Importance of Riparian Forest Buffers in Conservation of Stream Biodiversity: Responses to Land Uses by Stream-Associated Salamanders across Two Southeastern Temperate Ecoregions. *Journal of Herpetology*, 49(1): 83-94.
10. White, J. (1998). *Estimating the Age of Large and Veteran Trees in Britain*. Forestry Commission Information Note 12. Surrey.