

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

INFORME FINAL INTEGRADO DE EDC  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN PARA EL CONOCIMIENTO USO Y VALORACIÓN DE LA  
BIODIVERSIDAD  
PERIODO DE REALIZACIÓN  
ENERO 2015 – ENERO 2016

Valeska Jimena Contreras Paz  
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: Licda. Eunice Enríquez

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

INFORME FINAL INTEGRADO DE EDC  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN PARA EL CONOCIMIENTO USO Y VALORACIÓN DE LA  
BIODIVERSIDAD  
PERIODO DE REALIZACIÓN  
ENERO 2015 – ENERO 2016

Valeska Jimena Contreras Paz  
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: Licda. Eunice Enríquez  
ASESOR INSTITUCIONAL: Licda. Eunice Enríquez

Vo.Bo. ASESOR INSTITUCIONAL

## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	CUADRO DE RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE EDC .....	2
3.	ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA .....	3
3.1.	ACTIVIDADES DE SERVICIO .....	3
3.2.	ACTIVIDADES DE DOCENCIA .....	8
3.3.	ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS.....	9
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	11
5.	ANEXOS.....	11

## 1. INTRODUCCIÓN

La práctica de Experiencia Docente con la Comunidad -EDC integrado- es parte de la formación académica e integral del estudiante de la carrera de Biología y está enfocada en actividades de servicio, docencia e investigación (Alquijay & Enríquez, 2014). El propósito principal del EDC es introducir al estudiante en la práctica de su profesión, es la segunda etapa de un ciclo de integración de conocimientos teóricos adquiridos durante la formación profesional (Alquijay & Enríquez, 2015).

Para una mejor administración y funcionamiento el programa de EDC se desarrolla tutorialmente en tres fases: planificación, ejecución y finalización (Alquijay & Enríquez, 2015). El presente informe tiene como propósito dejar constancia de lo que se realizó durante los primeros seis meses de práctica. En el se indican los objetivos, descripción, resultados obtenidos y las limitaciones y problemas que el estudiante ha encontrado en la ejecución de las actividades de docencia y servicio (Alquijay & Enríquez, 2015).

Previo al inicio de las fases de servicio y docencia, en la unidad de práctica seleccionada, se realizó un total de 80 horas de servicio Pre-establecido, en una colección botánica (Herbario BIGU) y una colección zoológica (Unidad de Investigación para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad –Unidad de Biodiversidad-). Posterior a eso se realizaron actividades de servicio y docencia en la unidad seleccionada, Unidad de Biodiversidad. Esta unidad se encarga de realizar investigación científica que genere datos para el uso y valoración de la biodiversidad, cuenta con una colección entomológica de referencia de organismos de la Superfamilia Apoidea. Algunas actividades relevantes de servicio realizadas son la realización de un listado de plantas nativas para atraer polinizadores, curación y ordenamiento de la colección científica de abejas nativas de Guatemala. Las actividades de docencia relevantes son realizadas son una propuesta de actividades educativas para niños, se asistió al IX Congreso Mesoamericano de abejas nativas y al curso pre-congreso de polinización.

## 2. CUADRO DE RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE EDC

A continuación se muestra un cuadro en donde se visualizan las horas realizadas para servicio, docencia e investigación.

<b>Programa</b>	<b>Actividades</b>	<b>Fecha</b>	<b>Horas Ejecutadas</b>
Servicio/Docencia	Elaboración de Diagnóstico, Plan de trabajo e informes	Enero-Enero	80hrs.
A. Servicio	Montaje de especímenes botánicos	Febrero	2hrs.
	Sellado y cambio de camisa	Febrero	17hrs.
	Colecta y secado de especímenes	Febrero	1hrs.
	Georeferenciación	Febrero	16hrs.
	Inventario de material bibliográfico	Febrero	4hrs.
	Curado de especímenes	Febrero	38hrs.
	Preparación de alfileres	Febrero	2hrs.
	Meliponario experimental	Marzo	4hrs.
	Nidos de abejas solitarias	Abril	5hrs.
	Colección de referencia	Mayo	66hrs.
	Polinizadores del área urbana	Marzo	58hrs.
	Secado de la colección de referencia	Agosto	15hrs.
	Espuma para colecciones entomológicas	Agosto	8hrs.
Total servicio			276hrs.
B. Docencia	Curso de anatomía y taxonomía de abejas	Enero	5hrs.
	Juegos para niños sobre abejas y polinización	Marzo	25hrs.
	IX Congreso Mesoamericano sobre Abejas Nativas	Abril	24hrs.
	Curso pre-congreso: Polinización	Abril	20hrs.

	Conferencia Teoría de grafos aplicada al estudio de la interacción hormiga-planta	Junio	2hrs.
	Curso Interacciones Ecológicas y Análisis de Redes Complejas	Junio	23hrs.
	Participación en el comité de Cultura del IV Congreso de Biología.	Junio- Octubre	30hrs.
Total docencia			169hrs.
C. Investigación	Protocolo de investigación	Junio	20hrs.
	Revisión de bases de datos y planificación de la investigación	Junio- Enero	4hrs.
	Depurar la base de datos y realización de las matrices de trabajo	Junio- Enero	60hrs.
	Análisis de datos	Junio- Enero	60hrs.
	Discusión de resultados	Junio- Enero	40hrs.
	Realización del informe final	Junio- Enero	40hrs.

### 3. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA

#### 3.1. ACTIVIDADES DE SERVICIO

A continuación se enlistan y describen únicamente las actividades de servicio que se realizaron durante la práctica

- **Herbario BIGU**

##### 3.1.1. Actividad No. 1: Montaje de especímenes botánicos

- a. Objetivos: adquirir destrezas en el montaje de especímenes botánicos para su correcto ingreso a la colección del herbario.
- b. Descripción, método o procedimiento: esta actividad consistió en escoger el(los) mejor(es) especímen(es) de diferentes especies colectadas, para posteriormente montarlas con goma en hojas de papel textocote de medidas estandarizadas, luego de pegarlas se colocaban

debajo de un cartón y trozos de madera para que ejercieran presión y los especímenes pegaran bien. En algunos casos se pegaron también sus respectivas etiquetas de identificación en la esquina inferior derecha del papel texcote y se sellaron en la esquina superior derecha. Además al revisar algunos armarios se observaron especímenes despegados por lo que se procedió a montarlas de la misma manera en que se describió anteriormente.

- c. Resultados: montaje de aproximadamente de 10 especímenes botánicos.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron.

#### 3.1.2. Actividad No. 2: Sellado y cambio de camisa de especímenes botánicos

- a. Objetivos: aprender a mantener en buen estado las colecciones botánicas.
- b. Descripción, método o procedimiento: las camisas de los especímenes consisten en pliegos de papel periódico doblados a la mitad, en los cuales se guarda un espécimen por pliego, estos ayudan a protegerlos. Se colocó estas camisas a los especímenes iban a ingresarse a la base de datos. Además se revisó diferentes armarios (6 aproximadamente) y los especímenes que no tuvieran camisas se les colocó una, así como también a los especímenes que tuvieran camisas muy viejas. Si alguno de los especímenes no tenían sello se les colocó en la esquina superior derecha.
- c. Resultados: se cambió o colocó camisas a 250 especímenes aproximadamente, y se sellaron los que no poseían el sello que identifica al Herbario BIGU.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron.

#### 3.1.3. Actividad No. 3: Colecta y secado de especímenes

- a. Objetivos: aprender la forma correcta de coleccionar y preparar especímenes de tallos suculentos.
- b. Descripción, método o procedimiento: utilizando una cortadora extensible (guacamaya) se cortaron dos fragmentos de tallo en floración de una *Euphorbia* sp., para que los especímenes no se lastimaran, antes de cortarlos, se colocó un costal debajo de ellos. Al obtener los especímenes se procedió a realizar cortes longitudinales en cada uno, de manera que pudieran secarse más fácilmente, con estos cortes se logró obtener cuatro muestras en total. Cada muestra se colocó dentro de periódico y estos se colocaron entre cartones, que a su vez se colocaron dentro de prensas de secado, se amarraron bien y se colocaron dentro de las secadoras.
- c. Resultados: colecta de dos especímenes y la preparación de los mismos para colocarlos en las secadoras del Herbario BIGU.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron

#### 3.1.4. Actividad No. 4: Georreferenciación de especímenes botánicos

- a. Objetivos: aprender a georreferenciar especímenes, utilizando únicamente una localidad aproximada.

- b. Descripción, método o procedimiento: en esta actividad se buscó en los armarios especímenes que no tuvieran coordenadas, utilizando el programa Google earth se buscaron las localidades de las etiquetas, si están no daban una localidad específica únicamente se colocaban las coordenadas en grados y minutos, por el contrario si la localidad si era específica se colocaban las coordenadas en grados, minutos y segundo. Además si alguna etiqueta tenía coordenadas UTM se convirtieron a grados, minutos y segundos. Al finalizar las plantas se colocaron en cajas para que posteriormente se actualizara la base de datos.
- c. Resultados: se georreferenciaron 60 especímenes aproximadamente.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: en el Herbario BIGU no se cuenta con señal de internet por lo que en algunos casos era difícil realizar la actividad.

#### 3.1.5. Actividad No. 5: Inventario de material bibliográfico (guías, literatura, manuales, etc.)

- a. Objetivos: realizar un inventario del material bibliográfico presente en la sección de plantas no vasculares, hongos, líquenes y algas.
- b. Descripción, método o procedimiento: utilizando las computadoras de la sección de plantas no vasculares, hongos, líquenes y algas se realizó un inventario, el cual contenía las siguientes columnas: nombre de libro, autor, año, número de copias, si es copia o un libro original, tipo de libro (guía de identificación, manual, literatura, etc.), y número de código en caso de tenerlo. Los libros ingresados al inventario se almacenaron en cajas correctamente identificadas.
- c. Resultados: se realizó un inventario bibliográfico y se ingresaron 70 libros aproximadamente.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron.

#### • **Unidad de Investigación para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad**

#### 3.1.6. Actividad No. 6: Curado de especímenes

- a. Objetivos: curar y ordenar diferentes grupos de especímenes de la colección referencia de la Superfamilia Apoidea.
- b. Descripción, método o procedimiento: se observaron los especímenes, uno por uno, utilizando una lupa, si se observaban estructuras que podrían ser hongos se les agregaba un poco de alcohol utilizando un pincel. Si durante este proceso a algún espécimen se le caía alguna estructura (patas, antenas, alas, etc.) se debían de pegar con goma, para esto se colocaba el espécimen en un cuadro de espuma para mantenerlo quieto y se le pegaba la estructura. Al terminar de curar cada caja de espécimen se rotulaba fuera de ella la fecha y que ya estaba curado.
- c. Resultados: se curaron cajas de especímenes de la colección de abejas.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron.

#### 3.1.7. Actividad No. 7: Preparación de alfileres entomológicos

- a. Objetivos: ordenar alfileres entomológicos para su posterior uso.
- b. Descripción, método o procedimiento: los alfileres se encontraban desordenados en un recipiente, algunos se encontraban sucios (con

restos de insectos) por lo que se separaron, se limpiaron y se colocaron en orden dentro de frascos pequeños.

- c. Resultados: se llenaron siete frascos con alfileres.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron.

#### 3.1.8. Actividad No. 8: Meliponario experimental

- a. Objetivo: Restaurar el meliponario experimental del Jardín Botánico.
- b. Descripción: Se sacó todo el material y equipo que se guardaba en las instalaciones del meliponario para poder limpiar bien el área. Además se revisó todo el material y se ordenó en cajas plásticas o bolsas. Dentro del meliponario se encontraron cajas de madera para nidos de colmenas de abejas que se limpiaron también. Cuando el área estaba limpia y el material guardado en contenedores se procedió a guardarlo nuevamente en el meliponario. Durante la limpieza del meliponario se encontró material que podía ser usado en la crianza de abejas por lo que hizo un listado de los mismos.
- c. Resultados: Se limpió y ordenó el meliponario, además se realizó un listado del material que se encontraba dentro.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: No se presentaron.

#### 3.1.9. Actividad No. 9: Nidos de abejas solitarias

- a. Objetivos: adquirir conocimientos prácticos y teóricos sobre la crianza y ecología de las abejas solitarias nativas de Guatemala, al mismo tiempo que se utilice esta información para educación ambiental.
- b. Descripción, método o procedimiento: se revisó bibliografía sobre la ecología de las abejas solitarias de Guatemala y se buscó diseños de nidos de estas abejas.
- c. Resultados: recabar información sobre los nidos de las abejas solitarias.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se poseían conocimientos sobre la realización de nidos para abejas solitarias.

#### 3.1.10. Actividad No. 10: Colección científica de referencia de abejas nativas de Guatemala de la Unidad de Biodiversidad.

- a. Objetivo: Ordenar la colección científica de referencia de abejas nativas de Guatemala de la Unidad de Biodiversidad.
- b. Descripción: Los especímenes de abejas se secaron durante tres días, al cabo de los cuales eran almacenados en cajones de madera y se identificaban con una marca de color rojo. Luego de secarlos se procedió primero a ordenar la colección hasta familia, luego de esto se ordenó cada familia hasta género o especie de ser posible, las cajas se rotularon con el género o especie que contenían. Cuando los cajones se llenaban de especímenes se identificaban con una marca de color azul. Los especímenes de abejas que no estaban identificados, que les faltaban datos de colecta o con insectos de otros órdenes se guardaron

en cajas de madera separadas. Además durante este tiempo el Dr. Ricardo Ayala, quien es taxónomo de la Universidad Autónoma de México, reviso los especímenes de abejas que no estaban identificados y los identificó hasta género o especie, por lo que fue posible ordenar más abejas. Cuando se terminó de curar y ordenar la colección de abejas se procedió a armar cajas de cartón de diferentes tamaños para almacenar las abejas, además se cortó espuma y se pegó al fondo de la caja con resistol.

- c. Resultados: Se curó y ordenó hasta nivel de familia, género y/o especie todos los especímenes de abejas de la colección científica de referencia. Así también se ayudó con el etiquetado de algunas abejas y se armaron cajas de cartón para que se pudieran almacenar más abejas.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: muchos especímenes de abejas no estaban identificados o no contaban con todos los datos de etiquetas por lo que no fue posible ordenarlos a todos.

#### 3.1.11. Actividad No. 11: Jardines para polinizadores del área urbana

- a. Objetivo: Realizar una propuesta para la construcción jardines para polinizadores del área urbana en el jardín botánico de CECON
- b. Descripción: Se realizó una búsqueda en literatura y bases de datos sobre las plantas nutricias de distintos grupos de polinizadores, con estos se realizó un listado de plantas que le brindan polen y néctar a dichos polinizadores, incluyendo nombres comunes, nombre científico, fenología, requerimientos, usos, tipo de visitante floral, forma y color de las flores, etc. Posteriormente se realizó una búsqueda de polinizadores en el área urbana. Para obtener esta información esto se platicó con personal del Jardín Botánico, del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON) y estudiantes de la Escuela de Biología, quienes brindaron listados o bases de datos de polinizadores de plantas nativas del área urbana de Guatemala.
- c. Resultados: Se obtuvo un listado de plantas nutricias de diferentes grupos de polinizadores. Así también se obtuvieron los siguientes listados de polinizadores: 1) listado de avistamiento de colibríes reportados para distintos lados en la ciudad de Guatemala que fue proporcionado por Michele Bustamante, 2) base de datos de polinizadores del Jardín Botánico que fue proporcionado por Licda. Carolina Rosales, y 3) una base de datos de murciélagos polinizadores proporcionado por Br. Lourdes Nuñez.
- d. Limitaciones o dificultades presentadas: No se han podido hablar con la persona que brindará el listado de mariposas polinizadoras en la ciudad.

### 3.2. ACTIVIDADES DE DOCENCIA

A continuación se enlistan y describen únicamente las actividades de docencia que se realizaron durante la práctica.

- 3.2.1. Actividad No.1.: Curso sobre anatomía y taxonomía de abejas.
  - a. Objetivos: conocer la anatomía externa de las abejas, así como las características principales utilizadas para su identificación taxonómica, y aprender a usar claves para su identificación.
  - b. Descripción método o procedimiento: se recibió un curso impartido por Jorge Mérida del Colegio de la Frontera de México, ECOSUR, sobre la anatomía externa, identificación y taxonomía de abejas, tuvo una duración de 5 horas repartidas en dos días. Se observaron diferentes especímenes de abejas de diferentes géneros los cuales se compararon entre sí y con esquemas, se identificaron sus características más relevantes. Además, se utilizaron claves taxonómicas para identificar diferentes familias de abejas.
  - c. Resultados: se asistió a dos clases, una de 2 horas y otra de 3 horas, logrando así adquirir algunos conocimientos sobre la anatomía y la taxonomía de las abejas.
  - d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se poseían conocimientos sobre anatomía y taxonomía de abejas.
  
- 3.2.2. Actividad No. 2.: Juegos para niños sobre abejas y polinización
  - a. Objetivos: realizar una propuesta de actividades educativas e interactivas para niños, sobre temas de polinización por abejas, diversidad de las abejas, productos de las colmenas de abejas sociales.
  - b. Descripción método o procedimiento: se realizó una búsqueda en internet sobre actividades educativas para niños por medio de juegos y métodos interactivos. Las actividades encontradas se enlistaron y adaptaron a temas relacionados con la polinización, diversidad de abejas y productos de las abejas, de manera que los niños puedan adquirir ese conocimiento de una forma más entretenida y fácil. Además de la búsqueda en internet, se tomaron ideas del espacio educativo Chanul Pom, realizado en el IX Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas.
  - c. Resultados: se ha realizado una propuesta de actividades educativas e interactivas sobre polinizadores, en donde se proponen 10 actividades.
  - d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron.
  
- 3.2.3. Actividad No. 3.: IX Congreso Mesoamericano sobre Abejas Nativas
  - a. Objetivos: adquirir conocimientos sobre las abejas nativas, con énfasis en los abejorros y las abejas sin aguijón, así como su manejo, propagación y su papel en la polinización.
  - b. Descripción método o procedimiento: se asistió al IX Congreso Mesoamericano sobre Abejas Nativas del 23 al 25 de abril del 2015 en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. En este congreso se recibieron ponencias con temas relacionados a abejorros, meliponicultura, cultivo tradicional, manejo tecnificado, productos,

- educación, biodiversidad, polinización, comportamiento, genética, patología e historia de las abejas nativas.
- c. Resultados: asistir al IX Congreso Mesoamericano sobre Abejas Nativas.
  - d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron.

### **3.3. ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS**

A continuación se enlistan y describen únicamente las actividades no planificadas que se realizaron durante la práctica.

- 3.3.1. Actividad No. 1: Secado de la colección entomológica de referencia
  - a. Objetivos: secar la colección entomológica de la Unidad de Biodiversidad que debido a las lluvias se había mojado.
  - b. Descripción método o procedimiento: se sacaron a secar bajo el sol algunas cajas con especímenes de la colección entomológica, además se sacaron a secar también rollos de espuma, bolsas plásticas, etc. Se revisaron todas las cajas que ya se habían secado para buscar si alguna aún se encontraba húmeda, de ser así se sacó a las cajas bajo el sol. Cuando las cajas estaban secar se agregaba.
  - c. Resultados: secado de las cajas de la colección de referencia.
  - d. Limitaciones o dificultades: no se presentaron.
  
- 3.3.2. Actividad No. 2: Preparar espuma de colección entomológica
  - a. Objetivos: cortar un rollo de espuma en tamaños más pequeños para almacenarlo más fácilmente.
  - b. Descripción método o procedimiento: un rollo de espuma se extendía poco a poco sobre una mesa, la sección que quedaba extendida se cortaba en la mitad, de manera que se obtuvieran planchas de espuma con una mitad y con la otra mitad se hacían rollos de espuma más pequeños. Al finalizar las planchas se apilaron y los rollos se enrollaron y se les puso tape en un extremo para que no se desenrollaran.
  - c. Resultados: se obtuvieron planchas de espuma y rollos más pequeños que el original.
  - d. Limitaciones o dificultades: no se presentaron.
  
- 3.3.3. Actividad No. 3.: Curso pre-congreso: Polinización
  - a. Objetivos: adquirir nuevos conocimientos sobre teoría, práctica y aplicaciones de la polinización
  - b. Descripción método o procedimiento: se asistió curso pre-congreso sobre polinización, impartido por el Doctor Carlos Vergara, del 20 al 22 de abril del 2015 en la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. En este curso se recibieron clases teóricas sobre morfología floral, atrayentes florales, organismos polinizadores (con mayor énfasis en insectos) y sobre polinización. Se recibieron dos prácticas: una sobre germinación de polen y la otra sobre preparación de polen en gelatina con fucsina. Además se revisaron diferentes investigaciones publicadas sobre temas de polinización con abejas. El horario del curso fue de 9:00 a 18:00 horas por tres días (con horarios de receso y almuerzo), por lo que se recibieron un total de 20 horas.

- c. Resultados parciales: asistir al curso pre-congreso sobre polinización.
  - d. Limitaciones o dificultades presentadas: no se encontraron.
- 3.3.4. Actividad No. 4: Conferencia Teoría de grafos aplicada al estudio de la interacción hormiga-planta
- a. Objetivos: comprender de qué manera la teoría de grafos se utiliza para estudios interacciones en el área de la biología.
  - b. Descripción método o procedimiento: se asistió a una conferencia el viernes 12 de junio, de 11:30 a 13:30, impartida por el Dr. Wesley Dátilo, quién dio una introducción sobre generalidades de la teoría de grafos en la biología y posteriormente habló sobre su trabajo en las interacciones hormiga-planta.
  - c. Resultados: se asistió a dos horas de conferencia sobre la teoría de grafos aplicada a las interacciones hormiga-planta.
  - d. Limitaciones o dificultades: no se encontraron.
- 3.3.5. Actividad No. 5: Curso Interacciones Ecológicas y Análisis de Redes Complejas
- a. Objetivos: aprender como el análisis de redes complejas nos ayuda a entender las interacciones entre organismos.
  - b. Descripción método o procedimiento: se asistió a un curso la semana del 8 al 12 de junio, de 8:00 a 13:00, impartido por el Dr. Wesley Dátilo dentro del Convenio UNAM-USAC del Posgrado en Ciencias Biológica en la Ciudad Universitaria, el curso fue impartido de manera que la mitad aproximadamente fuera teórico y la otra mitad una parte práctica.
  - c. Resultados: se asistió a 23 horas al curso denominado interacciones ecológicas y análisis de redes complejas.
  - d. Limitaciones o dificultades: no se encontraron.
- 3.3.6. Actividad No. 6: Comisión de Cultura del IV Congreso Nacional de Biología
- a. Objetivos: apoyar en la planificación de actividades de cultura en el IV Congreso Nacional de Biología.
  - b. Descripción método o procedimiento: se asistieron a diferentes reuniones con los integrantes de las comisiones para la planificación del IV Congreso Nacional de Biología (5 reuniones aproximadamente), además de reuniones entre los integrantes de la comisión de cultura (2 reuniones aproximadamente) para planificar y comentar avances. Se realizaron llamadas a diferentes organizaciones para que apoyaran en diferentes actividades como por ejemplo: estudiantinas, marimba, Ballet folklórico, etc.
  - c. Resultados: contacto con las organizaciones que participaran en las actividades de cultura del IV Congreso Nacional de Biología.
  - d. Limitaciones o dificultades: la falta de recurso económico dificultó contratar a muchas organizaciones.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alquijay, B. & Enríquez, E. (2014). Programa analítico, práctica preliminar de EDC. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala

Alquijay B. & Enríquez, E. (2015). Programa analítico, práctica experiencias docentes con la comunidad –EDC-. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala

#### 5. ANEXOS

Anexo No. 1. Colecta de especímenes botánicos



Anexo No. 2. Montaje de especímenes botánicos



Anexo No. 3. Curado de especímenes de la colección de abejas de la Unidad de Biodiversidad



Anexo No. 4. Meliponario experimental de la Unidad de Biodiversidad



Anexo No. 5. Proceso de ordenar la colección de referencia de la Unidad de Biodiversidad



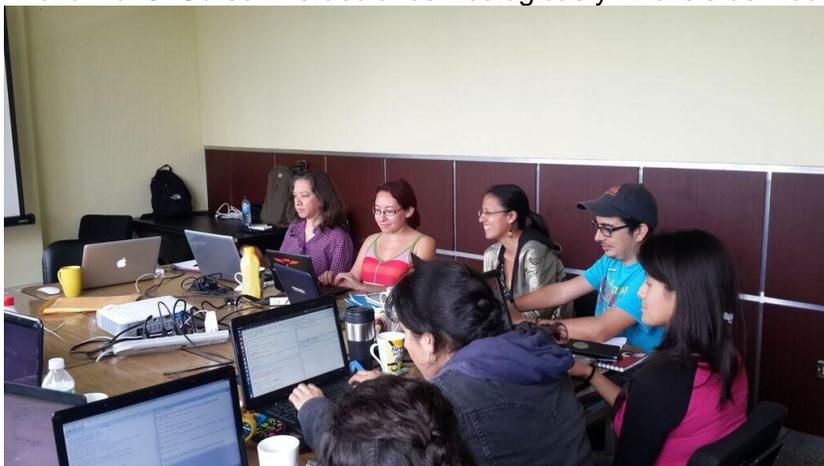
Anexo No. 6. IX Congreso Mesoamericano sobre abejas nativas



Anexo No. 7. Curso pre-congreso: Polinización



Anexo No. 8. Curso Interacciones Ecológicas y Análisis de Redes Complejas



Anexo No. 9. Conferencia Teoría de grafos aplicada al estudio de la interacción hormiga-planta



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

INFORME FINAL INTEGRADO DE INVESTIGACIÓN  
COMPARACIÓN DE REDES DE INTERACCIÓN ENTRE POTENCIALES  
POLINIZADORES Y PLANTAS EN CUATRO TIPOS DE COBERTURA DEL PARQUE  
NACIONAL LAGUNA LACHÚA –PNLL- Y SU ZONA DE INFLUENCIA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN PARA EL CONOCIMIENTO USO Y VALORACIÓN DE LA  
BIODIVERSIDAD  
PERIODO DE REALIZACIÓN  
ENERO 2015 – ENERO 2016

Valeska Jimena Contreras Paz  
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: Licda. Eunice Enríquez  
ASESOR DE INVESTIGACIÓN: Licda. Eunice Enríquez

Vo.Bo. ASESOR DE INVESTIGACIÓN

## INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
METODOLOGÍA.....	3
RESULTADOS.....	5
DISCUSIÓN.....	8
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	9

## **Resumen**

Las redes complejas de interacción son una herramienta para afrontar la complejidad de interacciones de la naturaleza. Las interacciones de mutualismo planta-animal han modelado la biodiversidad terrestre, pues constituyen la base para el funcionamiento de los ecosistemas. De las interacciones mutualistas, la polinización es la más estudiada, por ser un servicio ecosistémico esencial para la humanidad. A pesar de su importancia los esfuerzos por conservar estas interacciones son muy recientes. En este estudio se caracterizaron 4 redes de interacción entre potenciales polinizadores y plantas en cuatro tipos de cobertura del PNLL y su zona de influencias. Las cuatro redes analizadas muestran un patrón anidado, similar al reportado para otras redes mutualistas, por otro lado los se obtuvieron resultados de modularidad pero no fueron significativos. Se encontró que las abejas de la tribu Meliponini formaron el núcleo generalista, y por lo tanto son especies importantes para el mantenimiento de las interacciones. Este patrón promueve la coexistencia de las especies, teniendo por lo tanto importantes implicaciones para el funcionamiento y conservación de los ecosistemas.

Palabras clave: redes de interacción, polinización, anidado, conservación.

## **Abstract**

The complex interaction networks are a tool to address the complexity of interactions of nature. Interactions plant-animal mutualistic have shaped the Earth's biodiversity, they constitute the basis for the functioning of ecosystems. Of mutualistic interactions, pollination is the most studied because it is an essential ecosystem service for humanity. Despite the importance of interactions pollination efforts to conserve these interactions are very recent. In this study four networks of potential interaction between pollinators and plants in four types of coverage PNLL and its area of influence were analyzed. The four networks analyzed show a nested pattern, similar to that reported for other mutual networks, moreover modularity results were obtained but were not significant. It was found that bees Meliponini tribe formed the core generalist, and therefore are important for maintaining species interactions. This pattern promotes the coexistence of species, thus having important implications for the operation and maintenance of ecosystems.

Keywords: interaction networks, pollination, nested, conservation.

## Introducción

En una comunidad, las especies de plantas y animales se relacionan de diferentes modos, dando lugar a redes complejas de interacciones (Jordano, 1987). El estudio de las redes complejas de interacción proporciona herramientas analíticas y conceptuales para afrontar la complejidad de interacciones que se pueden observar y registrar en la naturaleza (Jordano, Vazquez & Bascompte, 2009). Las interacciones de mutualismo planta-animal han modelado la biodiversidad terrestre (Ehrlich & Raven, 1964; Lara-Rodríguez, Díaz-Valenzuela, Martínez-García, Mauricio-López, Anaid-Díaz, Valle, Fisher-de León, Lara & Ortiz-Pulido, 2012). Así mismo constituyen la base para el funcionamiento de muchos ecosistemas, dado que de ellas depende gran parte de la reproducción y reclutamiento exitoso de muchas especies de plantas (Jordano, Vázquez & Bascompte, 2009). Además, gran número de especies animales dependen estrechamente de los recursos que las plantas proveen alrededor de sus estructuras reproductivas (Waser & Ollerton 2006). Por lo tanto, estas interacciones juegan un papel importante en la conservación de la biodiversidad, la funcionalidad de las comunidades naturales y, en forma más directa, en nuestro sustento cotidiano mediando la productividad en la agricultura (Medel, Aizen, & Zamora, 2009).

Las interacciones pueden existir como diferentes modelos. En redes mutualistas el modelo más estudiado y representado es el anidamiento. El anidamiento implica dos propiedades: 1) una matriz anidada es altamente cohesiva, porque las plantas generalistas y animales generalistas interactúan entre sí, creando un núcleo en el que un pequeño conjunto de especies lleva la mayor parte de las interacciones y 2) estas matrices incluyen interacciones asimétricas en el sentido de que las especies especialistas tienden a interactuar con las especies más generalistas (Bascompte & Jordano, 2006). Este patrón anidado se opone a la visión modular de las redes tróficas, pues el primero parece ser un modelo más robusto (Bascompte & Jordano, 2006). Sin embargo, esto no significa que la modularidad no se pueda encontrar en redes mutualistas (Dicks, Corbet & Pywell, 2002). La modularidad se refiere a redes que se componen de grupos de especies o módulos, que interactúan significativamente más entre sí que con especies de otros grupos (Olesen, Bascompte, Dupont, & Jordano, 2007). Debido a la existencia de limitaciones morfológicas y fisiológicas, las interacciones planta-polinizador también deben estar limitadas (Corbet, Saville, Prys-Jones & Unwin, 1995; Corbet, 1997) en los llamados síndromes de polinización (Faegri & Pijl, 1979). Lo anterior hace posible encontrar compartimentación en redes de interacciones entre especies de plantas y polinizadores (Corbet, 2000). Es indispensable tomar en cuenta que los modelos anidados o modulares dentro de una red de interacciones tienen importantes implicaciones para la conservación.

De las interacciones mutualistas el proceso de polinización es el más estudiado, probablemente por ser un servicio ecosistémico esencial para la humanidad (Constanza, Arge, Groot, Farber & Grasso, 1997). A pesar de la importancia de la polinización como un servicio crítico para los ecosistemas, los esfuerzos por conservar estas interacciones son muy recientes (Kearns, Inouye & Waser, 1998). Las principales causas de la pérdida de muchas interacciones de polinización son actividades de origen antrópico, entre las que se incluyen la destrucción y fragmentación de hábitat, prácticas agrícolas modernas, uso de productos químicos (pesticidas y herbicidas) e introducción de especies exóticas (Corbet, 2000; Kearns, Inouye & Waser, 1998; Medel, Aizen, & Zamora, 2009). Debido a que las interacciones entre polinizadores y plantas no ocurren como pares, el fortalecimiento, debilitamiento o desaparición de una interacción producirá efectos en toda

la red a través del efecto de cada una de las interacciones que lo componen (Santamaría & Méndez, 2013). La evaluación de la importancia de las interacciones planta-animal en la dinámica de las poblaciones y comunidades y el estudio de los efectos de las distintas actividades humanas sobre estas interacciones han constituido temas centrales de investigación en el área de la ecología en las últimas dos décadas (Medel, Aizen, & Zamora, 2009).

En ecosistemas de selvas tropicales, los cambios en el paisaje ocurren en paralelo con la ocupación humana, principalmente debido a la transformación de los ecosistemas naturales a áreas de cultivo (Ramankutty & Foley, 1998), aumentando así la fragmentación del paisaje. A pesar de esto el conocimiento sobre el efecto de la fragmentación en los ensamblajes de polinizadores invertebrados, ya que estos varían tanto en el tiempo como en el espacio, es escaso (Aizen & Feisinger, 2003). Los ecosistemas tropicales dependen tan fuertemente de interacciones como la polinización que colapsarían en su ausencia, porque la reproducción de las plantas cesaría (Thompson, 2006). En este contexto, esta investigación tiene por objetivo caracterizar la estructura de redes de interacción entre potenciales polinizadores y plantas en cuatro tipos de cobertura vegetal (plantación de maíz, guamil, bosque con cardamomo y bosque no intervenido) en el Parque Nacional Laguna Lachuá -PNLL- y su zona de influencia, en época seca y época lluviosa, con el fin de analizar y comparar su estructura, así como identificar especies importantes en estas comunidades. Los datos se obtuvieron de un trabajo realizado anteriormente sobre diversidad de potenciales polinizadores en el PNLL y su zona de influencia, en donde se poseen registros de interacciones entre insectos y plantas (Enríquez, 2007). Los datos se tomaron de tres localidades: San Luis, Tzetoc y Pataté Icbolay, a lo largo de un año.

## **Metodología**

### **• Sitio de estudio**

El Parque Nacional Laguna Lachuá -PNLL- y su zona de influencia se encuentran ubicados en el municipio de Cobán departamento de Alta Verapaz, Guatemala, localizado entre los ríos Chixoy e Icbolay (límites norte, oeste y este) y las montañas de la Sultana (límite sur) (Ficha Ramsar, 2004). Se encuentra dentro de las coordenadas 15°46'54", 15°49'16", 15°59'11", 15°57'19" latitud norte y 90°45'14", 90°34'48", 90°29'56", 90°45'26" longitud oeste (Quezada, 2005). El PNLL es un remanente de selva, que comprende 14,500 hectáreas (CONAP, UICN, Embajada de los Países Bajos, INAB, 2003), su zona de influencia es de aproximadamente 27,500 hectáreas. En la zona de influencia habitan 44 comunidades, la mayoría de origen Q'eqchi', 19 de ellas directamente colindantes (CONAP, UICN, Embajada de los Países Bajos, INAB, 2003).

Corresponde a las tierras bajas del Norte de Guatemala cuya región fisiográfica pertenece al cinturón plegado del Lacandón caracterizado por ser una región Kárstica con orígenes en el Cretácico superior (Ficha Ramsar, 2004). La región es parte de cinturón de selva lluviosa verdadera, que Miranda (1978) define como selvas altas y media perennifolias, condición que gradualmente varía hacia el Noreste (Ficha Ramsar, 2004).

El área contiene una variedad de humedales que incluyen ecosistemas acuáticos y planicies inundables (Ficha Ramsar, 2004). Los datos promedios anuales de precipitación son de 3,300 mm, 91.2% de humedad relativa y 25.3°C de temperatura (Ficha Ramsar, 2004). La época de lluvias se extiende todo el año, siendo los meses de mayor

precipitación de junio a octubre y únicamente cuatro meses de relativa baja precipitación que van de febrero a mayo (CONAP, UICN, Embajada de los Países Bajos, INAB, 2003).

La pérdida de cobertura arbórea en la zona de amortiguamiento del PNLL ha aumentado desde 1954 (Monzón, 1999). Un análisis general fuera de los límites del parque muestra que al Norte, la cobertura boscosa está muy fragmentada, permaneciendo únicamente remanentes aislados a causa del desarrollo de cultivos anuales y la ganadería extensiva, el bosque con menor fragmentación se encuentra en la parte Sur fuera del PNLL, extendiéndose de Este a Oeste (Ficha Ramsar, 2004).

- **Diseño de toma de datos**

Los datos se obtuvieron de una base de datos de interacciones de la investigación: Diversidad de Potenciales Polinizadores del Grupo de los insectos en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su Zona de Influencia a lo Largo de un Año (Enríquez, 2007). Se utilizaron los datos de interacciones entre plantas y potenciales polinizadores registrados en tres tipos de cobertura vegetal: guamil, bosque con cardamomo y bosque no intervenido. Los sitios se encontraban en las comunidades de San Luis, Pataté Icbolay y Tzetoc, en cada comunidad se eligieron 2 puntos de muestreo por cada tipo de cobertura. En cada cobertura se realizaron colectas en plantas en floración el estrato bajo (0 a 3 m de altura), distribuidas en dos transeptos de 3 \* 200 m en el período de 9 a 17 horas, en época seca y época lluviosa.

- **Análisis de datos**

Con los datos obtenidos del informe final: Diversidad de Potenciales Polinizadores del Grupo de los insectos en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su Zona de Influencia a lo Largo de un Año, se elaboraron matrices de adyacencia P x A, con las plantas en las filas (P) y los potenciales polinizadores en las columnas (A). Las celdas de la matriz se llenaron con el número de interacciones registradas entre potenciales polinizadores y plantas (Bezerra, Machado & Mello, 2009). Esta matriz se graficó con el paquete bipartite del programa R para obtener la red de interacciones (Dormann, Fruend & Gruber, 2014).

Se determinó el anidamiento de las redes, utilizando el programa ANINHADO (Guimaraes & Guimaraes, 2006), para esto se transformaron los datos de la matriz en datos binarios (presencia/ausencia de interacción) y se calculó el grado de anidamiento utilizando la métrica NODF (Almeida-Neto, Guimaraes, Guimaraes, Loyola, & Ulrich, 2008). Para evaluar la importancia de anidamiento se debe comparar el valor observado con un punto de referencia proporcionado por un modelo nulo (Bascompte, Jordano, Melián & Olesen, 2003). Para saber si los valores de anidamiento obtenidos son más altos de lo esperado por patrones al azar, en las interacciones se utilizaron las comparaciones que genera ANINHADO entre el grado de anidamiento observado de cada red contra 1000 réplicas generadas por un modelo nulo (Lara-Rodríguez, Díaz-Valenzuela, Martínez-García, Mauricio-López, Anaid-Díaz, Valle, Fisher-de León, Lara, & Ortiz-Pulido, 2012). Se eligió el modelo nulo CE o modelo nulo 2 (Bascompte, Jordano, Melián & Olesen, 2003), el cual acepta que la probabilidad de que una planta interactúe con un animal depende del número observado de las interacciones para ambas especies.

También se determinó la modularidad en las redes, utilizando el programa MODULAR (Marquitti, Guimaraes, Pires & Bittencourt, 2013). Una red modular implica que existen especies que interactúan fuertemente dentro de un compartimiento, con pocas interacciones entre los compartimientos (Bascompte & Jordano, 2006). La métrica utilizada en este estudio fue newman. Además se escoció el algoritmo de recocido o

enfriamiento simulado (*Simulated annealing*), considerado un método preciso para detectar módulos en redes bipartitas (Sawardecker et al. 2009).

Se calculará también la densidad de la red o conectancia de cada red (C), que es el porcentaje de interacciones observadas con respecto a todas las posibles (Jordano, 1987; Olesen & Jordano, 2002). La conectancia constituye una medida de generalización de la red y se utiliza para efectuar comparaciones con los valores reportados para otras redes (Lara-Rodríguez, Díaz-Valenzuela, Martínez-García, Mauricio-López, Anaid-Díaz, Valle, Fisher-de León, Lara, & Ortiz-Pulido, 2012).

## Resultados

La red de interacción entre potenciales polinizadores y plantas en el bosque está compuesta por 47 especies, siendo este tipo de cobertura el que presenta la red más pequeña (bosque con cardamomo=105, guamil=177, cultivo de maíz=240). En todas las redes el número de potenciales polinizadores fue considerablemente mayor al número de plantas (Cuadro 1). En todas las redes la conectancia fue baja, no mayor a 0.15, y la asimetría alta, siendo mayor en el cultivo de maíz (0.71) (Cuadro 1).

Las cuatro redes presentan en el arreglo de sus interacciones un patrón anidado (N), siendo significativa solo para tres tipos de cobertura (bosque con cardamomo, guamil y cultivo de maíz:  $p < 0.001$ ). Los valores de anidamiento fueron: bosque N = 12.83 y NODF = 10.35; bosque con cardamomo N = 11.25 y NODF = 5.8; guamil N = 9.10 y NODF = 4.68; cultivo de maíz N = 21.37 y NODF = 7.18. Además del patrón anidado las redes presentaron un patrón modular, sin embargo estos resultados no fueron significativos (Cuadro 1).

Las cuatro redes mutualistas tuvieron un mayor número de especies animales del orden Hymenoptera, con menos especies de los órdenes Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Homoptera, Orthoptera, Dermaptera, Odonata. Del orden Hymenoptera, más de la mitad de especies pertenecen a la familia Apidae, en donde el mayor número de interacciones observadas son de abejas de la tribu Meliponini (*Melipona solani*, *Trigona fulviventris*, *Plebeia jatiformis*, *Trigona corvina*, *Partamona bilineata*, *Trigona fuscipennis*) (Figura 1). A diferencia de los potenciales polinizadores, las plantas que presentaban el mayor número de interacciones en las cuatro redes variaba, sin embargo, tanto para guamil como para cultivo de maíz la especie con mayor número de interacciones fue del género *Bidens*.

**Cuadro 1. Características de cuatro redes de interacción entre potenciales polinizadores y plantas localizadas en cuatro tipos de cobertura en el PNLL\* y su zona de influencia.**

	Bosque	Bosque con cardamomo	Guamil	Cultivo de maíz
<b>Potenciales polinizadores</b>	39	81	139	205
<b>Plantas</b>	8	24	38	35
<b>Tamaño de la red</b>	47	105	177	240
<b>Conectancia</b>	0.15	0.06	0.05	0.06
<b>Asimetría de la red</b>	0.66	0.54	0.57	0.71
<b>Anidamiento</b>	12.83	11.25	9.10	21.37
<b>Número de compartimientos</b>	8	14	11	9
<b>Modularidad</b>	0.63	0.67	0.61	0.50

\* PNLL, Parque Nacional Laguna Lachua.





## Discusión

La mayor parte de los potenciales polinizadores que conformaron las cuatro redes de interacción pertenecen al orden Hymenoptera, dentro de ellos los de mayor interacciones fueron las abejas, existen estudios que demuestran que el 90% de la polinización por animales en plantas es entomófila, y dentro de los insectos son las abejas las que mayor participación tienen en el proceso de la polinización (Allen-Wardell, et al., 1998; Kearns, Inouye & Waser, 1998). Las abejas de la tribu Meliponini conformaron el núcleo generalista en las cuatro redes de interacción, esto probablemente se debe a que su diversidad en el PNLL es alta (Enríquez, 2007). Por lo tanto las especies de esta tribu son probablemente las más relevantes en el mantenimiento de la estabilidad de estas interacciones, pues si estas se extinguieran el proceso de polinización se afectaría (Lara-Rodríguez, et al., 2012).

Se sabe que a mayor número de interacciones registradas, la conectancia en las redes disminuye exponencialmente (Jordano, 1987), todas las redes tuvieron valores bajos de conectancia, lo cual se esperaba pues es un patrón general en redes ecológicas de interacción (Dunne, Williams, & Martínez, 2002). La baja conectancia en las redes de interacción se le puede atribuir a la presencia de especies de plantas y polinizadores con nichos muy amplios (Olesen & Jordano, 2002). Además las cuatro redes de interacción son asimétricas, esta es una propiedad que confiere estabilidad a las redes de interacción planta-animal, pues permite que un gran número de especies coexistan porque brinda mayor robustez ante perturbaciones (Olesen & Jordano, 2002). Por lo tanto la asimetría en las redes tiene un rol fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad (Jordano et al., 2006). Algunas causas de la asimetría están relacionadas con atributos ecológicos de las especies como su abundancia en el hábitat, desacoplamiento morfológico y fenológico, etc. (Vázquez, Melián, Williams, Bluthgen, Krasnow & Poulin, 2007).

Se encontró que las redes de interacción no respondían a un patrón modular, sino a uno anidado. El patrón anidado encontrado en las cuatro redes de interacción indica que las especies generalistas interactúan entre sí y con las especialistas, pero muy pocas especialistas interactúan con otras especialistas (Jordano, Vazquez & Bascompte, 2009; Lara-Rodríguez, et al. 2012), este último es el caso de la interacción entre *Nannotrigona perilampoides* y *Clidemia* sp. en la red de interacciones del bosque. Las interacciones entre especialistas no contribuyen al patrón de anidamiento (Lara-Rodríguez, et al. 2012). La razón por la que en el bosque no se encontró un patrón de anidamiento significativo puede ser porque es una red de tamaño pequeño por lo que el muestreo realizado probablemente no fue suficiente para registrar las interacciones presentes. Se ha reportado que es difícil detectar especies, y por lo tanto interacciones, en el bosque si no se toman en cuenta las especies que se encuentran en el dosel (Liow, Sodhi & Elmqvist, 2001), debido a que la metodología utilizada para la toma de datos no toma en cuenta el dosel las interacciones detectadas no son representativas. Hay estudios que demuestran que el patrón anidado es directamente proporcional al tamaño de la red y por tanto si una red es pequeña la probabilidad de detectar el patrón anidado disminuye considerablemente (Guimaraes & Guimaraes, 2006).

Los patrones anidados en redes mutualistas, como la polinización, son ampliamente reportados (Bascompte, Jordano, Melián, & Olesen, 2003), y se considera que mantienen la biodiversidad y la coexistencia de las especies en las comunidades (Lara-Rodríguez, et al. 2012). Las redes anidadas son consideradas más robustas, pues en el caso de extinciones al azar las redes serán más estables (Bascompte & Jordano, 2006). Además

se piensa que el anidamiento es una estrategia evolutivamente estable en los mutualismos porque los especialistas, que son especies más vulnerables, están vinculados a un fuerte núcleo de especies generalistas (Bascompte, Jordano & Olesen, 2006). Es importante realizar más estudios sobre el tema, pues el uso de redes de interacción para evaluar redes mutualistas como la polinización o la dispersión de semillas, los cuales son importantes servicios para el mantenimiento de los ecosistemas, tiene importantes implicaciones para la conservación.

## Referencias Bibliográficas

- Aizen, M. & Feisinger, P. (2003). Bees not to Be? Responses of insect pollinator faunas and flower pollination to hábitat fragmentation. *Ecological Studies* 62: 111-129.
- Albert, R., Jeong, H & Barabási, A. (2000). Error and attack tolerance of complex networks. *Nature* 406: 378-382.
- Allen-Wardell, G., Bernhard, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchman, S. Cane, J., Allen, P., Dalton, V., Feisinger, P., Ingram, M., Inouye, D., Jones, E., Kennedy, K., Kevan, P., Koopowitz, H., Medellín, R., Medellín-Morales, S. & Nabhan, G. (1998). The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, 12(1): 8-17.
- Almeida-Neto, M., Guimaraes, P., Guimaraes, P., Loyola, R. & Ulrich, W. (2008). A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos*, 117: 1227–1239.
- Bascompte, J. & Jordano, P. (2006). The structure of plant animal mutualistic networks. En: Pascual, M. & Dunne, J. (eds.). *Food webs as complex adaptive networks: living structure to dynamics*. New York: Oxford University Press, p. 143-159.
- Bascompte, J., Jordano, P. & Olesen, J. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science*, 312: 431-433.
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. & Olesen, J. (2003). The nested assembly of plant animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100: 9383-9387.
- Bezerra, E., Machado, I. & Mello, M. (2006). Pollination networks of oil-flowers: a tiny world within the smallest of all worlds. *Journal of animal ecology*, 78: 1096-1101.
- Borgatti, S., Everett, M & Freeman, L. (1999). UCINET 5.0 VER 1.00 Analytic Technologies, Natick, Massachusetts.
- Borgatti, S. & Everett, M. (1999). Models of core/periphery structures. *Social Networks* 21:375-395.
- CONAP, UICN, Embajada de los Países Bajos, INAB. (2003). *Plan Maestro del Parque Nacional Laguna de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz 2004-2008*, Guatemala. 113p.
- Constanza, R., Arge, R., Groot, R., Farber, S. & Graso, M., (1997). The value of the world's ecosystem service and natural capital. *Nature* 368: 734-737.
- Corbet, S. (1997). Role of pollinators in species preservation, conservation, ecosystem stability and genetic diversity. *Acta Horticulturae*, 437: 219-229.
- Corbet, S. (2000). Conserving compartments in pollination webs. *Conservation Biology*, 14: 1229-1231
- Corbet, S., Saville, N., Prys-Jones, O. & Unwin, D. (1995). The competition box: a graphical aid to forecasting pollinator performance. *Journal of Applied Ecology*, 32: 707-719.
- Dicks, L., Corbet, S. & Pywell, R. (2002). Compartmentalization in plant-insect flower visitor webs. *J. Anim. Ecol.* 71: 32-43.
- Dormann, C., Freund, J. & Gruber, B. (2014). Visualising bipartite networks and calculating some (ecological) indices.

- Dunne, J., Williams, R. & Martínez, N. (2002). Food web structure and network theory: the role of connectance and size. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 99: 12917-12922.
- Ehrlich, P. & Raven, P. (1964). Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution* 54: 1480-1492.
- Enríquez, E. (2007). Diversidad de potenciales polinizadores del grupo de los insectos en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su zona de influencia a lo largo de un año. Guatemala: FODECYT.
- Faegri, K. & Pijl, L. (1979). *The principles of pollination ecology*. Estados Unidos: Pergamon.
- Ficha Ramsar. (2004). Sitio Eco-región Lachuá. Editado por el programa de Investigación y Monitoreo de Lachuá.
- Guimaraes, P & Guimaraes, P. (2006). Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices. *Environmental Modelling and Software* 21: 1512-1513.
- Jordano, P. (1987). Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *American Naturalist* 129: 257-677.
- Jordano, P., Bascompte, J. & Olesen, M. (2006). The ecological consequences of complex topology and nested structure in pollination webs. En: Waser, N. & Ollerton, J. (eds.). *Specialization and generalization in plant-pollinator interactions* (pp. 173-199). Estados Unidos: Universidad de Chicago.
- Jordano, P., Vázquez, D. & Bascompte, J. (2009). Redes complejas de interacciones mutualistas. En: Medel, R., Aizen, M. & Zamora, R. (eds.). *Ecología y evolución de interacción planta animal* (pp. 17-41). Chile: Universitaria.
- Kearn, C., Inouye, D. & Waser, N. (1998). Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interaction. *Rev. Ecol. Syst.* 29: 83-112
- Klein, B. (1989). Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia. *Ecology* 70: 1715-1725.
- Lara-Rodríguez, N., Díaz-Valenzuela, R., Martínez-García, V., Mauricio-López, E., Anaid-Díaz, S., Valle, O., Fisher-de León, A., Lara, C. & Ortiz-Pulido, R. (2012). Redes de interacción colibrí-planta del centro-este de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 569-577.
- Liow, L., Sodhi, N. & Elmqvist, T. (2001). Bee diversity along a disturbance gradient in tropical lowland forest of south-east Asia. *Journal of Applied Ecology*, 38(1): 180-192.
- Marquitti, F., Guimaraes, P., Pires, M., & Bittencourt, L. (2013). MODULAR: Software for the autonomous computation of modularity in large networks sets. arXiv: 1304.2917.
- Martins, M., Valente, R., Maués, M., Magalhaes, F., Faveri S. & Colossio, A. (2009). Conservación de las interacciones insecto-planta y transferencia de conocimientos en la Amazonía. En: Medel, R., Aizen, M. & Zamora, R. (eds.). *Ecología y evolución de interacción planta animal* (pp. 301-313). Chile: Universitaria.
- Medel, R., Aizen, M. & Zamora, R. (2009). *Ecología y evolución de interacción planta animal*. Chile: Universitaria.
- Memmott, J., Waser, M. & Price, M. (2004). Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society of London B* 271: 2605-2611
- Monzón, R. (1999). Estudio general de los recursos agua, suelos y el uso de la tierra del Parque Nacional Laguna Lachuá y su zona de influencia, Cobán, Alta Verapaz. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 98pp.

- Olesen, J. & Jordano, P. (2002). Geographic patterns in plant-pollinator mutualistic networks. *Ecology* 83:2416-2424.
- Olesen, J., Bascompte, J., Dupont, Y. & Jordano, P. (2007). The modularity of pollination networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104: 19891-19896.
- Quezada, M. (2005). Análisis de la diversidad y distribución de macrohongos (órdenes agariciales y ascomycota) en relación con los paisajes antropogénicos en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Tesis de graduación, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 68p.
- Ramankutty, N. & Foley, J. (1998). Characterizing patterns of global land use: an analysis of global croplands data. *Global Biogeochemical Cycles* 12: 667-685.
- Santamaría, S. & Méndez, M. (2013). Cómo conservar las interacciones entre polinizadores y plantas en ecosistemas de alta montaña con ayuda de la teoría de redes complejas. *Proyectos de investigación en parques nacionales*.
- Sawardecker, E., Amundsen, C., Sales-Pardo, M. & Amaral, L. (2009). Comparison of methods for the detection of node group membership in bipartite networks. *The European Physical Journal B*, 72: 671-677.
- Solé, R. & Montoya, J. (2001). Complexity and fragility in ecological networks. *Proceedings of the Royal Society of London B* 268: 2039-2045.
- Thompson, J. (2006). Mutualistic webs of species. *Science* 312: 372-373.
- Vázquez, D., Melián, C., Williams, N., Bluthgen, N., Krasnoz, B. & Poulin, R. (2007). Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. *Oikos*, 116: 1120-1127.
- Waser, N. & Ollerton, J. (2006). *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. United State of America: University of Chicago.