



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES

Unidad Morelia

FENOLOGÍA FLORAL Y VISITANTES FLORALES DE *INGA VERA* SUBSP. *ERIOCARPA* (FABACEAE-
MIMOSOIDEAE) EN UN BOSQUE TEMPLADO DE TRANSICIÓN
DE LA LOCALIDAD DE PIUMO, MADERO, MICHOACÁN

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

LUZ ABRIL GARDUÑO VILLASEÑOR

DIRECTOR DE TESIS: M. EN G. ALEJANDRO REYES GONZÁLEZ

CODIRECTOR: DR. ANDRÉS CAMOU GUERRERO

MORELIA, MICHOACÁN

MARZO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos Institucionales

Agradezco a mi director de tesis, M.G. Alejandro Reyes González, de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, por su apoyo a lo largo de todo el proyecto y mostrarme el mundo de las abejas que me tiene fascinada.

A mi codirector, Dr. Andrés Camou Guerrero de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Morelia por su apoyo como cotutor, abriéndome las puertas al laboratorio y al proyecto.

A mis sinodales, Dr. Santiago Arizaga Pérez, Dr. Guillermo Ibarra Manríquez, Dra. Ek del Val de Gortari y Dr. Jorge Contreras Garduño por sus comentarios, que ayudaron a nutrir el escrito y aportaron invaluablemente a mi formación. Asimismo, dar gracias especiales al Dr. Arizaga por su acompañamiento en visitas al campo y apoyo en el diseño del proyecto; a la Dra. del Val por compartir materiales para las observaciones de los visitantes florales; y al Dr. Ibarra por su apoyo en la identificación de *Inga vera* subsp. *eriocarpa*.

Gracias a la M. en C. Ma. Guadalupe Cornejo Tenorio por su apoyo en la identificación de *Inga vera* subsp. *eriocarpa* y sus comentarios y apoyo con respecto al escrito.

Al Dr. Fernando Álvarez por su apoyo en la identificación de las aves de nuestras observaciones.

Al Dr. Luis Daniel Ávila Cabadilla por su apoyo corroborando la identidad de murciélagos y esfíngidos.

A Wendy Mendoza Arroyo y Lizet Solís Gabriel, estudiantes del Laboratorio de Interacciones Bióticas del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, en la identificación de insectos.

Al Dr. Víctor Anaya por permitirme asistir a su curso de Ecología de comunidades: Análisis de Diversidad, a través del cual aprendí de herramientas para analizar los resultados.

A Juan Martínez y Nidia Pérez Nasser del Ecojardín del IIES por facilitarnos el uso de secadores y congeladores para el tratamiento de nuestras prensas botánicas.

Al Laboratorio Transdisciplinar de Estudios Ambientales de la ENES y a sus integrantes por todo su apoyo.

A la Lic. Dayán Romero Martínez, estudiante en la Maestría de Ciencias de la Sustentabilidad por construir los cimientos para esta y otras investigaciones en el Alto Balsas, Michoacán.

A la Lic. Ana Gabriela Rodríguez por acompañarme a campo y apoyarme en las extracciones de néctar.

A la Licenciatura en Ciencias Ambientales y a la ENES, Unidad Morelia por los conocimientos y experiencias que me han formado a lo largo de 4 años, culminando en esta tesis.

Financiamiento

La presente tesis fue desarrollada gracias al apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), a través del proyecto “Efectos del manejo y transformación del paisaje sobre las poblaciones de abejas nativas sin aguijón en la Cuenca del Balsas, Michoacán, México” (TA200416).

Agradecimientos a título personal

A mi mamá y papá por mostrarme un mundo en el que mis *hobbies* y mi amor por la naturaleza son considerados una profesión. Gracias por haber creído en mí lo suficiente para dejarme comenzar mi formación a kilómetros de casa y apoyarme en lo que se necesitara siempre.

A toda mi familia por ser una red en la cual siempre puedo caer y quedarme hasta ponerme de pie de nuevo. Gracias en especial a Laura, Nacho, Arlen, Mami Cristina, Zoé y Azul.

A Jesús Córdoba por siempre estar presente, fuese en campo, atrás de un escritorio o con mensajes de apoyo.

A Ana Lilia Juárez, Fernanda Montoya y Luisa López. Los conocimientos y las experiencias compartidas han sido un motor para mí, y espero continuar colaborando con ustedes en el futuro.

A Juan Carlos por darme un jalón de orejas siempre que lo ve necesario, aún a kilómetros de distancia ¡Gracias por tu ayuda incondicional y amistad apache!

A Israel Flores Puerto por sus consejos, su ayuda siempre tan acertada y dar las mejores respuestas a mis preguntas.

A Erick de la Barrera Montpellier por su apoyo en el escrito.

A la comunidad de Piumo por recibirnos con los brazos abiertos, por su disposición a colaborar y ayudarnos con lo que pudiesen.

Contenido

Agradecimientos Institucionales.....	iii
Financiamiento	iv
Agradecimientos a título personal	v
Contenido.....	vi
Índice de figuras	vii
Índice de Tablas	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	3
2.1 Visitantes florales	3
2.2 Fenología floral	5
2.3 El género <i>Inga</i>	7
2.4 Fenología floral y visitantes florales del género <i>Inga</i>	9
3. Preguntas de investigación	12
5. Objetivos.....	12
5.1 Objetivo general	12
5.2 Objetivos específicos.....	13
6. Área de estudio	13
7. Métodos	15
7.1 Identificación taxonómica de <i>Inga</i>	15
7.2 Fenología floral	16
7.3 Medición de néctar de <i>Inga</i>	16
7.4 Visitantes florales de <i>Inga</i>	18
8. Resultados.....	20
8.1 Descripción taxonómica de <i>Inga</i>	20
8.2 Fenología floral	21
8.3 Medición de néctar	22
8.4 Visitantes florales	24
9. Discusión y conclusiones.....	29
11. Bibliografía	39
12. Anexo.....	46

Índice de figuras

Figura 1. Calendario de especies melíferas registradas	6
Figura 2. Ubicación de la localidad de Piumo, Madero, Michoacán.....	14
Figura 3. Mapa del sitio de estudio y ubicación de ejemplares de <i>Inga</i>	14
Figura 4. Periodo de floración de <i>Inga vera</i> a nivel individuo.....	21
Figura 5. Cantidad de néctar acumulado a lo largo de 24 h	23
Figura 6. Concentración de néctar a lo largo de 24 h	23
Figura 7. Visitantes florales diurnos sobre las flores de <i>Inga vera</i>	24
Figura 8. Visitantes florales diurnos más frecuentes	26
Figura 9. Visitantes florales nocturnos más frecuentes	27
Figura 10. Cantidad de visitas florales durante 24 h	28
Figura 11. Cobertura del muestreo de riqueza de visitantes florales	29

Índice de Tablas

Tabla 1. Estado de conservación de especies del género <i>Inga</i> en México.	8
Tabla 2. Antesis y senescencia de las flores de <i>Inga vera</i>	22
Tabla 3. Visitantes florales diurnos y sus frecuencias de visita.....	25
Tabla 4. Visitantes florales nocturnos y sus frecuencias de visita.	27
Tabla 5. Comparación de floración y fenofases de diferentes especies de <i>Inga</i>	30
Tabla 6. Comparación de producción y concentración de néctar de diferentes especies de <i>Inga</i>	31
Tabla 7. Comparación de los visitantes florales diurnos en diferentes especies de <i>Inga</i>	33
Tabla 8. Comparación de visitantes florales nocturnos en diferentes especies de <i>Inga</i>	36

Resumen

Los visitantes florales entablan una interacción con flores, generalmente en busca de alimento, a veces aportando a la adecuación de la planta por medio de la polinización. *Inga vera* Willd. subsp. *eriocarpa* (Benth.) J. León, florece en la época de secas en la localidad de Piumo, Madero, Michoacán, en un bosque de transición de templado a tropical caducifolio. Se trabajó con esta especie para: 1) corroborar la identidad taxonómica de la especie; 2) describir su fenología floral y 3) analizar los patrones de actividad de los visitantes florales. Se realizaron colectas botánicas de los individuos, determinando que correspondían a *Inga vera* subsp. *eriocarpa*. Se registró la fenología de la floración y las fases de la flor, así como la producción y concentración de néctar. El periodo de floración de *Inga vera* comenzó en abril, terminó en mayo; vainas visibles comenzaron a observarse en junio. La antesis de las flores comenzó a las 11:00 h y la senescencia se presentó a las 11:00 h del día siguiente. La producción de néctar dio inicio a las 17:00 h, con reabsorción de néctar a las 11:00 h del día siguiente. Se registró una disponibilidad máxima de 70 µl de néctar a las 23:00 h y concentración máxima de 22.43 °Brix a las 17:00 h. Se realizaron grabaciones diurnas y nocturnas a tres individuos de *I. vera* para registrar a los visitantes florales, identificándose individuos de Apidae, Trochilidae, Vespidae, Chiroptera y Sphingidae. Se concluye que *Inga vera* tiene potencial de ser una fuente importante de recursos melíferos, por su disponibilidad de néctar durante el día y la noche. Es necesario continuar trabajando con *Inga* y sus interacciones considerando los beneficios que ésta podría proveer a poblaciones de visitantes florales.

Palabras clave: Néctar; fenología floral; fases; visitantes florales; *Inga vera*; Cuenca del Balsas.

Abstract

Floral visitors establish biotic interactions with flowers, generally in search for food, sometimes contributing to plant fitness through pollination, benefiting both parties involved. The flowering season for *Inga vera* Willd. subsp. *eriocarpa* (Benth) J. León, starts during the dry season in a temperate to deciduous tropical transitional forest in the locality of Piumo, Michoacán. This species was focal for our research to: 1) corroborate its taxonomic identity, 2) describe its floral phenology, and 3) analyze its floral visitors and their activity patterns. Records of the floral phenology, which comprises floral phases, and production and concentration of nectar, show that the flowering stage of *Inga vera* starts during April and ends in May; fruit set is visible in June. The flowers began anthesis at 11:00 h and started their senescence at 11:00 h of the next day. Nectar production began at 17:00 h and nectar reabsorption started at 11:00 h the next day. Maximum nectar availability was 70 µl at 23:00 h, while the highest concentration was 22.43 °Brix at 17:00 h. Three trees were video-recorded day and night to identify floral visitors. The main visitors identified belonged to the families Apidae, Trochilidae, Vespidae, Chiroptera and Sphingidae. These results suggest that this species has the potential to be an important source of melliferous resources, due to its day-and-night nectar availability. Therefore it is advisable to continue studying this genus and its interactions due to the benefits it may provide to floral visitors.

Key words: *Nectar; floral phenology; floral phases; floral visitors; Inga vera; Balsas Basin.*

1. Introducción

Los visitantes florales son aquella fauna que interactúa con flores generalmente en busca de recursos melíferos y poliníferos (Alves-dos-Santos *et al.*, 2016). En algunos casos, los visitantes florales llegan a ser polinizadores al transferir el polen de las anteras de una flor, al estigma de otra flor de la misma especie, resultando en la producción de semillas.

Las poblaciones de polinizadores están disminuyendo a causa de un conjunto de factores que operan en sinergia (Potts *et al.*, 2010). Entre éstos, destacan el uso de agroquímicos y el aumento de contaminantes, cambio climático, pérdida de hábitat, introducción de especies exóticas de plantas e insectos, propagación de patógenos y una menor diversidad de recursos alimenticios (Potts *et al.*, 2010; Pantoja *et al.*, 2014). Mitigar la crisis de polinizadores es importante por las funciones que cumplen, las cuales tienen implicaciones ecológicas, económicas y culturales (McGregor, 1976; Hogue, 1987; Klein *et al.*, 2007; Potts *et al.*, 2010).

En cuanto a la disponibilidad de recursos para visitantes florales, ésta varía en el tiempo según la fenología floral. Se define fenología como la periodicidad y duración de los fenómenos biológicos recurrentes, y puede variar entre diferentes especies vegetales, a veces hasta bajo las mismas condiciones bióticas y abióticas (Shoko, 2001; Lobo *et al.*, 2003; Yadav y Yadav, 2008). Fenología floral se refiere entonces a la periodicidad y duración de la floración y ésta regula la disponibilidad de flores, o recursos alimenticios, de los visitantes florales. Esto genera fluctuaciones en la cantidad de especies en floración a lo largo del año, siendo mayor la cantidad de flores disponibles en algunas épocas y menos en otras. Durante los momentos con menor cantidad de flores, la presencia de ciertas especies melíferas se vuelve crítica.

Para visualizar la magnitud de la importancia que pueden tener ciertas especies como fuente de alimento melífero en periodos críticos, se puede analizar en un bosque de transición pino-encino a bosque caducifolio del Alto Balsas en la localidad de Piumo, Michoacán. Las especies leñosas ofrecen gran parte de las flores disponibles durante la temporada de secas, que va de febrero a mayo (6 de 14 especies en floración, Romero-Martínez, 2017). También existe oferta de flores por parte de herbáceas, sin embargo, se describe de manera empírica que las especies leñosas disponen de una cantidad mayor de flores (Romero Martínez, 2017; Comunicación personal).

Uno de los árboles que se identifica que presenta una gran cantidad de flores durante la época de secas en la zona es *Inga* Mill. (Romero Martínez, 2017), como también lo documentan diversos autores en otros lugares (Cruz-Neto *et al.*, 2014; Ávila Jr. *et al.*, 2015). En el sitio de estudio de la presente investigación, se observa gran actividad de visitantes florales sobre los árboles del género mencionado. Por estas razones, se propuso a *Inga* para comenzar a describir las interacciones entre melitofauna y vegetación de la zona. Analizando estas interacciones, se obtiene información que es básica para el desarrollo de estrategias de manejo y conservación de melitofauna y especies vegetales melíferas.

El objetivo de la investigación fue analizar el papel funcional como recurso melífero de la especie *Inga vera* Willd. a través de la descripción de su fenología floral y el análisis de sus visitantes florales. Para esto, se realizaron observaciones de la fenología floral y sus fases florales, así como muestreos de néctar para determinar cantidad disponible y concentración de azúcares. También se registraron los visitantes florales observados durante el día y la noche.

2. Antecedentes

2.1 Visitantes florales

Los visitantes florales son aquellos organismos que interactúan con flores, generalmente con el fin de encontrar néctar y/o polen como alimento para ellos mismos o su descendencia (melitofauna), entablando así una interacción biótica (Del Val y Boege, 2012; Alves-dos-Santos *et al.*, 2016). Hay más instancias en las que visitantes florales y flores interactúen, por ejemplo, cuando los visitantes las utilizan como puntos de congregación, apareamiento y ovoposición, como fuentes de calor y resguardo, o cuando entomófagos las utilizan como sitios estratégicos de cacería (Woodcock *et al.*, 2014).

Mediante esta interacción, algunos de estos organismos pueden llevar a cabo la polinización de la planta, aunque no todos los visitantes son polinizadores. Un polinizador es aquel organismo que transporta polen de las anteras al estigma de la misma especie vegetal, dando como resultado la producción de semillas (Alves-dos-Santos *et al.*, 2016). En algunos casos, los visitantes entran en contacto con los órganos sexuales en las flores, pero no aportan a la adecuación de la planta visitada (Schemske y Horvitz, 1984); en otras ocasiones los visitantes pueden utilizar los recursos de la flor, pero nunca entrar en contacto con los sus órganos sexuales (Irwin *et al.*, 2010). Desafortunadamente, es difícil evaluar la aportación que tienen los visitantes florales en la polinización de la planta, por lo que en algunas investigaciones se utilizan los términos polinizador y visitante floral como sinónimos (Alves-dos-Santos *et al.*, 2016; Freitas, 2013).

La interacción que establecen planta-polinizador es esencial para los grupos involucrados. Los polinizadores necesitan el néctar y/o polen ofrecidos por la flor, mientras que la visita de éstos puede aportar a la reproducción de la planta. A continuación se

desglosa por qué es importante la interacción entre la fauna y flora melífera y sus implicaciones ecológicas, económicas y culturales.

En la naturaleza existen 350,699 especies vegetales aceptadas en *The Plant List* (2013), de las cuales, 304,419 son angiospermas, es decir, sus órganos reproductivos se encuentran dentro de flores. De las angiospermas, se estima que alrededor del 80% depende de polinizadores para su reproducción (Ollerton *et al.*, 2011; Potts *et al.*, 2010; IPBES, 2016). Esto significa que por lo menos son 243,000 especies que dependen, en algún grado, de vectores bióticos para su polinización y que, a su vez, son fuente de recursos para sus visitantes. Estas cifras ponen en contexto la importancia que tiene esta interacción sobre algunas plantas, sus visitantes florales y al final de cuentas, dentro de los ecosistemas.

Asimismo, algunas angiospermas son utilizadas con fines productivos, por lo que la interacción entre fauna y flora melífera afecta a los sistemas alimenticios. Del total de las cosechas que se mueven en el mercado internacional, 87 dependen en algún grado de polinización biótica, mientras que sólo 28 son totalmente independientes de esta interacción (Klein *et al.*, 2007). Se ha tratado de estimar el valor económico que deriva de la polinización en el mercado agrícola internacional. Las cifras que han resultado de estas estimaciones tienen variaciones muy grandes, dependiendo de la metodología utilizada. La Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), estima que entre \$235 mil millones y \$577 mil millones (en dólares estadounidenses al 2015), son atribuibles a la polinización por vectores bióticos, cifras que podrían ir en aumento debido al crecimiento del área de cultivos dependientes de polinizadores (IPBES, 2016; Aizen *et al.*, 2009).

No solamente es el valor económico de las cosechas, sino también la cantidad de alimentos disponibles para consumo humano. De acuerdo con Klein *et al.* (2007), alrededor

de 74% de las especies cultivadas dependen de la polinización para producir cosechas. En México, 80% de las frutas o semillas consumidas por el humano dependen en alguna medida de polinizadores (Ashworth *et al.*, 2009).

2.2 Fenología floral

La fenología tiene implicaciones profundas sobre los visitantes florales. La fenología es el estudio enfocado en la periodicidad y duración de los fenómenos biológicos recurrentes (Shoko, 2001; Yadav y Yadav, 2008). Estos eventos periódicos incluyen floración, foliación, abscisión y fructificación. La fenología floral contribuye como regulador de la disponibilidad de recursos alimenticios utilizados por visitantes florales, lo cual puede provocar la permanencia o cambios en la dieta, migración y reproducción de sus visitantes (van Schaik *et al.*, 1993).

Además de la fenología floral, las etapas de desarrollo de las flores regulan el néctar y el polen que estarán presentes en el transcurso del ciclo de la flor. De acuerdo con la descripción de Koptur (1983), estas etapas son:

- A. Antesis: Es la fase en la que la flor comienza su apertura hasta que comienza su senescencia. Dentro de esta etapa, pueden suceder dos cosas en cuanto a los órganos sexuales de la flor:
 - I) Dehiscencia: Esta fase sucede en los órganos sexuales masculinos y se refiere al momento en el que comienza a haber polen disponible sobre las anteras.
 - II) Estigma receptivo: Esto sucede en los órganos sexuales femeninos. Es el momento en el que el desarrollo del estigma es suficiente para comenzar a germinar granos de polen viables.

B. Senescencia: Es la última fase de la flor, cuando comienza a marchitar. Es visible en la pérdida de vigor en las estructuras de la flor.

Un estudio de fenología floral se realizó en bosques de transición del Alto Balsas, Michoacán por Romero Martínez (2017). En este estudio, se elaboró un catálogo de especies api-botánicas, es decir, que ofrecen polen y néctar floral a lo largo del año según su fenología. Se encontraron 104 especies y se observaron dos eventos de floración importantes a lo largo del año. El evento principal se presenta después del periodo de lluvias (septiembre-noviembre) con la intervención de 44 especies vegetales; el segundo evento se presenta durante la época de estiaje (febrero-mayo), con la intervención de 14 especies (Figura 1).

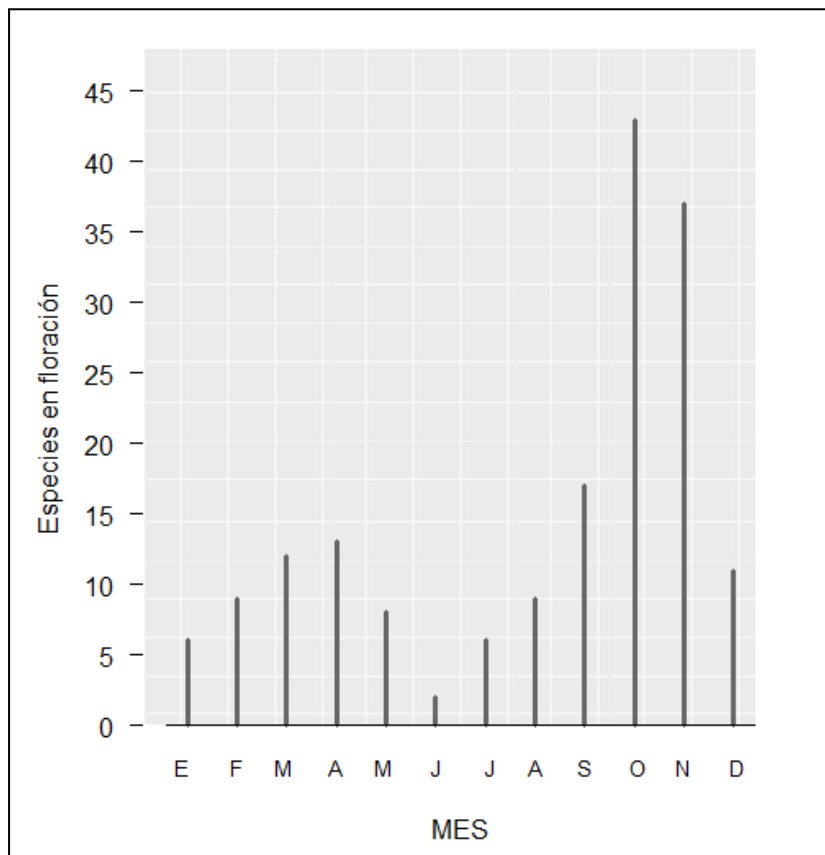


Figura 1. Calendario de especies melíferas registradas.
(Modificado de Romero Martínez, 2017)

En la época de secas, 6 de las 14 especies en floración son leñosas y de manera empírica se ha observado que disponen de una gran cantidad de flores, en comparación a la disponibilidad de flores en herbáceas (Romero Martínez, 2017; Comunicación personal). Esto sugiere que durante la época de secas, la oferta de recursos recae fuertemente sobre las especies leñosas.

Dentro del grupo de plantas leñosas con oferta de recursos melíferos, se encuentra el género *Inga*, que pertenece a la familia Fabaceae, y presenta flores durante febrero y marzo (Romero Martínez, 2017).

2.3 El género *Inga*

El género *Inga* pertenece a la subfamilia Mimosoideae y a la tribu Ingeae Benth (1875). Se distribuye en el trópico de América, con cerca de 300 especies registradas (Romero y Alba-López, 2005). En México se han documentado 36 especies de este género, de los cuales 16 especies cuentan con algún nivel de endemismo. Además, en la Lista Roja de Especies en Extinción, se catalogan 11 especies de *Inga* distribuidas en los bosques de niebla de México (Tabla 1; Sousa, 1993; Sousa, 1995; González-Espinosa *et al.*, 2011). *Inga* se distribuye en zonas que van de lo mesófilo a lo hidrófilo, aunque con una tendencia a crecer cerca de ríos o suelos muy húmedos (León, 1966).

Tabla 1. Estado de conservación de especies del género *Inga* en bosques de niebla en México.

RIESGO MENOR	VULNERABLES	EN PELIGRO	EN PELIGRO CRÍTICO
<i>I. acrocephala</i> Steud.	<i>I. tuerckheimii</i> Pittier	<i>I. hintonii</i> Sandwith	<i>I. cabreræ</i> M. Sousa
<i>I. micheliana</i> Harms.	<i>I. xalapensis</i> Benth.	<i>I. huastecana</i> M. Sousa	<i>I. calderonii</i> Standl. <i>I. colimana</i> Padilla-V., Cuevas-G. y Solís-M. A. Ramilla <i>I. dasycarpa</i> M. Sousa <i>I. flexuosa</i> Schltdl.

(Elaboración propia a partir de González-Espinosa *et al.*, 2011)

Inga tiene su valor intrínseco, sin embargo, también es importante recalcar los beneficios que provee. Algunas de las cualidades documentadas en la literatura son su capacidad de restauración de suelos, el papel que juega como parte de las comunidades riparias y su aportación melífera, las cuales se detallan a continuación (Vázquez-Yanez, *et al.*, 1999; Román y Palma, 2007; Oelbermann *et al.*, 2013; Cruz-Neto *et al.*, 2014; The *Inga* Foundation, 2014; Tapia-Harris *et al.*, 2015).

De acuerdo con Vázquez-Yanez y colaboradores (1999), *Inga* es tolerante a suelos pobres en nutrientes, pero además, se asocia con bacterias fijadoras de nitrógeno y micorrizas en su rizósfera. Esta asociación puede aumentar la cantidad de nitrógeno y fósforo en el suelo, los cuales son nutrientes utilizados y necesarios para una gran cantidad de plantas (Vance, 2001). También se considera que la sombra bajo su dosel puede inhibir poblaciones de ciertas hierbas indeseadas dentro de sitios manejados (The *Inga* Foundation, 2014).

Debido a su tendencia de crecer en orillas de ríos, especies del género *Inga* forman parte de las comunidades riparias. Estas comunidades se consideran importantes pues mantienen la calidad del agua, proveen alimento y hábitat para el desarrollo de especies de flora y fauna (Oelbermann *et al.*, 2013). Desafortunadamente, la FAO (2008), indica que estas comunidades son vulnerables a impactos directos e indirectos ejercidos por cambio climático, cambio de uso de suelo y contaminación.

Se describe a *Inga* como un género de importancia melífera por su producción de néctar y su floración masiva (Cruz-Neto *et al.*, 2014). En México, CONABIO únicamente reconoce dos especies del género: *I. vera* e *I. jinicuil* Schldl. y Cham. Ex G. Don, las cuales son descritas como especies productoras de néctar y de importancia apibotánica, es decir, que producen néctar y polen (Vázquez-Yáñez *et al.*, 1999). En la región de Cuetzalan, en la Sierra Norte de Puebla, se identificó a *Inga vera* como planta melífera dentro de los sistemas agroforestales cafetaleros, con una floración en primavera (Tapia-Harris *et al.*, 2015). En Colima, Román y Palma (2007), determinaron que *I. colimana* Padilla-V., Cuevas-G. y Solís-M. A. Ramilla, *I. laurina* (Sw.) Willd. e *I. eriocarpa* Benth. son productoras de néctar y polen, sin embargo fue la última la más prolífera entre las tres.

2.4 Fenología floral y visitantes florales del género *Inga*

Las flores de *Inga* crecen en inflorescencias y son descritas por Amorim y colaboradores (2013) de la siguiente manera:

“Flores tipo plumero con cáliz y corola reducidas en tamaño, gineceo con un solo carpelo, usualmente unilocular y con un pistilo de igual o mayor longitud que los estambres. El androceo opera como el atrayente visual principal para visitantes, contando con un conjunto de estambres fusionados en la base,

formando un tubo en donde el néctar se localiza y es ofrecido como recompensa principal a los visitantes florales”.

Por sus características, se consideraría que tiene síndrome de polinización falenofílica, esto significa que las flores tienen cualidades que atraen a lepidópteros nocturnos (Faegri y Van der Pijl, 1966). Aunque la flor esté sea de síndrome falenofílico, esto no significa que los lepidópteros nocturnos sean los únicos visitantes florales que tenga, ni sus únicos polinizadores.

A continuación se presenta la revisión de algunos estudios desarrollados sobre visitantes florales y su fenología floral de diferentes especies del género *Inga*. En Brasil, Cruz-Neto *et al.* (2014), trabajaron con *I. striata* Benth., *I. vera* Willd. subsp. *affinis* (DC.) T.D. Penn. e *I. ingoides* (Rich.) Willd. En su investigación, encontraron que las flores comienzan la anthesis a partir de las 12:00 h y concluían su senescencia a las 09:30 h del día siguiente, variando entre especies. También cuantificaron la cantidad de néctar en un rango de 15 a 55 μ l, dependiendo de la especie y la hora del día, mientras que la concentración de azúcares se encontraba entre 12-22 °Bx.

En ese mismo trabajo, registraron visitantes diurnos y nocturnos de diferentes especies de *Inga*. Entre los visitantes diurnos se encontraron colibríes, abejas, avispa, aves. Como visitantes nocturnos se encontraron esfíngidos, palomillas y murciélagos. Gracias a sus observaciones se pudo concluir que los polinizadores más eficientes en estas especies son del gremio nocturno, a pesar de que la frecuencia de visitas en el día era mayor.

Esto se debe a que los polinizadores diurnos interactúan con flores senescentes, con polen viejo propenso a formar semillas de mala calidad. Los árboles tienen la capacidad de abortar este tipo de semillas, resultando en un mayor “*fruit set*” derivado de polinizadores nocturnos.

También se concluye que el comportamiento territorial de algunas especies de colibríes y murciélagos puede provocar transporte de polen entre árboles emparentados, dando origen a semillas de poca calidad, por lo que los polinizadores más eficientes son los esfíngidos (Cruz-Neto *et al.*, 2014).

En *I. sessilis* (Vell.) Mart en Brasil, Amorim y colaboradores (2013), observaron que la floración se presenta a lo largo de todo el año, aunque incrementa su intensidad en diciembre y febrero. Cada flor tenía una vida de 24 horas, comenzando su antesis alrededor de las 11:00-13:00 h. En cuanto a la producción de néctar, encontraron que sin extracción del líquido, la flor cesa de secretarlo después de 8 horas (a la 01:00 hora local). Posteriormente, observaron una reabsorción activa de néctar. A la par, realizaron un tratamiento experimental en el cual se le retiraba néctar a las flores, con el fin de simular la libación por parte de visitantes florales. A partir de esta extracción de néctar experimental, la producción y concentración de azúcares en el néctar se duplicaron.

Con relación a los visitantes florales, encontraron que los más frecuentes fueron murciélagos, esfíngidos y colibríes; también observaron abejorros que no entraban en contacto con las anteras ni pistilos. Según los resultados reportados, las tasas de visita entre diurnos y nocturnos fueron equiparables, aunque los visitantes nocturnos contribuyeron con mayores porcentajes de fructificación (Amorim, *et al.*, 2013).

Inga subnuda subsp. *luschnathiana* (Benth.) T.D. Penn. fue estudiada en Brasil por Ávila Jr. y colaboradores (2015), para describir su biología de polinización (fenología floral, desarrollo floral después de antesis, biología reproductiva y visitantes florales). En el estudio encontraron que hay dos periodos de floración que ocurren de enero a abril y de agosto a septiembre. Durante la primera floración, la antesis inició a las 09:00 h y comenzó la producción de néctar a las 15:30 h. Para el segundo evento de floración, la antesis

comenzó a las 15:00 h y la oferta de néctar dio inicio a las 18:30 h. La disponibilidad de néctar alcanzó su máximo a las 06:30 h en ambos eventos, después de lo cual hubo un declive del líquido; la concentración de azúcares del mismo fue mayor entre las 00:30 h y las 09:30 h. La duración del ciclo de vida de las flores fue de 24 h. En cuanto a los visitantes florales, encontraron que durante el día había presencia de colibríes (*Thalurania glaucopis* (Glemin, 1788) y *Phaethornis* (Swainson, 1827)), abejas (*Bombus morio* (Swederus, 1787), *Eulaema* (Lepeletier, 1841) y *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758)), avispas (no identificada) y mariposas (*Heliconius* (Kluk, 1780) y Hesperidae (Latreille, 1809)). Durante la noche se observaron esfíngidos (*Cocytius* (Hübner, 1819), *Erynnis* (Schrank, 1801), *Pseudosphinx tetrio* (Linnaeus, 1771), *Xylophanes chiron* (Drury, 1770) y *Pachilioides resumens* (Walk, 1856)) y, ocasionalmente, murciélagos (*Glossophaga soricina* (Pallas, 1766)).

3. Preguntas de investigación

- A) ¿Cuál es la especie del género *Inga* presente en la zona de estudio?
- B) ¿Cómo es la fenología floral y fases florales de *Inga*?
- C) ¿Cuál es la oferta de recursos melíferos, disponibilidad y concentración de néctar, de *Inga*?
- D) ¿Cuáles son los visitantes florales de *Inga*?

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

- Analizar el papel funcional como recurso melífero de *Inga* en un bosque de transición del Alto Balsas de Michoacán.

5.2 Objetivos específicos

- Determinar la identidad taxonómica de la especie *Inga*.
- Describir la fenología floral y las fases florales de *Inga*.
- Analizar los patrones de actividad de los visitantes florales diurnos y nocturnos de *Inga*.

6. Área de estudio

Esta investigación se realizó en un sitio perteneciente a la localidad de Piumo ubicada en el municipio de Madero, Michoacán (Figura 2). El área de estudio se encuentra en un bosque de transición entre bosque templado a bosque tropical caducifolio, dentro de la zona alta de la Cuenca del Balsas a una altitud de 1,700 m. La localidad está cercana al parteaguas de la Cuenca de Cuitzeo. Por encontrarse en la cuenca alta, en el presente se le denomina a la zona de estudio como Alto Balsas, Michoacán. El sitio presenta una temperatura media entre los 18 y 20°C. La precipitación media anual es de 897 mm, concentrándose en el verano cálido, lo cual comprende el periodo de julio a septiembre (INECC, 2007). La vegetación del sitio es muy variada, debido a que es un ecotono. Se pueden encontrar desde pinos (*Pinus* L. spp.) y encinos (*Quercus* L. spp.), hasta ceibas (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), parotas (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.), tepehuajes (*Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth.) y zapotes (*Casimiroa edulis* La Llave & Lex.; Romero Martínez, 2017).

En la localidad de Piumo habitan alrededor de 145 personas (INEGI, 2017); la actividad económica principal es el aprovechamiento forestal no maderable (extracción de resina), la agricultura de temporal (con un interés creciente por la siembra del agave) y la ganadería de especies mayores; algunas familias de la localidad también llevan a cabo

actividades apícolas (Reyes-González, 2016). El área en donde se encuentran los individuos de *Inga* utilizados para el presente estudio, se encuentran al borde de un arroyo perenne. Dentro del área se cultiva maíz de temporal y se realiza pastoreo ocasional (Figura 3).

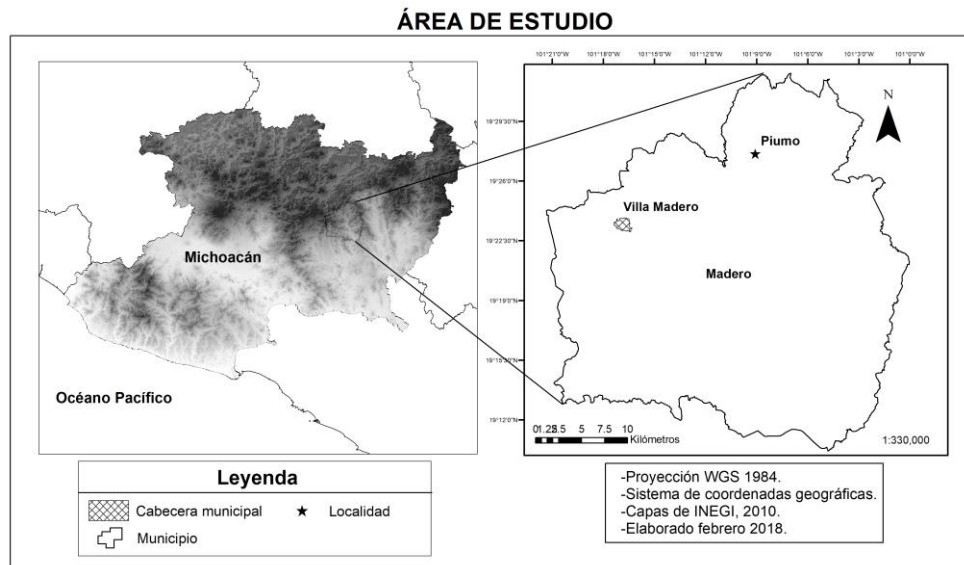


Figura 2. Ubicación de la localidad de Piumo, Madero, Michoacán.



Figura 3. Mapa del sitio de estudio y ubicación de ejemplares de *Inga*.

7. Métodos

La zona de estudio se comenzó a visitar a partir de febrero del 2016, realizando visitas semanales hasta abril del mismo año. En abril se hizo un muestreo de 24 horas de néctar y observación de visitantes florales. A partir de mayo disminuyó la frecuencia de las visitas de campo, aunque se siguieron efectuando hasta octubre del 2016. A continuación se describen los métodos utilizados por ejes temáticos de acuerdo a los objetivos.

7.1 Identificación taxonómica de *Inga*

Se realizaron colectas botánicas de los ejemplares de *Inga* con inflorescencias. Las muestras fueron colocadas en prensas botánicas de madera. Después de dos semanas, los ejemplares estaban secos, por lo que pasaron directamente al congelador para eliminar agentes biológicos que pudieran deteriorar a los ejemplares.

Posteriormente, se colectaron ejemplares de ramillas con frutos. Éstos fueron dispuestos también en las prensas botánicas. Debido a que los frutos contienen mayor cantidad de humedad que las inflorescencias, estos ejemplares se metieron a un secador a 45°C por 5 días. Después fueron colocados en el congelador. Tanto el secador como el congelador se encuentran en el Ecojardín del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) de la UNAM. Una vez listo el material vegetal herborizado, se realizó la identificación de los individuos trabajados.

Posterior a su identificación, los ejemplares colectados fueron etiquetados y enviados al Herbario Nacional del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU; ver anexo).

7.2 Fenología floral

Se comenzaron las salidas de campo a partir del 26 de febrero del 2016, continuándose de manera semanal hasta abril, con el fin de registrar el comienzo y término de la floración. El criterio para determinar el inicio de la floración fue que se observaran flores en antesis. Se determinó el final de la floración cuando dejaron de observarse flores en antesis. A su vez, se registraba la intensidad de la floración, con base en la densidad máxima de flores (0%= sin flores; <50%= baja densidad de flores; >51%= densidad típica de flores). Las visitas se prolongaron para tener el registro de la fructificación, desde el inicio de vainas visibles hasta su abscisión, y se realizaron mediciones de la longitud de la vaina. Las observaciones se realizaron a nivel individuo.

Entre los individuos estudiados, se observó el desarrollo de las flores, obteniendo la hora de los siguientes tres eventos:

- a) Antesis: El momento en que comienza la apertura del botón.
- b) Antesis total: El momento en el que los estambres se han extendido completamente.
- c) Senescencia: El momento en el que los estambres comienzan a marchitarse, perdiendo vigor.

Para capturar las horas de estas fases florales, se grabaron las inflorescencias cada hora a partir de las 08:00 h del primer día, hasta las 06:00 h del siguiente día totalizando un periodo de 22 horas continuas de monitoreo.

7.3 Medición de néctar de *Inga*

Con base en las observaciones de campo de la floración de *Inga*, se decidió realizar los muestreos de néctar el 20 de abril, fecha intermedia al evento de floración en la población monitoreada.

Las mediciones para el registro de producción y disponibilidad de néctar se realizaron a lo largo de 24 h empleando el método propuesto por Rodríguez-Oseguera (2010) y Cruz-Neto y colaboradores (2014) con algunas modificaciones, las cuales se describen a continuación.

Para realizar las extracciones de néctar, se utilizaron botones florales. Éstos debían mostrar indicios de alcanzar su antesis durante las siguientes horas, además de que no presentaran daños. Aquellos botones que cumplieran estos requisitos se cubrieron con una bolsa de tela opalina para evitar el robo del néctar que afectaría las mediciones. Se tuvo cuidado que la bolsa no ejerciera presión sobre el botón y se dejó suficiente espacio para que la flor abriera completamente, evitando así afectar la producción de néctar (ver anexo). Las extracciones manuales de néctar comenzaron a partir de las 13:00 h del primer día, hasta las 11:00 h del día siguiente, realizándose cada dos horas en 3 flores diferentes cada vez, pertenecientes a alguno de los tres individuos seleccionados (36 flores en total).

Los muestreos fueron destructivos, cortando la flor por debajo del cáliz para separarla de la rama. Para dejar la cámara nectaria más accesible a las jeringas de extracción, se cortaron los tubos estaminales, y en caso de ser necesario, también la corola. Para las extracciones se utilizaron jeringas de BD-U Insulin de 0.5 ml/cc. La determinación del azúcar se realizó con una gota del néctar mediante un refractómetro ABT-32 marca Vee Gee[®], calibrado con agua destilada previo a cada medición (ver anexo).

A partir de las muestras colectadas se obtuvieron los siguientes parámetros para crear curvas de néctar en un ciclo de 24 h:

- a) Concentración promedio de azúcares por unidad de tiempo con su desviación estándar.
- b) Disponibilidad acumulada de néctar con su desviación estándar.

Para la concentración promedio de azúcares contenida en el néctar por unidad de tiempo, se utilizaron los resultados de las tres flores usadas por muestreo y se calculó el valor promedio.

En el caso de la disponibilidad acumulada de néctar, se extrajo y midió el néctar de tres flores cada dos horas. La cantidad de néctar de las tres flores se promedió. Así se obtuvo la cantidad de néctar acumulado desde que comenzó la producción hasta que dejó de producirse entre los individuos monitoreados.

7.4 Visitantes florales de *Inga*

Los visitantes florales se clasificaron en dos gremios, diurnos y nocturnos, utilizando métodos distintos para cada uno, basados en Rodríguez-Oseguera (2010) y León (2013). Para el gremio diurno, se utilizaron tres cámaras digitales enfocadas cada una al último segmento de una rama, en donde hubiera flores abiertas y en botón del mismo individuo de *Inga* a aproximadamente un metro de distancia de las flores (ver anexo). En total, se filmaron 31 flores. Las cámaras se colocaron sobre peldaños de escaleras de aluminio tipo tijera a tres diferentes alturas. Las grabaciones se llevaron a cabo desde las 08:00 h hasta las 19:00 h del mismo día, periodo de tiempo en el que hubo Sol. Se filmaron 15 minutos cada hora. Al finalizar se obtuvieron 495 minutos totales de grabación diurna.

Para los visitantes nocturnos, se utilizaron dos de las mismas ramas que en las grabaciones diurnas. Se emplearon 2 cámaras marca Bushnell®, modelo 119436, instalados sobre escaleras, apuntando hacia 22 flores de dos árboles a aproximadamente un metro de distancia de los árboles. Las grabaciones tenían una duración de un minuto, con intervalos de tiempo de un minuto, llevándose a cabo desde las 21:00 h hasta las 07:00 h. Al finalizar se obtuvo un total de 600 minutos de grabación nocturna. El total de las filmaciones se

revisaron a detalle en laboratorio para realizar la identificación de los visitantes en los diferentes momentos del día.

Además del registro electrónico de los visitantes florales, se realizaron anotaciones en bitácoras de campo por medio de observación directa. Colateralmente, se colectaron insectos en campo con redes entomológicas aéreas. Los ejemplares fueron conservados en frascos de cristal y posteriormente montados en laboratorio.

Para las frecuencias de los visitantes, se siguieron utilizando por separado los gremios diurno y nocturno. La frecuencia absoluta es el total de visitas realizadas por un tipo de visitante floral, mientras que la frecuencia relativa es el porcentaje que éste representa dentro del total de visitas de su gremio.

Para analizar la riqueza de especies encontradas y la cobertura alcanzada con los muestreos, se utilizó el paquete de *R* iNext para interpolación y extrapolación, así como estimaciones de cobertura (Chao y Jost, 2012; Colwell et al. 2012). La cobertura de muestreo o *sample coverage*, definida por Chao y Lee (1992), es la proporción de lo observado con respecto al total posible estimado. La estimación se realiza por medio de la cantidad de especies con una sola aparición por muestreo o “*singletons*”, especies con dos apariciones por muestreo “*doubletons*” y número total de individuos. La siguiente fórmula representa esta estimación, en donde f_1 = número de *singletons*; f_2 = número de *doubletons*; n = número total de individuos:

$$\hat{C}_n = 1 - \frac{f_1}{n} \left[\frac{(n-1)f_1}{(n-1)f_1 + 2f_2} \right]$$

Otros estimadores utilizados para rarefacción/extrapolación, pueden ser engañosos a la hora de comparar riqueza entre comunidades, ya que el esfuerzo de muestreo suficiente para una comunidad puede no serlo para otras. Ya que la cobertura de muestreo utiliza la

proporción observada por comunidad para realizar rarefacción/extrapolación, puede dar una comparación más fiel (Chao y Lee, 1992).

Para realizar esta estimación, se construyó una base de datos en donde apareciera la cantidad de veces que aparece cada especie en cada cámara, siendo cada cámara una unidad de muestreo.

8. Resultados

8.1 Descripción taxonómica de *Inga*

Con el apoyo de expertos del laboratorio de Biogeografía y Conservación del IIES se identificó que los individuos trabajados pertenecen a *Inga vera* Willd. subsp. *eriocarpa* (Benth.) J. León. De acuerdo con León (1966), es la especie más compleja del género, originaria probablemente de Sudamérica. León (1966) afirma que a pesar de la alta variabilidad que presenta esta especie, existen diferencias morfológicas para agruparla en tres categorías subespecíficas: 1) *Inga vera* subsp. *vera* presente en las Antillas Mayores; 2) *Inga vera* subsp. *spuria* la cual se distribuye de Coahuila y Tamaulipas a Tabasco y en las tierras bajas de Guerrero a Chiapas, en México, así como en algunas regiones de Guatemala a Panamá, e 3) *Inga vera* subsp. *eriocarpa* que habita las tierras altas de México, de Sinaloa a Morelos y Chiapas.

En cuanto al estado de conservación de *Inga vera* subsp. *eriocarpa*, se encontró que no se incluye en la Lista Roja de Árboles de Bosques de Niebla Mexicanos descritos por González-Espinosa *et al.* (2011). Esto significa que en bosques de niebla en México las poblaciones de esta en México se encuentran estables, sin embargo no se ha evaluado su situación dentro de otros ecosistemas.

8.2 Fenología floral

La floración de *Inga vera* comienza a mediados de marzo. A partir del 6 de mayo, la intensidad de la floración había disminuido, aunque aún había flores remanentes. Para el 23 de mayo, ya no había flores en antesis. El 16 de junio se registraron vainas con longitud máxima de 11 cm, y a partir de septiembre, se encontraron en estado de descomposición tanto en el piso como aún adheridas a las ramas del árbol. También se localizaron vainas con signos de haber sido consumidas por animales.

Se concluye que la floración de *Inga vera* en el sitio estudiado, tuvo una duración de 60 días, comenzando a mediados de marzo y terminando a mediados de mayo. La mayor intensidad de flores se alcanzó a los 30 días del comienzo de la floración. La fructificación comenzó a ser visible a principios de junio, mientras que las vainas comenzaron sus abscisión a principios de septiembre, dando fin al evento de fructificación, teniendo una duración total de 4 meses (Figura 4).

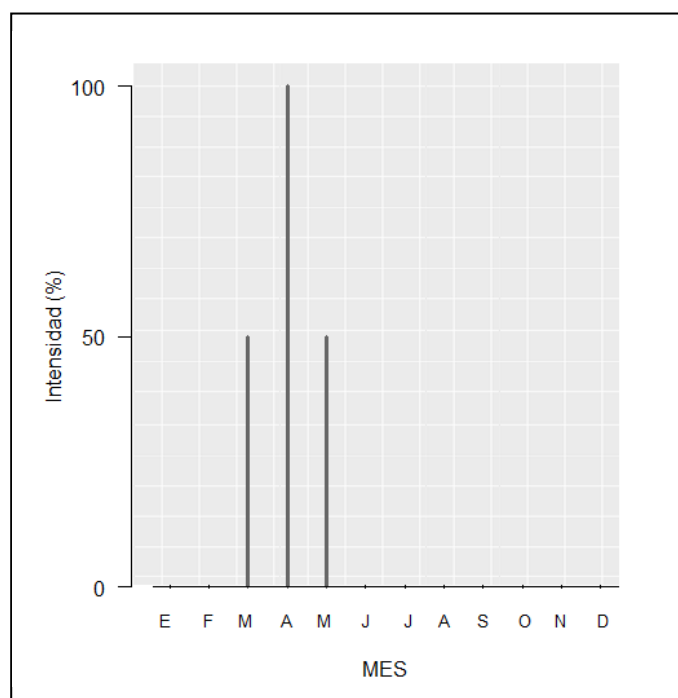


Figura 4. Periodo de floración de *Inga vera* a nivel individuo.

En cuanto a las fases florales, se registró que la antesis comienza a las 10:00 h y alcanza antesis total a las 13:00 h, mientras que la senescencia comienza a las 10:00 h del día siguiente. Una vez que la flor entraba en antesis, permanecía en ese estado hasta su senescencia, cumpliendo su ciclo en alrededor de 24 h (Tabla 2).

		8 de abril, 2016													9 de abril, 2016										
Horas		10	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Fenofases	Antesis	■																							
	Antesis total				■																				
	Senescencia																							■	

Tabla 2. Antesis y senescencia de flores de *Inga vera*. El comienzo de la antesis se dio entre 10 a 12 h. La antesis total se alcanzó a las 13 h hasta las 8 h. La senescencia comenzó entre 9 y 10 h.

8.3 Medición de néctar

Los muestreos de medición de néctar comenzaron a las 13:00 h, sin embargo, no fue hasta las 17:00 h cuando empezó a registrarse néctar disponible. La cantidad de néctar disponible aumentó constantemente hasta las 09:00 h del siguiente día, cuando alcanzó una disponibilidad máxima de 70 μ L (SD= \pm 30). Posteriormente, el néctar disminuyó a 63 μ L a las 11:00 h (SD= \pm 15.27), lo que indica una reabsorción del líquido (Figura 5).

La primera producción de néctar tuvo una concentración de azúcares de 22.43 °Bx (SD= \pm 0.66), la concentración más alta muestreada. A las horas siguientes, la concentración bajó, con lo cual se obtuvo un rango de 14.28-22.43 °Bx (Figura 6).

Cabe señalar que durante la noche se presentó una ligera lluvia, razón por lo cual es posible una infiltración de agua a la cámara nectaria de las flores. Esto es especialmente probable en el muestreo de las 23:00 h debido a que fue el momento en el que más se produjo néctar, y fue acompañado de las concentraciones más bajas (14.50 °Bx; SD= \pm 3.05).

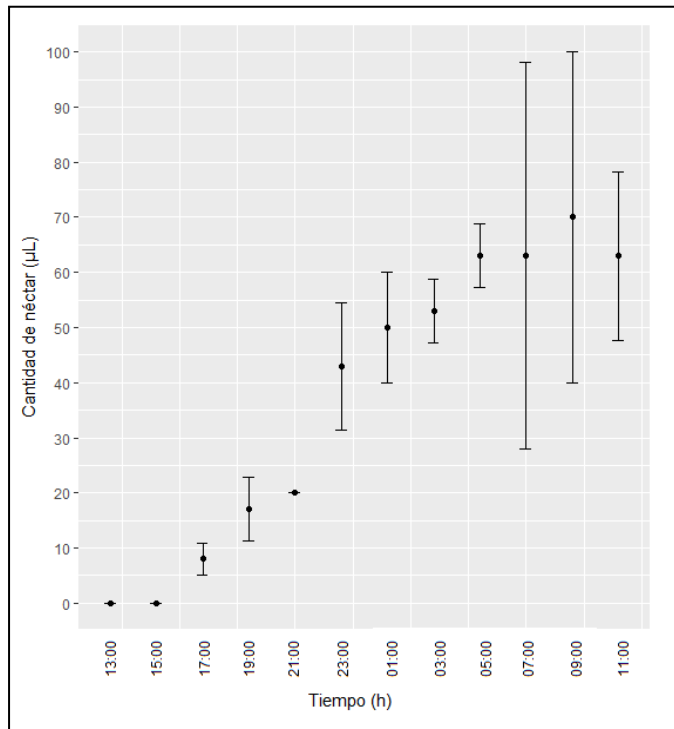


Figura 5. Cantidad de néctar acumulado a lo largo de 24 h. Se muestra el promedio de tres flores (μL) con su desviación estándar.

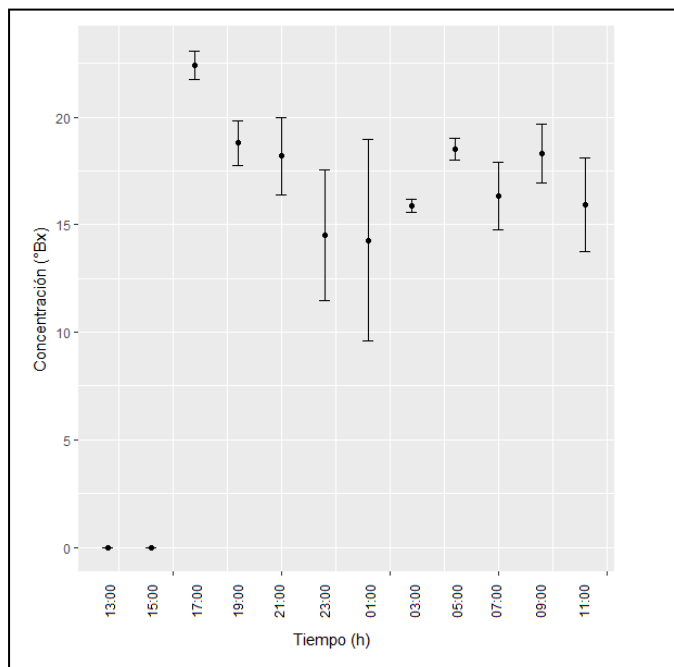


Figura 6. Concentración de néctar a lo largo de 24 h. Promedio de tres flores ($^{\circ}\text{Bx}$) con su desviación estándar.

8.4 Visitantes florales

Se registraron 14 morfoespecies como visitantes florales. Durante el día se registraron 12 morfoespecies, mientras que durante la noche aparecieron 2 morfoespecies.



Figura 7. Visitantes florales diurnos sobre las flores de *Inga vera*. A) Vespidae B) *Amazilia beryllina* C) *Eulaema* sp.

En las filmaciones diurnas (08:00-19:00 h), se registraron 10 visitantes florales diferentes. Además, por observación directa se registraron 2 visitantes más. El visitante más común fue *A. mellifera*, el cual mostró una frecuencia relativa del 52%. El segundo más frecuente pertenecía a la familia Largidae con una frecuencia de 17%; Vespidae tuvo una frecuencia de 13%; un artrópodo no identificado, que probablemente pertenece a la superfamilia Aphidoidea o al orden Tysanoptera, tuvo una frecuencia de 6%. Otros visitantes que tuvieron una frecuencia de 2%, fueron de los órdenes Lepidoptera y Muscidae, las tribus Xylocopini y Euglossini pertenecientes a la familia Apidae, el ave *Amazilia beryllina* Deppe, 1830, y un artrópodo no identificado. Los visitantes que no fueron captados en filmación, y que por lo tanto no se obtuvieron datos de frecuencia, fueron *Icterus wagleri* P. L. Sclater, 1857 y *Eulaema* Lepeletier, 1841. (Figura 7; Tabla 3).

Tabla 3. Visitantes florales diurnos y sus frecuencias de visita.

ORDEN	FAMILIA	TRIBU	GÉNERO	ESPECIE	FRECUENCIA	FRECUENCIA
					ABSOLUTA	RELATIVA
Himenóptera	Apidae	Apini	<i>Apis</i>	<i>mellifera</i>	27	52%
Hemíptera	Largidae	-	-	-	9	17%
Himenóptera	Vespidae	-	-	-	7	13%
	Aphidoidea o Tisanóptero				3	6%
Apodiforme	Trochilidae	-	<i>Amazilia</i>	<i>beryllina</i>	1	2%
Himenóptera	Apidae	Euglossini	-	-	1	2%
Himenóptera	Apidae	Xylocopini	-	-	1	2%
Díptera	Muscidae	-	-	-	1	2%
Lepidóptera	-	-	-	-	1	2%
	Artrópodo No Identificado				1	2%
Himenóptera	Apidae	Euglossini	<i>Eulaema</i>	-	N/A	N/A
Passeriforme	Icteridae	-	<i>Icterus</i>	<i>wagleri</i>	N/A	N/A

N/A= visitantes registrados mediante observación directa, por lo que no hay datos sobre sus frecuencias.

Los patrones de actividad de *A. mellifera* muestran mayor actividad desde las 10:00 h hasta las 13:00 h, después de lo cual va decreciendo paulatinamente hasta las 18:00 h. La chinche Largidae, tiene un patrón irregular, concluyendo su actividad a las 15:00 h. La avispa de la familia Vespidae estuvo activa desde las 13:00 h hasta las 16:00 h. Finalmente el insecto “Aphidoidea o Tisanóptero”, parece tener mayor actividad crepuscular, llegando al máximo de actividad a las 19:00 h (Figura 8).

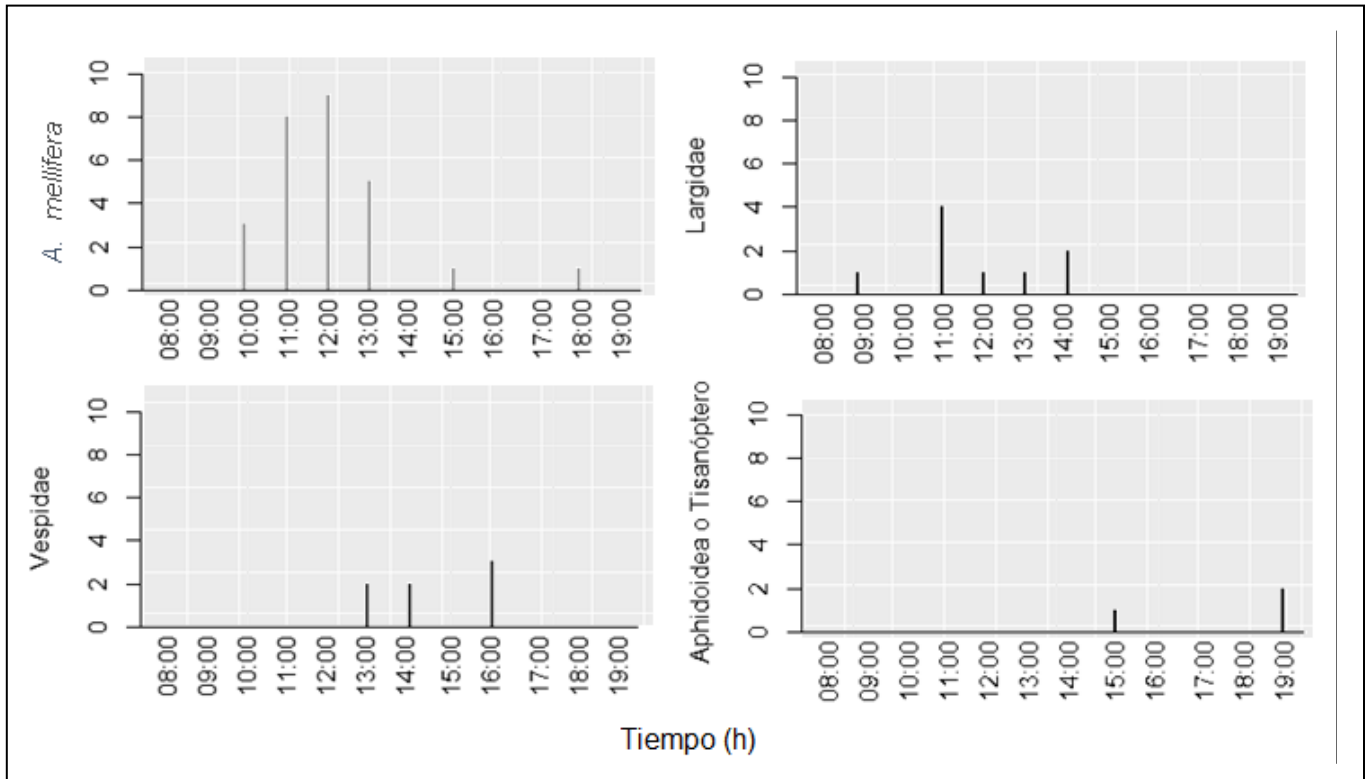


Figura 8. Visitantes florales diurnos más frecuentes. Se muestra la suma de las visitas registradas en las cámaras a cada hora. Las abscisas representan la hora de visita; las ordenadas indican la cantidad de visitas.

Los visitantes florales nocturnos fueron registrados a partir del 19 de abril a las 21:00 h hasta el 20 de abril a las 06:00 h en 22 flores de 2 árboles. En las filmaciones se encontraron esfíngidos (Sphingidae) y murciélagos (Chiroptera). Los murciélagos fueron filmados visitando las flores con una frecuencia relativa de 68%, mientras que los esfíngidos tuvieron una frecuencia relativa de 32% (Tabla 4). Cada morfoespecie de visitantes nocturno puede corresponder a un o varias especies, pero no es posible corroborarlo mediante las filmaciones.

Tabla 4. Visitantes florales nocturnos y sus frecuencias de visita.

ORDEN	FAMILIA	FRECUENCIA	FRECUENCIA
		ABSOLUTA (VISITAS)	RELATIVA (%)
Chiroptera	-	49	68%
Lepidoptera	Sphingidae	23	32%

La actividad de los murciélagos persistió durante toda la noche, descendiendo después de las 05:00 h, y desapareciendo completamente después de las 06:30. Los esfíngidos tuvieron una mayor actividad durante las 21:00 h, durante lo cual se registró el 28% de su frecuencia. Después de este pico de actividad, los esfíngidos no arribaron hasta las 03:00 h y a las 05:00 h pero con una frecuencia menor al 3% (Figura 9). La salida del Sol fue a las 07:10 h.

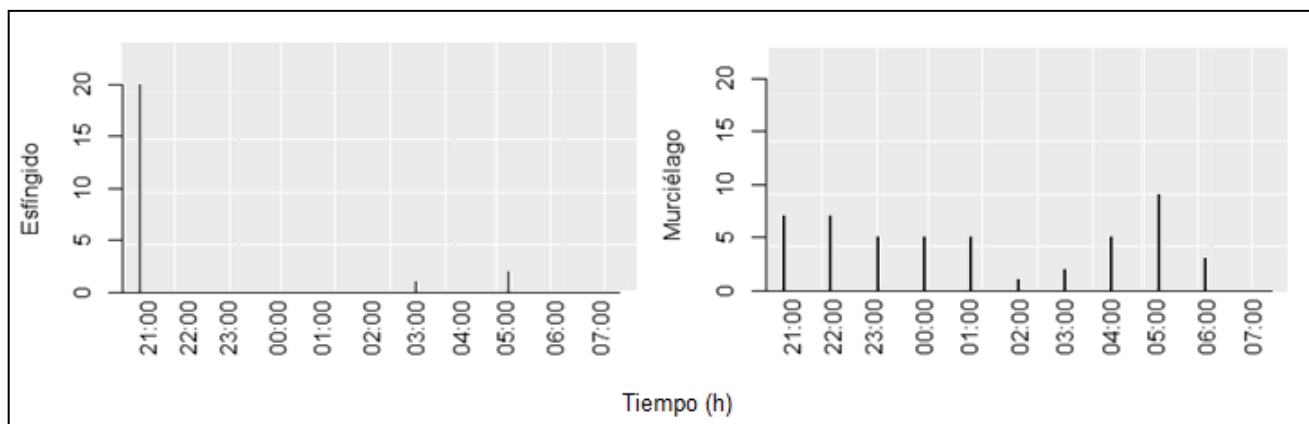


Figura 9. Visitantes florales nocturnos más frecuentes. Se muestra la suma de las visitas registradas en las dos cámaras.

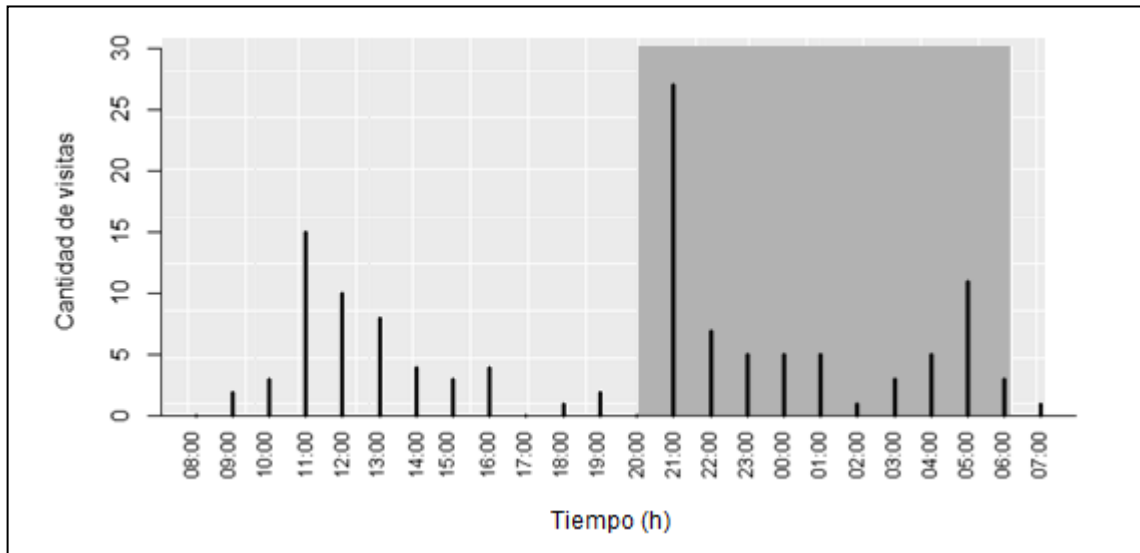


Figura 10. Cantidad de visitas florales durante 24 h. El cuadro gris obscuro indica las horas sin Sol.

Comparando la cantidad de visitas del gremio nocturno y diurno, se obtiene que durante la noche, se registró 58% de las visitas totales (71 visitas), mientras que en el día fue el 42% (51 visitas; Figura 10). La hora con la mayor cantidad de visitas fue a las 21:00 h, con el 22% de las visitas totales (27 visitas), coincidiendo con la hora en la que hubo mayor cantidad de néctar disponible (70 μ L).

En la Figura 11 se muestra la riqueza de visitantes encontrados por medio de filmación (10 visitantes diurnos; 2 visitantes nocturnos) y la cobertura que ésta representa. En los datos nocturnos, se obtiene que la cobertura alcanzó el 1.0, lo cual significa que el muestreo fue suficiente para encontrar la riqueza total de visitantes nocturnos. En cuanto a los visitantes diurnos, la cobertura del muestreo fue de .927. Extrapolando la cobertura al 1.0, se estima que se puede encontrar una media de 13 morfoespecies; el *lower confidence limit* (LCL), o la riqueza más baja posible mediante aleatorizaciones, es de 4.967, mientras

que el *upper confidence limit* (UCL), es decir, la riqueza más alta posible mediante aleatorizaciones, es de 22.8.

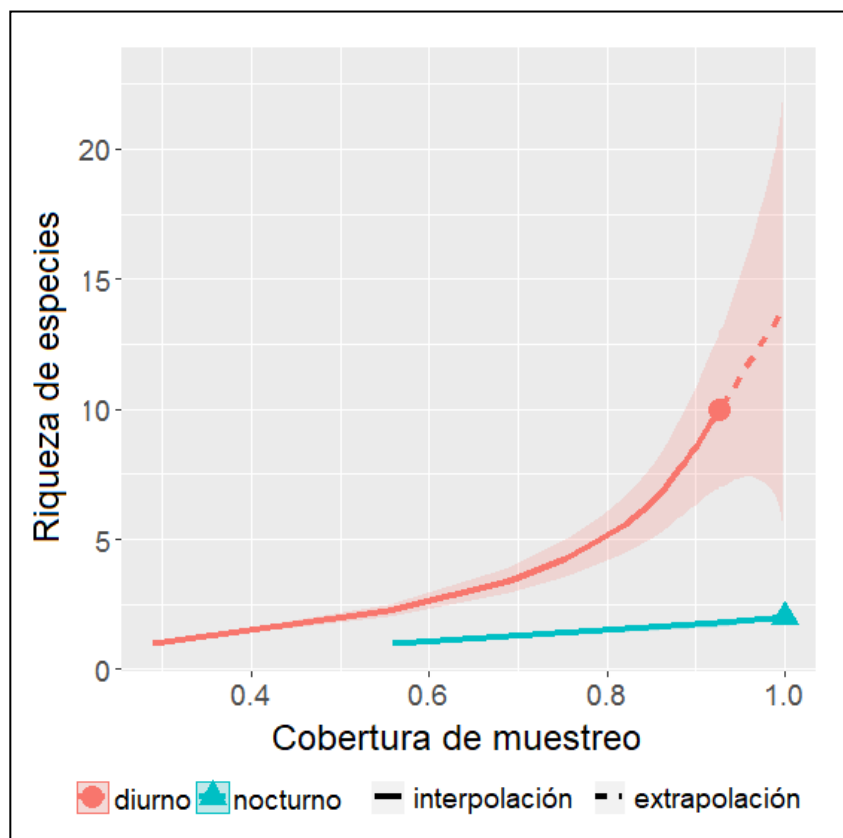


Figura 11. Cobertura del muestreo de riqueza de visitantes florales. Riqueza de visitantes diurno= 10 morfoespecies. Cobertura de muestreo diurno= .927. Riqueza de visitantes diurnos extrapolado al 1.0= 13 (UCL= 22.8; LCL= 4.967). Riqueza de visitantes nocturnos registrada= 2; cobertura de muestreo nocturna= 1.0.

9. Discusión y conclusiones

Debido a que la floración tiene una duración aproximada de 60 días, el tipo de floración de *I. vera* es anual, según la clasificación de Newstrom y colaboradores (1994). Este tipo de floración se caracteriza por ofrecer una gran cantidad de flores sólo una vez al año (Romero-Martínez, 2017) y ser muy regular en cuanto a sus periodos de floración (Newstrom *et al.*, 1994). Otras especies del género *Inga* presentan diferentes tipos de

floración, pero también difieren en sus fases florales como lo demuestran algunos estudios (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de floración y fases florales de diferentes especies de *Inga*.

	LUGAR	TIPO DE FLORACIÓN	COMIENZO ANTESIS (h)	ANTESIS TOTAL (h)	COMIENZO SENESCENCIA (h)	DURACIÓN DE ANTESIS (h)
<i>Inga vera</i> subsp. <i>eriocarpa</i> *	Michoacán	Anual	11:00	13:00	11:00 [‡]	24
<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> ¹	Brasil	-	12:00	17:30	9:00 [‡]	21
<i>Inga striatta</i> ¹	Brasil	-	13:30	17:30	6:00 [‡]	16.5
<i>Inga ingoides</i> ¹	Brasil	-	13:30	17:00	6:00 [‡]	16.5
<i>Inga subnuda</i> subsp. <i>luschnatiana</i> ³	Brasil	Subanual	9:00 y 15:00	-	9:00 [‡] y 15:00 [‡]	24
<i>Inga sessilis</i> ²	Brasil	Continua	11:00	17:00	11:00 [‡]	24

[‡] Hora del día siguiente.

*Datos del presente trabajo.

¹ Cruz-Neto et al., 2014.

² Amorim et al. 2013.

³Ávila Jr. et al. 2015.

En el caso de *Inga subnuda* subsp. *luschnatiana*, su floración es sub-anual, presentándose dos veces al año, por esta razón tiene dos datos diferentes para su comienzo de antesis y senescencia. En el caso de *I. sessilis* se presenta una floración continua durante todo el año. Para *I. vera* subsp. *affinis*, *I. striatta* e *I. ingoides* no había datos sobre el tipo de floración. En cuanto a las horas de las fases florales y la duración de la flor, hay pocas diferencias entre nuestra especie y las demás.

Tabla 6. Comparación de producción y concentración de néctar de diferentes especies de *Inga*.

	CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES (°Bx)	VOLUMEN MÁXIMO DE NÉCTAR (μL)	HORA DE INICIO DE DISPONIBILIDAD DE NÉCTAR (h)	COMIENZO DE REABSORCIÓN DE NÉCTAR (h)
<i>Inga vera</i> subsp. <i>eriocarpa</i> *	14.28 - 22.43	70 (SD= ±30)	17:00	11:00 [‡]
<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> ¹	12 - 20	55 (SD= ±2)	13:00	00:00 [‡]
<i>Inga striatta</i> ¹	18 - 22	53 (SD= ±5)	13:00	N/A
<i>Inga ingoides</i> ¹	15 - 19	47 (SD= ±0)	13:00	N/A
<i>Inga subnuda</i> subsp. <i>luschnatiana</i> ²	13 - 18	58 (SD= ±12)	15:30 y 18:30	6:30 [‡]
<i>Inga sessilis</i> ³	6.6 - 12.6	286 (SD= ±85.91)	11:00	9:30 [‡]

[‡] Hora del día siguiente.

*Datos del presente trabajo.

¹ Cruz-Neto et al., 2014.

² Amorim et al. 2013.

³ Ávila Jr. et al. 2015.

Comparando los resultados de néctar entre especies del género (Tabla 6), se encuentra que *I. vera* subsp. *eriocarpa* parece tener la mejor oferta de néctar considerando cantidad y calidad. Hay poca diferencia en cuanto a la concentración de azúcares entre las especies, siendo *Inga vera* subsp. *eriocarpa* la que presentó mayor concentración, aunque muy similar a *I. striatta*. En cuanto al volumen de néctar *I. vera* alcanzó la segunda mayor cantidad de μL, siendo superada por *I. sessilis*.

Por su parte, la producción de néctar en especie estudiada comenzó a las 17:00 h y fue continuo hasta las 09:00 h. Para el muestro de las 11:00 h, la disponibilidad de néctar había disminuido 7 μL. Ya que la senescencia comienza a las 11:00 h, es probable que el néctar comience a ser reabsorbido a esta hora, como una estrategia de ahorro de energía

(Nepi y Stpiczynska, 2008). En otras especies, la reabsorción se presentaba unas horas antes del comienzo de la senescencia, con excepción de *I. striatta* e *I. ingoides*.

Tomando en cuenta que el néctar en *I. vera* subsp. *eriocarpa* comienza a producirse en la tarde y a reabsorberse en la mañana del día siguiente, se podría interpretar como un favorecimiento a las visitas nocturnas. Cabe mencionar que a pesar de que se observa esta tendencia en la producción de néctar, no significa que el néctar desaparezca completamente y tampoco se observa reducción en su concentración de azúcares. Por esta razón, los visitantes florales diurnos pueden continuar buscando néctar y libando en las flores.

Cruz-Neto y colaboradores (2014) describen que el síndrome de polinización de algunas especies de *Inga* es por esfíngidos, aunque sus flores también ofrecen recursos para visitantes diurnos. Esto puede conllevar ventajas reproductivas, ya que discuten que algunos visitantes nocturnos migran de su zona de estudio. Los visitantes diurnos son más constantes a lo largo del año, teniendo efecto sobre la oferta de recursos que provee la flor a sus potenciales polinizadores. Sería importante evaluar este supuesto en Michoacán, ya que no se sabe si los visitantes en la zona migren o si tienen comportamientos de migración distintos a los de Brasil.

Las especies de visitantes difirieron entre los estudios, pero al nivel de orden taxonómico no hubo gran diferencia. Durante el día, se registró presencia de insectos y aves en todas las especies de *Inga* (Tabla 7). Los visitantes diurnos reconocidos como los más comunes en los diferentes estudios fueron Apidae y Trochilidae (Amorim *et al.*, 2013; Cruz-Neto *et al.*, 2014; Ávila Jr. *et al.*, 2015). Estos mismos fueron reportados como polinizadores de *Inga* en las demás investigaciones. En el presente estudio, Apidae también fue el visitante más común en las videograbaciones. Aunque sólo se filmó un colibrí, en las copas de los árboles había gran actividad de esta familia y otros visitantes que,

desafortunadamente, no se pudieron filmar por la altura de las cámaras. Por esta razón, no se puede descartar una subestimación de visitas de colibríes y otras familias.

Tabla 7. Comparación de los visitantes florales diurnos en diferentes especies de *Inga*.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIES DE <i>INGA</i>					
			<i>Inga vera</i>		<i>Inga striata</i> ¹	<i>Inga ingoides</i> ¹	<i>Inga sessilis</i> ²	<i>Inga subnuda</i> subsp. <i>luschnatiana</i> ³
			Subsp. <i>eriocarpa</i> *	Subsp. <i>affinis</i> ¹				
INSECTA	Hymenoptera	Apidae	4	5	4	4	‡	3
		Vespidae	1	2	2	2	-	1
		Heliconius	-	-	-	-	-	1
	Lepidoptera	Sphingidae	-	-	-	-	‡	-
		Hesperiidae	-	-	-	-	-	1
		Sp.	1	-	-	-	-	-
	Díptera	Muscidae	1	-	-	-	-	-
	Hemíptera	Largidae	1	-	-	-	-	-
Apodiforme	Trochilidae	1	4	7	7	4	2	
AVE	Passeriforme	Emberizidae	-	1	-	-	-	-
		Icteridae	1	-	-	-	-	-

Nota: Se indica el número de especies o morfoespecies registradas por grupo taxonómico.

‡ Cantidad de especies o morfoespecies encontradas no reportadas.

*Datos del presente trabajo.

¹ Cruz-Neto et al., 2014.

² Amorim et al. 2013.

³ Ávila Jr. et al. 2015.

Considerando lo reportado por otras investigaciones de *Inga*, así como en observaciones de campo propias, se plantea que en Piumo las especies que probablemente sean polinizadores diurnos son: *Apis mellifera*, *Eulaema* sp., *Xylocopa* sp., *Icterus wagleri* y *Amazilia beryllina*. Los demás visitantes posiblemente no sean polinizadores si no posibles robadores de néctar o visitantes fortuitos debido a que i) No entran en contacto las anteras como Muscidae, ii) hurtaban el néctar destruyendo el cáliz como Vespidae, o iii) su cantidad de visitas era mínima como Lepidoptera. Las especies que se consideran polinizadores sí entraban en contacto con los estambres y tenían una cantidad de visitas relativamente alta. Aun así, es importante recalcar que a pesar de estas observaciones, se necesitan más investigaciones para evaluar si éstos cargaban polen, lo depositaban en el

estilo correctamente y aportaban a la producción de frutos para ser considerados o no como polinizadores.

Con base en observaciones directas durante el día, se identificó un patrón en las visitas de las aves (*Icterus wagleri* y *Amazilia beryllina*), las cuales comenzaban su actividad desde el amanecer hasta las 12:00 h, después de lo cual cesaban su actividad, retomándola desde las 17:00 h hasta el anochecer. Estas observaciones pueden estar relacionadas con la disponibilidad de néctar y de flores, ya que a las 11:00 h comienza la reabsorción de néctar y senescencia, y hasta las 17:00 h comienza la secreción néctar de las nuevas flores. Por otro lado, *A. mellifera* se registró durante horarios en los cuales la cantidad de néctar no era mucha, pero sus horarios de forrajeo son los observados generalmente en esta especie (Reyes Carrillo y Cano Ríos, 2014). Esto indica que la presencia de algunos visitantes, no sólo responde a la cantidad o calidad de recursos, sino a hábitos inherentes a su especie.

En cuanto a la comunidad de abejas encontrada en *Inga vera*, es remarcable la ausencia de abejas nativas en el sistema biológico, dado que es un árbol con buena calidad y cantidad de néctar. Especialmente la ausencia de meliponinos es interesante, ya que es un grupo altamente generalista y presente en la zona de estudio (Reyes-González, 2016). Esta ausencia se puede adjudicar a cuestiones climáticas del día del muestreo, como vientos, nubosidad o lluvias ligeras en algunos momentos del día, lo cual disminuye la actividad de pecoreo de las abejas (Michener, 2007). Otra explicación es el posible desplazamiento del nicho ecológico por competencia con *Apis mellifera* u otros de los visitantes encontrados. La interacción competitiva entre *A. mellifera* y abejas nativas sigue siendo debatido, aunque el consenso general concuerda que hay competencia por evasión y, en algunos casos, con agresión (Villanueva-Gutiérrez y Roubik, 2004; Cairns *et al.*, 2005; Roubik, 2009;

Geldmann y González-Varo, 2018). Otra razón puede ser evasión de depredadores, como aves (Durães y Marini, 2005). También puede estar relacionado a que simplemente no es un recurso que les sea atractivo o que no haya nidos de abejas nativas cercanas al sitio de estudio.

Para el gremio nocturno, en este estudio y los demás artículos revisados se reportó presencia de las familias Sphingidae y Glossophaginae, y sólo en algunos, se reportó presencia de la familia Noctuidae (Tabla 8; Amorim *et al.*, 2013; Cruz-Neto *et al.*, 2014; Ávila Jr. *et al.*, 2015). En las especies de *Inga* en donde estuvieron presentes las tres familias, todos se consideraron como polinizadores y en conjunto, sobrepasan la eficiencia del gremio diurno. Trabajos previos hacen énfasis en la importancia de especies de Sphingidae como polinizadores (Amorim *et al.*, 2013; Cruz-Neto *et al.*, 2014; Ávila Jr. *et al.*, 2015). Con base en lo reportado, se considera que probablemente en *I. vera* subsp. *eriocarpa*, Sphingidae también sea el polinizador más eficiente.

En la presente investigación no se colectaron los visitantes nocturnos, por lo que no se puede saber con certeza qué especies estuvieron presentes. Aun así, por medio de revisión bibliográfica se determinó que hay por lo menos cuatro especies de murciélagos que pueden estar presentes en la zona, los cuales son *Choeronycteris mexicana* Tschudi, 1844, *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), *Leptonycteris nivalis* (Saussure, 1860) y *L. yerbabuena* Martínez and Villa-R., 1940 (Medellin *et al.*, 2008). De éstas, *G. soricina* es la especie que más probablemente estuvo en el sitio de estudio (Ávila Cabadilla, 2017, Comunicación personal).

Tabla 8. Comparación de visitantes florales nocturnos en diferentes especies de *Inga*.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIES DE INGA					
			<i>Inga vera</i> Subsp. <i>eriocarpa</i> *	Subsp. <i>Affinis</i> ¹	<i>Inga</i> <i>striatta</i> ¹	<i>Inga</i> <i>ingoides</i> ¹	<i>Inga</i> <i>sessilis</i> ²	<i>Inga subnuda</i> subsp. <i>luschnatiana</i> ³
INSECTA	Lepidoptera	Sphingidae	‡	5	9	6	15	5
		Noctuidae	-	2	2	1	-	-
MAMMALIA	Quiróptera	Glossophaginae	‡	1	1	1	3	1

Se indica el número de especies o morfoespecies registradas por grupo taxonómico.

‡ Cantidad de especies o morfoespecies encontradas no reportadas.

*Datos del presente trabajo.

¹ Cruz-Neto *et al.*, 2014.

² Amorim *et al.* 2013.

³ Ávila Jr. *et al.* 2015.

En cuanto a las flores y frutos, de manera empírica se observó una mayor cantidad en zonas más expuestas al Sol, aunque esto necesitaría ser puesto a prueba. La irradiación de Sol sobre las flores también puede tener efectos sobre la producción y concentración de néctar, lo que a su vez podría afectar la dinámica de presencia y competencia de los visitantes florales. Esto puede estar ligado a su vez a que se observó más actividad de visitantes en las copas de los árboles, a una altura mayor a lo registrado por las videocámaras. La idea de que hay más visitantes por registrar se apoya con el estimador de riqueza, ya que mediante aleatorizaciones, el *upper confidence limit* indica que se podrían encontrar hasta 23 visitantes diurnos. Es importante tomar esto en cuenta para futuras investigaciones, ya que la cantidad de visitantes que se alimentan de flores de *I. vera*, puede

ser mayor a lo reportado en el presente trabajo. Por esta razón, se recomienda continuar con esfuerzos para registrar la mayor cantidad de visitantes florales posibles.

Por otra parte, gente local de Piumo informó que *Inga* es llamado Huajiniquil y que es tolerado dentro de la zona, es decir, no se remueve ni se propaga intencionalmente. La gente utiliza la vaina para su consumo cuando está madura en el mes de octubre. También se tiene identificado al árbol como una fuente de “muchacha miel”, debido a la gran cantidad de visitantes florales que se observan libando, reforzando la idea de su importancia melífera. Aunque *Inga vera* no se encuentre amenazada, se debe tomar en cuenta que otras especies del mismo género sí lo están, por lo que es importante monitorear la población. Tomando en cuenta que la gente local le adjudica cualidades positivas a la especie, como las vainas comestibles y la oferta de néctar a visitantes florales, se considera que esfuerzos de propagación de la especie puedan tener éxito. Esto podría ser valioso para los ambientes riparios en los que se presenta *Inga* y para la melitofauna que se alimenta de sus recursos, por las características ya descritas en relación a su disponibilidad de néctar.

Para complementar esta investigación, se podrían realizar registros de polen, una fuente de proteína muy importante para los visitantes florales que también utilizan este recurso. Es posible que la cantidad y calidad de polen también sea un factor determinante para la frecuencia, abundancia y diversidad de visitantes. Aunado a la recompensa alimenticia por parte de los visitantes florales, la presencia de granos de polen es esencial para que ocurra una polinización. Por esta razón, conocer la dinámica de la disponibilidad de estos granos, en conjunto con las tasas de visita ayudaría a encontrar a los polinizadores más eficientes. Además mediante experimentos de polinización se podría evaluar la eficiencia de la polinización de cada gremio y definir quién es el polinizador más efectivo de *Inga vera*.

Es necesario identificar a los visitantes a nivel de especie para afinar más la riqueza de visitantes florales. Por ejemplo, en cuanto a los datos de visitantes nocturnos, obtuvimos un 100% de cobertura de los muestreos según el estimador estadístico de Chao y Jost (2012). Sin embargo, esto se realizó a nivel de familia, por lo que la cantidad de especies puede ser mayor a lo descrito y podría reducir la cobertura del muestreo. Nuestra estimación se puede considerar acertada en cuanto a grupos taxonómicos encontrados (Glossophaginae y Sphingidae).

Se concluye que *I. vera* subsp. *eriocarpa* es una especie que cumple un papel funcional como fuente de alimentos para la melitofauna de la zona. La alta concentración de azúcares y cantidad de néctar en relación a otras especies del género, indican una oferta de recursos altos en energía, que atraen visitantes tanto diurnos como nocturnos. Sin embargo, para evaluar la importancia de su papel funcional en la zona, es necesario estudiar la oferta de néctar de otras especies melíferas en la zona durante la época de secas.

Esta investigación es una primera aproximación a evaluar al género *Inga* como fuente de alimento melífero en México. Tomando en cuenta que varias especies del género se encuentran amenazadas (González-Espinosa *et al.*, 2011) y que también se ha registrado un declive de poblaciones de polinizadores a nivel global (Potts *et al.*, 2010), es importante continuar esfuerzos para entender la interacción entre ambos grupos, no sólo en Piumo, sino en el país. Esto ayudará a evaluar la importancia que tiene *Inga* de manera específica y las plantas angiospermas de manera general para los visitantes florales y su supervivencia, en relación a la comunidad vegetal en la que se encuentre. De esta manera, se genera información útil en el desarrollo de programas de conservación de polinizadores y del género *Inga*.

11. Bibliografía

- Aizen, M. A., Garibalidi, L. A., Cunningham, S. A. y Klein, A. M. 2008. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology* 18: 1572–1575.
- Alves-dos-Santos, I., da Silva, C. I., Pinheiro, M. y Kleinert, A. de M. 2016. Quando um visitante floral é um polinizador? [Artigo de Opinião]. *Rodriguesia* 67 (2): 295–307.
- Amorim, F., Galetto, L. y Sazima, M. 2013. Beyond the pollination syndrome: nectar ecology and the role of diurnal and nocturnal pollinators in the reproductive success of *Inga sessilis* (Fabaceae). *Plant Biology* 15: 317–327.
- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., & Oyama, K. 2009. Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation* 142: 1050–1057.
- Avila Jr, R., Pinheiro, M. y Sazima, M. 2015. The generalist *Inga subnuda* subsp. *luschnathiana* (Fabaceae): negative effect of floral visitors on reproductive success? *Plant Biology* 17 (3): 728–733.
- Cairns, C. E., Villanueva-Gutiérrez, R., Koptur, S. y Bray, D. B. 2005. Bee populations, forest disturbance, and africanization in Mexico. *Biotropica* 37(4): 686–692.
- Chao, A. y Jost, L. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* 93(12): 2533–2547.
- Chao, A. y Lee, S. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association*, 87(417), 210-217.
- Colwell, R., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S., Mao, C. X., Chazdon, R. L. y Longino, J. T. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5(1): 3–21.

- Cruz-Neto, O., Machado, I. C., Galetto, L. y Lopes, A. V. 2015. The influence of nectar production and floral visitors on the female reproductive success of *Inga* (Fabaceae): a field experiment. *Botanical Journal of the Linnean Society* 177: 230–245.
- Del Val, E. y K. Boege (Coords.). 2012. *Ecología y evolución de las interacciones bióticas*. México. FCE, UNAM, IE.
- Delaplane, K., y Mayer D. 2000. *Crop pollination by bees*. Inglaterra. CABI Publishing. 352 pp.
- Don, G. 1831. *A general history of the dichlamydeous plants: comprising complete descriptions of the different orders...the whole arranged according to the natural system*. Inglaterra. J.G and F. Rivington. 930 pp.
- Faegri, K., y Van der Pijl, L. 1966. *The principles of pollination ecology*. Nueva York. Pergamon. 244 pp.
- FAO. 2008. Report of the FAO expert workshop on climate change implications for fisheries and aquaculture. FAO Fisheries Report. No. 870. Italia. 32 pp.
- Freitas, L. 2013. Concepts of pollinator performance: is a simple approach necessary to achieve a standardized terminology? *Brazilian Journal of Botany* 36(1): 3–8.
- Geldmann, J., y González-Varo, J. P. 2018. Conserving honey bees does not help wildlife. High densities of managed honey bees can harm populations of wild pollinators. *Science* 359(6374), 392–393.
- González-Espinosa, M., Meave, J. A., Lorea-Hernández, F. G., Ibarra-Manríquez, G. y Newton, A. C. (Eds.). 2011. *The red list of Mexican cloud forest trees*. Cambridge, UK. Fauna & Flora International.
- Hogue, C. L. 1987. Cultural entomology. *Annual Review of Entomology* 32, 181–199.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. Espacio y datos de México. *En línea*: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?ag=160490078>

Fecha de consulta: 19 de abril del 2017.

IPBES. 2016. *Resumen para los responsables de formular políticas del informe de evaluación de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos.*

S.G Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis, R. Rader y B. F. Viana (eds.) pp. 1-28.

Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. y Tschardt, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 274(1608): 303–313.

Koptur, S. 1983. Flowering phenology and floral biology of *Inga* (Fabaceae: Mimosoideae). *Systematic Botany*, 8(4): 354–368.

León, A. 2013. Aspectos de la fenología, visitantes florales y polinización de *Agave inaequidens* Koch ssp. *inaequidens* (Agavaceae) en el estado de Michoacán. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

León, J. 1966. Central American and West Indian species of *Inga* (Leguminosae). *En*: Lewis, W. (Eds). *Annals of Missouri Botanical Garden*. 3ra edición. Eden Publishing House. Estados Unidos Americanos. pp. 265–359


- Lobo, J., Quesada, M., Stoner, K., Fuchs, E., Herrerías-Diego y., Rojas, J. y Saborío, G. 2003. Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany* 90(7): 1054–1063.
- McGregor, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated plants. *En línea*: <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20220500/onlinepollinationhandbook.pdf> Fecha de consulta: 10 de febrero del 2016.
- Medellín R. A., H. T. Arita y O. Sánchez H. 2008. *Identificación de los murciélagos de México. Clave de Campo* (2da ed.) México. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Michener, C. D. 2007. *The bees of the world* (2da ed.). Maryland. The Johns Hopkins University Press.
- Newstrom, L. E., Frankie, G. W. y Baker, H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica* 26(2): 141–159.
- Oelbermann, M., Gordon, A. y Kaushik, N. 2008. Biophysical changes resulting from 16 years of riparian forest rehabilitation: an example from the Southern Ontario agricultural landscape. *En*: Jose, S. y Gordon, A. (Eds). *Toward Agroforestry design: an ecological approach*. Springer Netherlands. Estados Unidos Americanos. pp. 13-27.
- Ollerton, J., Winfree, R. y Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321–326.
- Pantoja, A., Smith-Prado, A., García, A., Sáenz, A. y Rojas, F. 2014. *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe*. Santiago, Chile. FAO.

- Potts, S., G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. y Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts y drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25(6): 345–353.
- Reyes-González, A., Camou-Guerrero, A., Reyes-Salas, O., Argueta, A. y Casas, A. 2014. Diversity, local knowledge and use of stingless bees (Apidae: Meliponini) in the municipality of Nocupetaro, Michoacan, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10(47): 1-12.
- Reyes-González, A., Camou-Guerrero, A., Gómez-Arreola, S. 2016. From extraction to meliponiculture: A case study of the management of stingless bees in the West-Central Region of Mexico. *En: Dechechi Chambo E. Beekeeping and bee conservation. INTECH.* Pp. 201-223
- Rodríguez-Oseguera, A. G. 2010. Biología reproductiva de *Stenocereus quevedonis* (Ortega) Bravo en el Ejido La Pitirera, Municipio de Arteaga; Michoacán. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 60 pp.
- Román, L. y Palma, J. M. 2008. Árboles y arbustos tropicales nativas productores de néctar y polen en el estado de Colima, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 11(3): 3–24.
- Romero, C. y Alba-López, A. 2005. Taxonomía del género *Inga* Mill. *En* Forero, E. y Romero, C. (Eds). Estudios en leguminosas colombianas. Editora Guadalupe Ltda. Colombia. Pp. 111-129.
- Romero Martínez, D. 2017. Disponibilidad temporal de la flora api-botánica en distintos tipos de vegetación, en el municipio de Madero, Michoacán, México. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 83 pp.

- Roubik, D. W. 2009. Ecological impact on native bees by the invasive Africanized honey bee. *Acta Biológica Colombiana* 14(2): 115–124.
- Shoko, S. 2001. Phenological diversity in tropical forests. *Population Ecology* (43): 77–86.
- Sousa, M. 1993. El Genero *Inga* (Leguminosae: Mimosoideae) del Sur de México Y Centroamérica, estudio previo para la flora Mesoamericana. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80(1): 223–269.
- Sousa, M. 1995. Especie nueva de *Inga* (Leguminosae: mimosoideae) de la Sierra Madre Oriental, México. *Acta Botánica Mexicana* 31: 51–54.
- Tapia-Harris, C., Salgado, D.C. y Astorga de Ita, D. 2015. Flora melífera y polinífera. En: Toledo, V (Eds). El Kuojtakiloyan: patrimonio biocultural Nahuatl de la Sierra Norte de Puebla, México. CONACYT. México. Pp. 187-197
- The *Inga* Tree- IngaFoundation. 2014. En línea: <http://www.ingafoundation.org/the-inga-tree/>
Fecha de consulta: 23 de junio de 2016
- The Plant List. 2013. En línea: <http://www.theplantlist.org/> Fecha de consulta: 3 de febrero de 2016
- Van Schaik, C. P., Terborgh, J. W. y Wright, S. J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24(1): 353–377.
- Vance, C. P. 2001. Symbiotic Nitrogen fixation and Phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. *Plant Physiology* 127(2), 390-397.
- Vázquez-Yanez, C., Batis Muñoz, A. I., Alcocer Silva, M. I., Gual Díaz, M. y Sánchez Dirzo, C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación (Reporte técnico del proyecto J084). Conabio-Instituto de Biología, UNAM.

- Villanueva-Gutiérrez, R. y Roubik, D. W. 2004. Why are African honey bees and not European bees invasive? Pollen diet diversity in community experiments. *Apidologie* 35: 550–560.
- Woodcock, T. S., Larson, B. M. H., Kevan, P. G., Inouye, D. W., & Lunau, K. 2014. Flies and flowers II: Floral attractants and rewards. *Journal of Pollination Ecology* 12(8): 63–94.
- Yadav, R. K. y Yadav, A. S. 2008. Phenology of selected woody species in a tropical dry deciduous forest in Rajasthan, India. *Tropical Ecology* 49(1): 25–34.

12. Anexo

 **PLANTAS DE MEXICO: Michoacán**

Inga vera Willd. subsp. *eriocarpa* (Benth.) J. León **Fabaceae**

Localidad: Piñamo, a 6 km al E de Santas Marías, 19°27'37.6"N, 101°09'04.6"O, municipio de Madero.

Vegetación riparia, rodeada de bosque de pino-encino.

Alt. 1680 m 2 septiembre 2016

Árbol de 10 m con vainas maduras color café de 10-15 cm. Flores blancas de estambres largos presentes durante abril-mayo. Nombre común: Huajiniquil.

Col. Luz Abril Garduño Villaseñor (2)

Determinador: Ma. Guadalupe Cornejo Tenorio. Septiembre 2016.

Figura 1. Etiqueta de colecta para los ejemplares de *Inga vera*.



Figura 2. Flor y fruto de *Inga vera* subsp. *eriocarpa*. A) Corte de flor de *I. vera* subsp. *eriocarpa*. B) Vaina inmadura de *I. vera* subsp. *eriocarpa*.



Figura 3. Flor de *Inga* en diferentes fases. A) Botón de flor de *Inga vera* comenzando antesis. B) flores de *Inga vera* en antesis total.



Figura 4. Inflorescencias cubiertas para evitar robo de néctar.

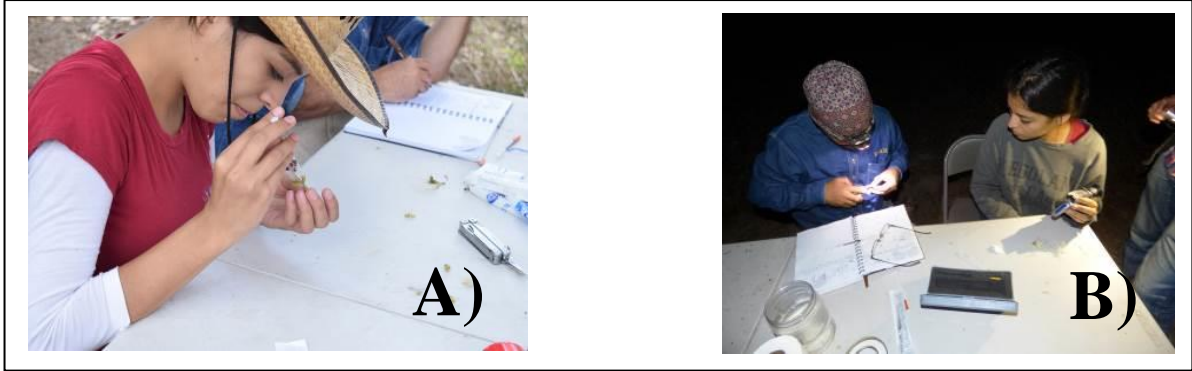


Figura 5. Extracción de néctar. A) Néctar siendo extraído durante el día. B) Extracción de néctar nocturna.



Figura 6. Cámaras sobre escaleras para grabar visitantes florales en Inga.



Figura 7. Flores en antesis y senescencia. Las flores señaladas con flecha amarilla comienzan su senescencia a las 11 h, misma hora a la que el botón señalado con flecha roja comienza antesis. La antesis total es alcanzada a las 13 h.