



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIA NATURALES
MAESTRÍA EN RECURSOS BIÓTICOS

HERBIVORÍA FLORAL POR *Anthonomus rufipennis*
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) SOBRE SU HOSPEDERA *Senna*
***polyantha* (ANGIOSPERMA: FABACEAE) EN BOSQUE TROPICAL**
CADUCIFOLIO, MÉXICO.

T E S I S

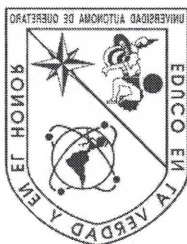
Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Recursos Bióticos

Presenta

Biol. Olga Lidia Gómez Nucamendi

Santiago de Querétaro, México, septiembre del 2011



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIA NATURALES
MAESTRÍA EN RECURSOS BIÓTICOS

**HERBIVORÍA FLORAL POR *Anthonomus rufipennis*
(COLEOPTERA:CURCULIONIDAE) SOBRE SU HOSPEDERA *Senna
polyantha* (ANGIOSPERMA:FABACEAE) EN BOSQUE TROPICAL
CADUCIFOLIO, MÉXICO.**

T E S I S

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:
Maestra en Ciencias en Recursos Bióticos

Presenta:

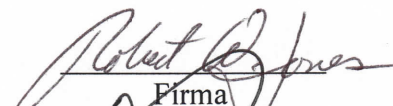
Biol. Olga Lidia Gómez Nucamendi

Dirigido por:

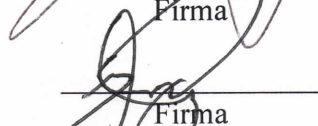
Dr. Robert Wallace Jones

SINODALES

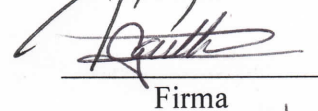
Dr. Robert W. Jones
Presidente


Firma

Dr. Luis G. Hernández Sandoval
Secretario


Firma

Dr. Carlos A. López González
Vocal

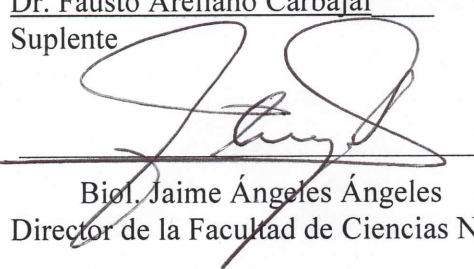

Firma

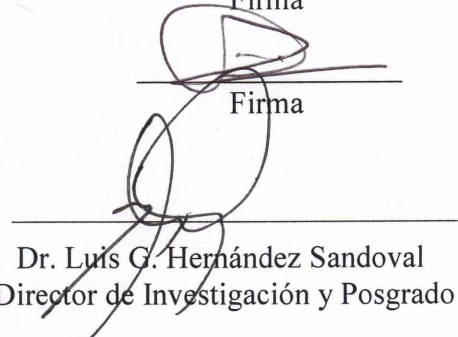
Dra. Karina Acevedo Whitehouse
Suplente


Firma

Dr. Fausto Arellano Carbajal
Suplente


Firma


Biol. Jaime Ángeles Ángeles
Director de la Facultad de Ciencias Naturales


Dr. Luis G. Hernández Sandoval
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro. México
Septiembre del 2011

DEDICATORIA

*Porque con tu presencia
mi vida se llena de colores,
formas y sonidos divertidos...*

*Porque con tu presencia
las pequeñas-grandes cosas
se tornan extraordinarias...*

*Porque siempre estás ahí
dispuest@ a regalarme una sonrisa,
un abrazo... una caricia...
una mirada... un tierno beso...*

*Porque siempre estas
en mi corazón y pensamiento
en cada noche... en cada día...
en cada instante...*

*Porque jamás
me cansare de gritar. ¡¡ Te amo!!
en secreto al viento
para que en un susurro llegue a vos...*

Frida Ximena... Héctor Fernando... Erandi Daniela

*No pierdas nunca tu fortaleza,
la capacidad de maravillarte,
de soñar... de ser feliz,
las ganas de aprender,
de dar y recibir amor
y de construir un mundo mejor.*

***A Mario, Azucena, Artemio, Glenda, Alexandra, Carolina, Karla,
Graciela, Juan, Eduardo, Cecilia, Yasmin y Armando***

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo y sincero agradecimiento:

A Daniel Dávalos Morán por sus sugerencias de cómo mejorar esta tesis, por impulsarme, por brindarme su apoyo incondicional en cada instante y por ser parte de esta aventura.

A los hermanos Dávalos Gómez por cederme de su tiempo de juegos-apapachos.

A ti Cha que desde siempre he contado contigo para todos mis proyectos y sueños.

A mi gran familia Gómez Nucamendi - Dávalos Morán por apoyarme en todo momento.

Al Dr. Robert W. Jones por su valiosa dirección en el desarrollo en este trabajo, por facilitarme sus datos de colecta y por su apoyo en el trabajo de campo.

Al Dr. Luis Hernández Sandoval, Dr. Carlos López González, Dra. Karina Acevedo Whitehouse y al Dr. Fausto Arellano Carbajal, por sus acertados comentarios, sugerencias, consejos y críticas constructivas en el seguimiento de esta investigación.

A Mercy Dinwiddie, por su aporte en el trabajo de campo y laboratorio; Gabriel Sensial, por el trabajo de campo; Jesús Luna Cozar, Alejandro Sámano y Armando Bayona Celis, por su buena disposición para proporcionar información para complementar este trabajo y a María Pueblito León Sánchez por su disposición y valioso apoyo logístico en los trámites administrativos.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por mi formación académica y el aporte institucional para la realización de este trabajo

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca proporcionada para realizar mis estudios de Maestría en Recursos Bióticos.

RESUMEN

La fenología de *Anthonomus rufipennis* LeConte (Coleoptera: Curculionidae) y su hospedera *Senna polyantha* (Colladon) Irwin y Barneby (Angiosperma: Fabaceae) fueron estudiados durante 2010 en cuatro sitios de bosque tropical caducifolio en el altiplano central de México. *Senna polyantha* es un árbol característico de estos bosques y endémico de México. El desarrollo larval de *A. rufipennis* se realiza únicamente en su hospedero, el cual está restringido a especies del género *Senna*, donde la hembra ovíparita y la larva se alimenta exclusivamente de los botones florales. Se cuantificó el porcentaje de daño que ocasiona *A. rufipennis* sobre la producción de botones florales de *S. polyantha*, se revisaron 600 ramas terminales (RT) y los botones florales desprendidos de esta planta en 147 m², diferenciándolos según su tamaño y condición (sanos o dañados por *A. rufipennis*). Así mismo, se cuantificaron flores, frutos y semillas por RT. Se disectaron 1,621 botones para registrar la presencia de larva o daño de alimentación de *A. rufipennis*. El surgimiento de los primeros brotes florales de *Senna polyantha* inició en abril y terminó a principios de noviembre. El daño total por *A. rufipennis* fue del 9.1% de botones florales muestreados y los niveles de daño fueron relativamente bajos para tres sitios (0%, 2.3% y 8.0% del total de botones). Sin embargo en el Cimatario Sur, 18.8% del total de botones fueron dañados. Los niveles de daño para el total de botones desprendidos y colectados debajo de *S. polyantha*, siguieron patrones similares, con 36.5% del total de los botones florales infestados. El Cimatario Sur fue el sitio con mayor tasa de infestación (43.95% botones florales dañados/0.25m²). Entre sitios, existieron diferencias significativas en el número de botones, flores y frutos, tanto en los árboles (RT) como debajo los árboles (m²), así como en los niveles de daño. Hubo una correlación positiva entre el número de botones dañados por *A. rufipennis* y flores ($r_s = 0.113$, $P = 0.0001$) y una correlación negativa entre el número de botones dañados y frutos ($r_s = -0.067$, $P = 0.019$) y botones dañados y semillas ($r_s = -0.125$, $P = 0.0001$). Se encontró un mayor daño por *A. rufipennis* en botones florales mayores a 3.1 mm ($X^2 = 939.76$, $gl = 2$, $P < 2.24^{-206}$ y $X^2 = 98.23$, $gl = 2$, $P < 3.72^{-23}$) sobre RT y m², respectivamente. No se encontraron botones florales con perforaciones múltiples, lo que sugiere que las hembras evitan ovipositar cuando detectan la presencia de otra ovipostura ($X^2 = 484.6$, $gl = 3$, $P < 0.001$). Se rechaza aleatoriedad en el daño de las RT ($X^2 = 3331.4$, $gl = 3$, $P = 0.001$). De los botones flores dañados, 64.0% fue utilizado solamente para alimentación y el 36.0% tuvo inmaduros, de los cuales los botones medianos fueron más dañados ($X^2_{(0.05)} = 146.52$, $gl = 4$, $P < 9.97^{-34}$). Se aporta información básica sobre fenología de las especies estudiadas lo cual nos ayuda a entender su importancia para la estructura del bosque y como sistema modelo para abordar cuestiones sobre herbívora floral en bosques tropicales caducifolios.

Palabras claves. Bosque tropical caducifolio, herbivoría, *Anthonomus*, *Senna*, México.

ABSTRACT.








The phenology of *Anthonomus rufipennis* LeConte (Coleoptera: Curculionidae) and its host plant, *Senna polyantha* (Colladon) Irwin and Barneby (Angiosperms: Fabaceae) was studied at four sites of tropical deciduous forest in the Mexican central highlands during 2010. *Senna polyantha* is a typical tree of these forests and is endemic to Mexico. Larval development of *A. rufipennis* is restricted to the genus *Senna* where the female lays her eggs and the larvae feed exclusively in the buds. Damage by *A. rufipennis* was quantified in the production of flower buds of *S. polyantha*, from 600 terminal branches (RT) and abscised buds collected on the ground (142 m²). Flower buds were differentiated by size and condition (absence and/or presence of damage by *A. rufipennis*). Flowers, fruits and seeds were also quantified for terminal branches. A total of 1,621 buttons were dissected and presence of larvae or adult feeding damage was recorded. Buds of *S. polyantha* appeared in April and were present until early November. A total of 9.1% of the sampled flower buds were punctured by *A. rufipennis* and damage levels were relatively low for three sites (0%, 2.3%, and 8.0% total buds). However, at the South Cimatario site, 18.8% of all buttons were punctured. Weevil infestation levels of abscised buds collected underneath *S. polyantha*, followed similar patterns, with 36.5% of total buds infested with *A. rufipennis*. The South Cimatario site had highest infestation rates (43.95% punctured buds/0.25m²). Comparing sites, there were significant differences in the number of reproductive structures (buds, flowers and fruits), on the trees (RT), as underneath of trees (m²) as well as damage levels. There was a positive correlation between the number of flower buds damaged by *A. rufipennis* and flower production ($r_s = 0.113$, $P = 0.0001$) and a negative correlation between the number of flower buds damaged by *A. rufipennis* and fruit production ($r_s = -0.067$, $P = 0.019$) and seed production ($r_s = -0.125$, $P = 0.0001$). We found further damage by *A. rufipennis* in floral buds larger than 3.1 mm. ($X^2 = 939.76$, $gl = 2$, $P < 2.24^{-206}$ and $X^2 = 98.23$, $gl = 2$, $P < 3.72^{-23}$), in terminal branches and m², respectively). There were no evidence of multiple oviposition punctures in flowers buds, suggesting that *A. rufipennis* females are able to distinguish previously infested flower buds and avoid multiple ovipositions ($X^2 = 484.6$, $gl = 3$, $P < 0.001$). Randomness is rejected in damage to the terminal branches. Of the damaged buds, 64.0% of flower buds had feeding damage only and 36.0% had immatures, which with more damage found for middle sized buds ($X^2 = 146.52$, $gl = 4$, $P < 9.97^{-34}$). It provides basic information of phenology of the species studied which helps us understand their importance to forest structure and as a model system to address questions about floral herbivory in tropical deciduous forests.

Key Words: Tropical deciduous forest, herbivory, *Anthonomus*, *Senna*, México.

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| Dedicatorias | i |
| Agradecimientos | ii |
| Resumen | iii |
| Abstrac | iv |
| Índice | v |
| Índice de cuadros | vi |
| Índice de figuras | viii |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. ANTECEDENTES | 4 |
| Especies estudiadas: <i>Senna polyantha</i> Colladon) Irwin y Barneby | 4 |
| Especies estudiadas: <i>Anthonomus rufipennis</i> LeConte | 5 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 6 |
| Área de estudio | 6 |
| Características del área de estudio | 7 |
| Trabajo de campo | 8 |
| Análisis estadístico | 10 |
| VI. RESULTADOS | 12 |
| Fenología y producción de estructuras reproductivas de <i>Senna polyantha</i> | 12 |
| Fenología y densidad de <i>Anthonomus rufipennis</i> en su hospedera <i>Senna polyantha</i> | 17 |
| Muestras sobre rama terminal de <i>S. polyantha</i> (RT) | 17 |
| Muestras debajo de <i>S. polyantha</i> (m ²) | 21 |
| Distribución espacial de <i>Anthonomus rufipennis</i> en su hospedera <i>S. polyantha</i> . | 24 |
| V DISCUSION | 26 |
| VI. CONCLUSIONES | 29 |
| LITERATURA CITADA | 30 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Fenología de <i>S. polyantha</i> en 2010. Follaje =  Perdida de follaje,  = Botones florales =  Perdida de botones florales =  Flores =  Frutos =  Semillas =  | 12 |
| 2 | Número promedio de la producción de <i>Senna polyantha</i> en cada uno de los sitios muestreados en 2010. | 15 |
| 3 | Promedio de botones florales producidos por <i>S. polyantha</i> organizados por categoría de tamaño | 15 |
| 4 | Botones florales de <i>Senna polyantha</i> porcentaje sanos y dañados por <i>A. rufipennis</i> , por categoría de tamaño. A = Datos obtenidos sobre rama terminal (RT) sobre los árboles y B = Colecta por 0.25 m ² debajo de árboles. | 17 |
| 5 | Comparación de botones florales de <i>Senna polyantha</i> sanos y dañados por <i>A. rufipennis</i> para cada uno de los sitios muestreados. Datos obtenidos sobre ramas terminales (RT) sobre los árboles | 18 |
| 6 | Jerarquización de los cuatro sitios de muestreo, de acuerdo a las estructuras reproductivas de <i>Senna polyantha</i> (CN = El Cimatario Norte, ET = El Tángano, KM = Km. 15 Carr. Qro-SLP y CS = El Cimatario Sur), según la prueba de Kruskal Wallis, para muestreo por rama terminal (RT), separados por Mann Witney. | 19 |
| 7 | Comparación de botones florales de <i>Senna polyantha</i> sanos y dañados por <i>A. rufipennis</i> para cada uno de los sitios muestreados. Datos obtenidos de colecta debajo de árboles por 0.25m ² /17 días. | 21 |

- 8 Jerarquización de los cuatro sitios de muestreo, de acuerdo a las estructuras reproductivas de *Senna polyantha* (CN = El Cimatario Norte, ET = El Tángano, KM = Km. 15 Carr. Qro-SLP y CS = El Cimatario Sur), según la prueba de Kruskal Wallis, para muestreo en aros (0.25 m²), separados por Mann Witney. 22
- 9 Características de los sitios de muestreo. ALT = Altitud, PMA = Precipitación media anual (mm), TMA = Temperatura media anual (°C). 27

INDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Diagrama de algunas de las formas en la que la herbivoría foliar puede afectar la adecuación total de la planta a través de características florales (Strauss, 1997). | 2 |
| 2 | Especies estudiadas. <i>a</i> = árbol de <i>Senna polyantha</i> , <i>b</i> = frutos de <i>Senna polyantha</i> | 4 |
| 3 | Especies estudiadas. A = <i>Anthonomus rufipennis</i> , B = <i>Anthonomus rufipennis</i> perforando botones florales de <i>Senna polyantha</i> . | 5 |
| 4 | Localización geográfica del área de estudio: 1 = Km 15 Carr. Qro-SLP, 2 = El Tángano, 3 = El Cimatario Norte, Municipio de Querétaro y 4 = El Cimatario Sur, Municipio Huimilpan. | 6 |
| 5 | Temperatura y precipitación media mensual de un periodo de 30 años de las estaciones climatológicas cercanas a los sitios de muestreo, datos obtenidos de las estaciones climatológicas Juriquilla, Querétaro y Santa Teresa de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y estaciones climatológicas IQROQUER3, IQUERETA38 y IQUERETA17 de la Comisión Estatal de Aguas (CEA). | 7 |
| 6 | Conteo de estructuras reproductivas de <i>Senna polyantha</i> , los círculos indican la medida de la rama terminal muestreada (20 cm). | 8 |
| 7 | Comparación botones florales de <i>S. polyantha</i> y tipo de daño ocasionado por <i>A. rufipennis</i> : a = sano, b = con daño, c = daño por alimentación (acercamiento), d = daño para ovipositar (acercamiento). | 9 |
| 8 | Colecta de botones florales en aros de tela de 0.25 m ² debajo de los árboles de <i>Senna polyantha</i> . | 10 |

- 9 Estadios inmaduros de *A. rufipennis* en botones florales de *S. polyantha*: a = Huevo depositado en el filamento de donde se formará el estambre del botón floral, b = Larva dentro del estambre alimentándose de este, c = Larva en desarrollo y d = Pupa desarrollándose dentro de los restos de un botón floral. 11
- 10 Comparación de la producción de las estructuras reproductivas producidas por *Senna polyantha* con la temperatura y precipitación, sumado para los cuatro sitios muestreados durante 2010. Las barras corresponden al número promedio de estructuras reproductivas \pm Error Estándar. 13
- 11 Comparación de los sitios de muestreo (A = El Cimatario Norte, B = El Tángano, C = Km 15 Carr. Qro-SLP y D = El Cimatario Sur) de acuerdo al número promedio de las estructuras reproductivas producidas por *Senna polyantha* con la temperatura y precipitación media mensual, datos obtenidos de las estaciones climatológicas cercanas a los sitios de colecta: Juriquilla, Querétaro y Santa Teresa de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y estaciones climatológicas IQROQUER3, IQUERETA38 y IQUERETA17 de la Comisión Estatal de Aguas (CEA). Las barras corresponden al número promedio de estructuras reproductivas \pm Error Estándar y las líneas a la temperatura y precipitación. 16
- 12 Número promedio de botones florales por rama terminal de *S. polyantha* durante los meses de colecta. BFS = Botones florales sanos y BFD = Botones florales picados por *A. rufipennis*. Las barras corresponden al número promedio de botones florales infestados/RT \pm Error Estándar. 20

- 13 Comparación del porcentaje de botones florales debajo de *S. polyantha* agrupados por categoría de tamaños y daño de *A. rufipennis* (BPS = Botones Pequeños Sanos, BPD = Botones Pequeños Dañados, BMS = Botones Medianos Sanos, BMD = Botones Medianos Dañados, BGS = Botones Grandes Sanos, BGP = Botones Grandes Dañados). En muestreos de ramas terminales (RT) sobre *S. polyantha* y las colectas en aros (0.25 m²) debajo de *S. polyantha*. Las líneas corresponden al porcentaje de botones florales \pm Error Estándar. 23
- 14 Correlación entre el número de botones florales dañados muestreados sobre ramas terminales (RT) de *S. polyantha* y de las colectas de botones florales debajo de *S. polyantha* (m²). $R_{h0} = 0.89$, $P = 0.0001$. 22
- 14 Correlación entre el número de botones florales dañados muestreados sobre ramas terminales (RT) de *S. polyantha* y de las colectas de botones florales debajo de *S. polyantha* (m²). $r_s = 0.89$, $P = 0.0001$. 24
- 15 Comparación de las proporciones de botones florales de *S. polyantha* sanos, dañados e infestados por *A. rufipennis* agrupados por categoría de tamaños. Las barras corresponden a la proporción de botones florales/RT \pm Error Estándar. Datos tomados de las disecciones efectuadas en los sitios muestreados. 25

Los bosques tropicales caducifolios tienen una alta diversidad y endemismo (Dirzo y Domínguez, 1995; Murphy y Lugo, 1986; Trejo y Dirzo, 2000 y Noguera *et al.*, 2002). No obstante su enorme importancia, se encuentran entre los ecosistemas más amenazados debido a que han sido ampliamente impactados a través de su conversión en pastizales, bosque secundario, sabanas y tierras agrícolas (Murphy y Lugo, 1986; Khurana y Singh, 2001).

En estos bosques, la característica más sobresaliente es la marcada estacionalidad en la que durante la época seca del año la mayoría, o totalidad, de las especies vegetales pierden sus hojas, este periodo varía entre 5 a 8 meses hasta que inicia el siguiente ciclo de precipitación (Murphy y Lugo, 1986; Zamudio, 1992; Rzedowsky, 2006). Las relaciones entre la disponibilidad de agua y las características estructurales y fisiológicas, tales como arquitectura hidráulica o sensibilidad al estrés hídrico produce una variedad de comportamientos fenológicos tanto en plantas y como en sus depredadores (Murphy y Lugo, 1986; Dirzo y Domínguez, 1995; van Schaik *et al.*, 1993; Singh y Kushwaha, 2005 y Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2003). Los insectos figuran como los principales causantes de herbivoría en esos bosques (Janzen, 1981; Dirzo, 1987) dentro de estos destacan algunas especies de lepidópteros, coleópteros e himenópteros (Dirzo y Domínguez, 1995).

La herbivoría juega un papel importante en la estructuración de la vegetación de un bosque (Janzen, 1970; Dirzo y Miranda, 1991). Su impacto puede tener consecuencias drásticas para la reproducción de las plantas al afectar la capacidad de capturar energía, o dañar directamente sus componentes reproductivos masculinos o femeninos (Strauss, 1997). Existe una cantidad considerable de estudios sobre este tipo de interacción, enfocadas principalmente a conocer el daño ocasionado en hojas y en semillas, donde demuestran que la pérdida del área foliar afecta al número y tamaño del ovulo, número y tamaño de la flor, la calidad y cantidad del néctar, así como el tamaño, cantidad y calidad del polen (Fig. 1) (Strauss *et al.*, 1996; Strauss *et al.*, 1997; Gramacho *et al.*, 2001). Sin embargo, otras formas de herbivoría afectan flores y frutos, y su efecto sobre la adecuación de un individuo ha sido poco estudiado (Vallejo-Marin *et al.*, 2006).

Para varias especies de plantas, los daños causados por depredación en frutos y semillas pueden ser responsables de la destrucción de hasta el 100% de la cosecha para algunos sitios y estaciones (Janzen, 1980, Dirzo y Domínguez, 1986). Janzen, (1980) señala que al menos 100 especies de plantas de los bosques tropicales caducifolios de Costa Rica sufren daños relacionados con escarabajos depredadores de semillas (Bruchidae,

Curculionidae, Cerambycidae) en sus frutos maduros o casi maduros y/o semillas. De estas especies el 75% fueron específicas para una especie vegetal y a su vez, 63 pertenecen a las leguminosas.

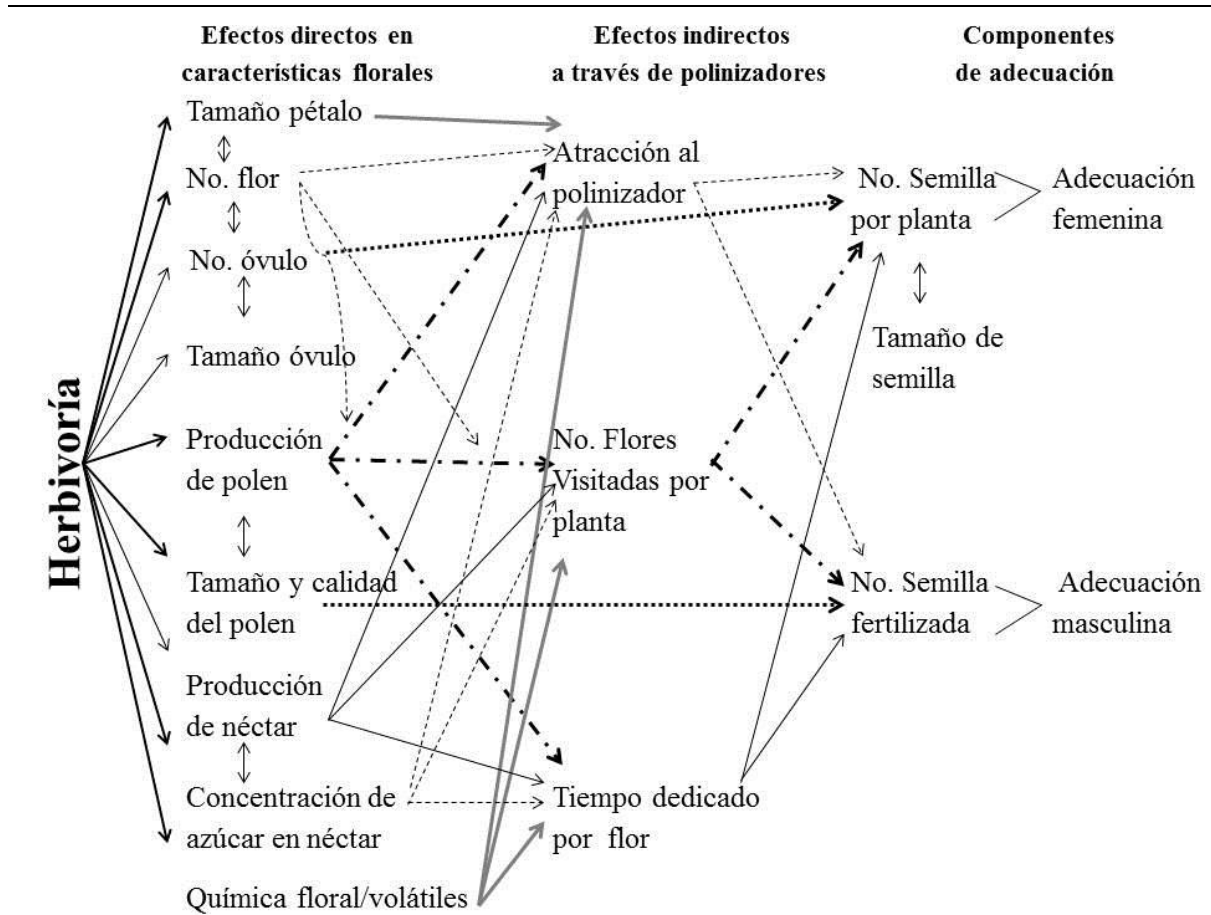


Figura 1. Diagrama de algunas de las formas en la que la herbivoría foliar puede afectar la adecuación total de la planta a través de características florales (Strauss, 1997).

Penet y Ashman (2009) exponen los efectos negativos directos sobre la floración y la polinización de las plantas depredadas, centrándose en las consecuencias sobre la producción de semillas. Argumenta que poco se sabe sobre su impacto en los sistemas de reproducción, ya que el daño a las flores puede alterar la atracción de los polinizadores y, por tanto, pueden modificar los patrones de transferencia de polen.

Los estudios publicados sobre la interacción plantas y herbívoros específicamente sobre daño en botones se han enfocado principalmente a las especies de importancia económica. Dentro de ellos, uno de los grupos taxonómicos más importantes es la familia

Curculionidae, en particular la subfamilia Anthonominae. Algunas plagas en América incluyen, *Anthonomus grandis* Boh. y *Anthonomus vestitus* Boh. (ambas plagas del algodón), *Anthonomus eugenii* Dietz (plaga del chile), *Anthonomus signatus* Say (plaga de fresas), *Anthonomus nigrinus* Boh. (plaga de la papa), *Anthonomus musculus* Say (plaga de arándanos), *Pseudanthonomus validus* Dietz (plaga de grosella), *Tachypterellus quadrigibbus* Say (plaga de manzano) y *Coccotorus scutellaris* LeConte (plaga del ciruelo) (Burke H. R. 1976). Sin embargo, el conocimiento sobre biología y ecología de Anthonominae en condiciones naturales es limitado.

Los estudios de herbivoría en la familia Anthonominae en ecosistemas no agrícolas, muchos se han enfocado a *Anthonomus grandis* Boh., por su gran impacto económico (Jones 2006). Stansly y Cate (1984) registraron la discriminación que esta especie presenta al ovipositar en botones florales de *Hampea* previamente ovipositado en Tabasco, México. Sobre la ecología y evolución del picudo del algodón, *A. grandis* y sus plantas hospederas realizado por Jones (1998) donde destaca la importancia de la búsqueda de enemigos naturales y desarrollo de programas para su control biológico. También, se estudio la ecología reproductiva de dos especies del grupo de *A. grandis* que utilizan botones florales de tres especies de *Hampea* (Malvaceae) para su alimentación y reproducción. En este último, se reportó que aunque el picudo estuvo siempre presente en los dos años de estudio, solamente impactó la reproducción en un año y sobre una especie de *Hampea* de las tres especies que se estudiaron (Jones y Baro, 2002).

En el bosque tropical caducifolio del centro de México, han registrado la especie *Anthonomus rufipennis* sobre el árbol deciduo del género *Senna* (Jones y Luna, 2007). Observaciones en el campo han revelado que en algunos años el insecto es muy común y causa una notable cantidad de daño a los botones florales de *Senna polyantha*. En el presente estudio, se plantea investigar la interacción entre el escarabajo herbívoro *A. rufipennis* y su hospedera *S. polyantha* con el propósito de generar datos básicos de esas especies y utilizar como un sistema modelo para estudiar un herbívora floral en un bosque tropical caducifolio. Se describe la fenología de ambas especies para el periodo de 2010 en bosque tropical caducifolio en el altiplano Mexicano. Se postula que el daño causado por *A. rufipennis* a los botones florales afecta a la producción de frutos de *S. polyantha*. Se determinó el porcentaje de daño de *A. rufipennis* sobre la producción de frutos de *S. polyantha* y se correlacionó con la producción de estructuras reproductivas de su hospedera.

ANTECEDENTES

Senna polyantha (Colladon) Irwin y Barneby. (“palo fierro”, “palo macho”) es un árbol de hasta 7 metros de altura, con inflorescencia en panícula con racimos con 7 a 50 flores de color amarillo brillante. Su vaina es de color rojizo-café, linear-oblonga casi plana, que mide hasta 11 cm de largo y contiene semillas comprimidas (Fig. 2) (Rzedowski *et al.*, 1997; Arreguín 1997, Malda-Barrera *et al.*, 2009). *S. polyantha* se encuentra entre los 1850 y 2250 m de altitud y forma parte de la selva baja caducifolia, encinares y en matorrales xerófilos, con un buen desarrollo en suelos calizos, arenosos, pedregosos, bien drenados. Aunque las plantas requieren pleno sol, toleran sequías y heladas (Terrones *et al.*, 2004). Es una especie endémica de México, se distribuye en los estados de Baja California Sur, Sonora, Querétaro, Hidalgo, Guanajuato, Michoacán, Puebla y Oaxaca, (Rzedowski *et al.*, 1997, Guevara-Escobar *et al.*, 2008).

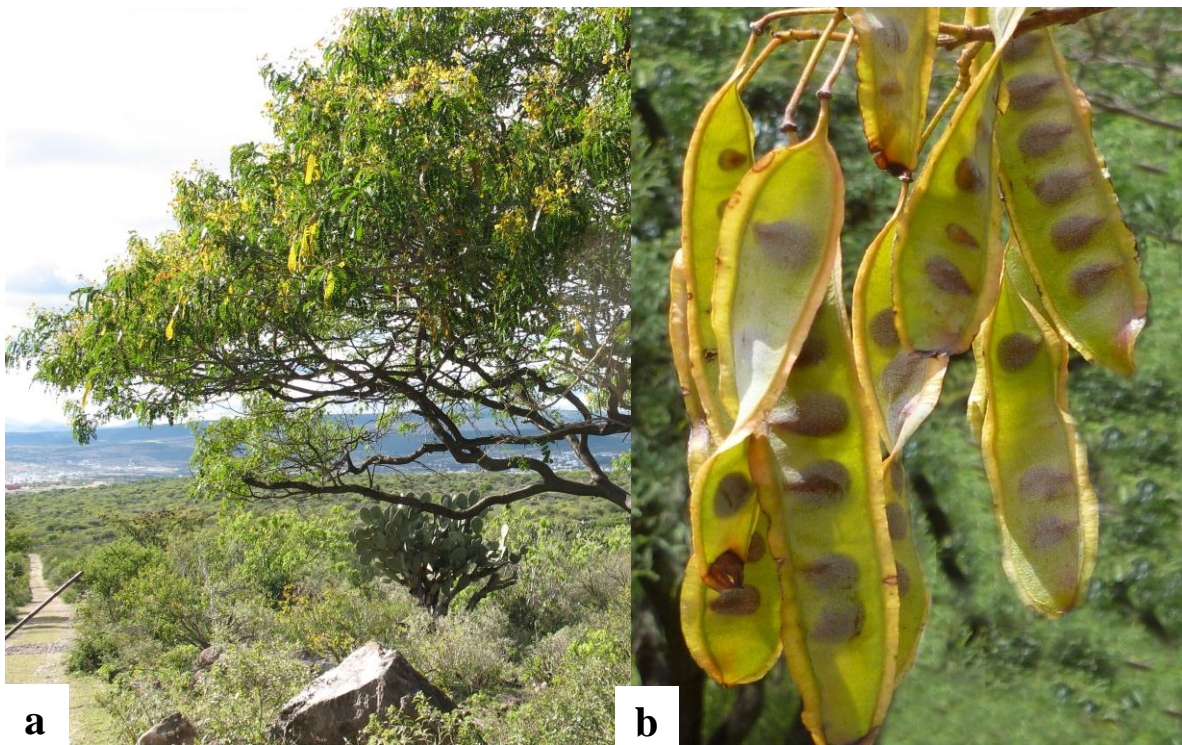


Figura 2. Especies estudiadas. a = árbol de *Senna polyantha*, b = frutos de *Senna polyantha*

Anthonomus rufipennis LeConte (Fig. 3a) pertenece a la familia Curculionidae, subfamilia Anthonominae. Burke (1976) publica una revisión para esta subfamilia la cual consiste aproximadamente de 33 géneros y 467 especies. Con excepción de las especies plagas, los Anthonominae son escasamente conocidos, especialmente en lo referente al ciclo de vida, relaciones con su planta hospedera, estados inmaduros y otros procesos de vida (Burke, 1976). La mayoría de los estudios se enfocan a especies plagas debido a las enormes pérdidas económicas que provocan. Clark y Burke (1986) realizaron una revisión del grupo *gularis*, al cual pertenece *A. rufipennis*, en el que hacen un diagnóstico y descripción del grupo y de cada una de las 10 especies que lo conforman, así como una clave taxonómica. *A. rufipennis* es una especie de afinidad neotropical y la de mayor distribución del grupo, localizada desde el Este de Estados Unidos hasta el norte de América del Sur (Clark y Burke, 1986). Esta especie varía en tamaño y coloración; algunos especímenes son completamente café, mientras que otros presentan una mancha rojiza en la base de los élitros (Dietz, 1891). Las larvas se desarrollan en botones florales del género *Senna* (Fabaceae) (Fig. 3b) (Ahmad y Burke, 1972). En Querétaro, se ha registrado a esta especie como parte de la entomofauna asociada a *Tillandsia recurvata* durante épocas de sequía (Luna, 2001).

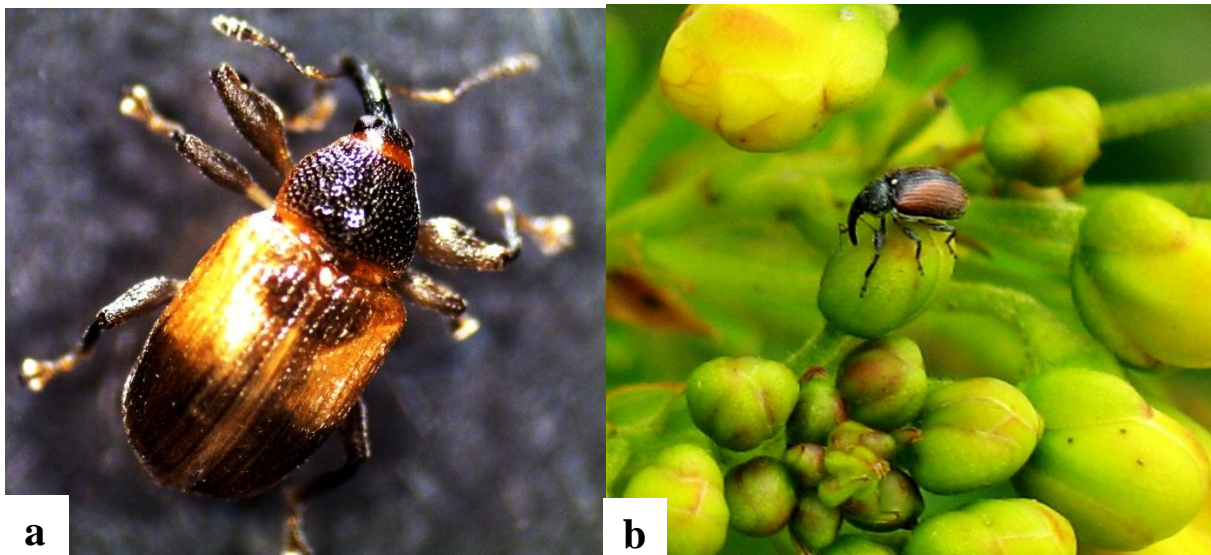


Figura 3. Especies estudiadas. a = *Anthonomus rufipennis*, b = *Anthonomus rufipennis* perfora botones florales de *Senna polyantha*.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio está localizada en los alrededores de la ciudad de Querétaro, donde se seleccionaron cuatro sitios de estudio entre los $20^{\circ} 28'50.10''$ y los $20^{\circ} 32'36.04''$ latitud Norte y $100^{\circ} 19'13.40''$ y los $100^{\circ} 22'23.58''$ longitud Oeste (Fig. 4). Elegidos con base a la presencia de *A. rufipennis* y su hospedera *S. polyantha* y por la cercanía y accesibilidad.

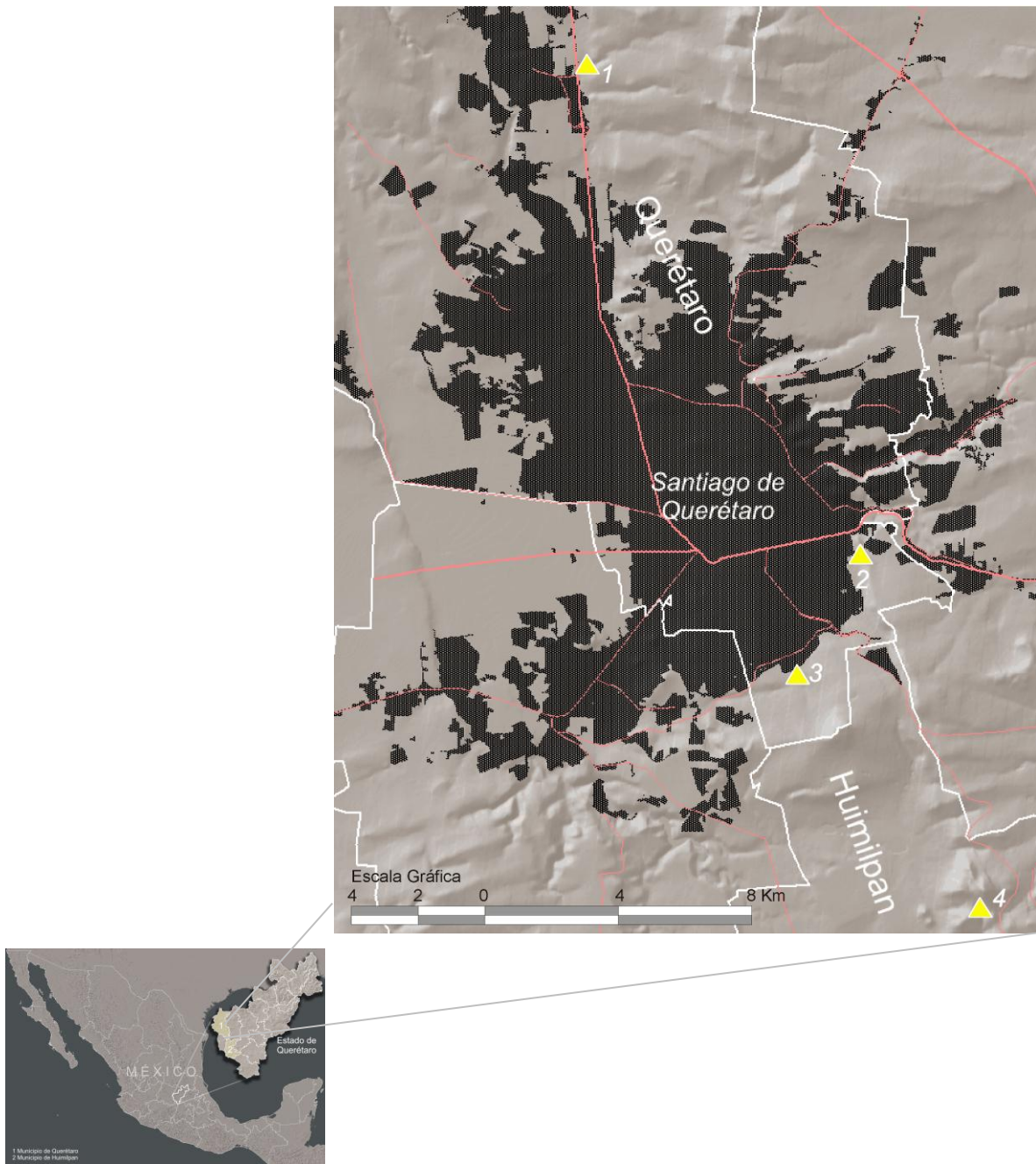


Figura 4. Localización geográfica del área de estudio: 1 = Km 15 Carr. Qro-SLP (Km 15), 2 = El Tángano, 3 = El Cimatarío Norte, Municipio de Querétaro y 4 = El Cimatarío Sur, Municipio Huimilpan.

Estos sitios presentan un clima estacional, con una temporada de sequía que abarca de finales de noviembre hasta mediados de mayo, donde la mayoría de los árboles permanecen sin hojas (Zamudio *et al.*, 1992; Arreguín *et al.*, 1997). La precipitación media anual es menor o iguales a 500 mm (Fig. 5); la temperatura media anual oscila entre 12.5 a 22°C (CQRN, 2002). El tipo de vegetación corresponde a bosque tropical caducifolio (Zamudio *et al.*, 1992). Entre las especies presentes se encuentran *Bursera fagaroides* (Xiote), *Celtis caudata* (Palo blanco), *Eysenhardtia polystachya* (Palo dulce), *Ipomea murucoides* (Palo bobo), *Lysiloma microphylla* (Palo de arco). Además se encuentran cactáceas como *Stenocercus dumortieri* (Órgano) y *Myrtillocactus geometrizans* (Garambullo) (Malda-Barrera *et al.*, 2009).

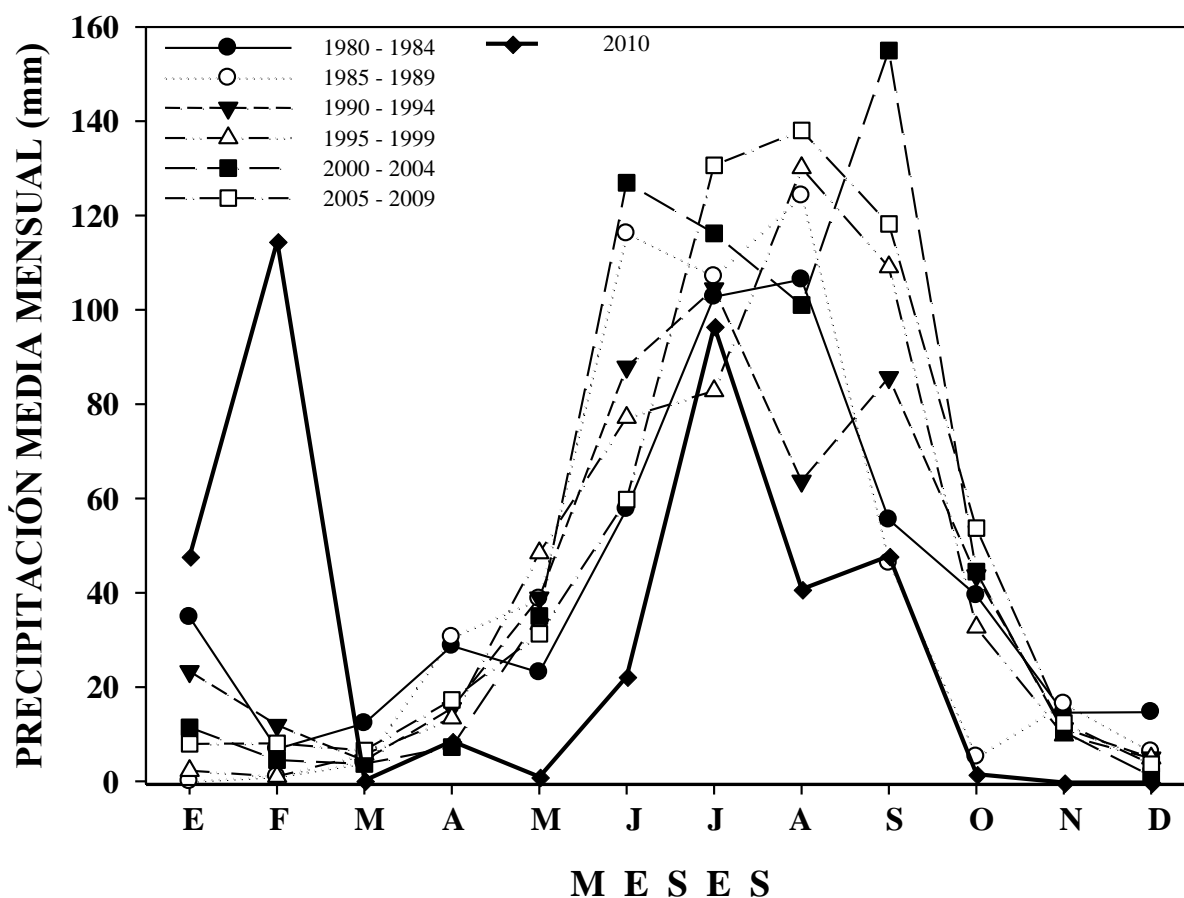


Figura 5. Temperatura y precipitación media mensual de un periodo de 30 años de las estaciones climatológicas cercanas a los sitios de muestreo, datos obtenidos de las estaciones climatológicas Juriquilla, Querétaro y Santa Teresa de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y estaciones climatológicas IQROQUER3, IQUERETA38 y IQUERETA17 de la Comisión Estatal de Aguas (CEA).

La fenología de *S. polyantha* y *A. rufipennis* se registró en diez árboles de *S. polyantha* en cuatro sitios en el bosque tropical caducifolio en el municipio de Querétaro y Huimilpan, Querétaro, México. El número de árboles se determinó con base a la estabilización de la varianza de botones florales con datos de muestreos previos. Los árboles fueron elegidos aleatoriamente y muestreados en intervalos de 1 a 3 semanas durante un año en cuatro áreas naturales de bosque tropical caducifolio en el Estado de Querétaro, México. Para cada árbol se revisaron 15 “ramas terminales” (RT) la cual se determinó como la unidad de muestreo por el tipo de inflorescencia que presenta esta especie. La RT se definió como la extremidad final de la rama, donde se forman los primordios florales, la extensión fue de 20 cm ya que es la medida aproximada de la formación de entrenudos (Fig. 6). El registro incluyó el número de botones florales agrupados por tres categorías de tamaño: 1) pequeño, 1.0 a 3.0 mm; 2) mediano, 3.1 a 5.0 mm y 3) grande, de 5.1 a 8.0+ mm. Adicionalmente, el número de flores, frutos y semillas fueron contabilizados.



Figura 6. Conteo de estructuras reproductivas de *Senna polyantha*, los círculos indican la medida de la rama terminal muestreada (20 cm).

Los botones florales de *S. polyantha* revisados, se diferenciaron en sanos o dañados por *A. rufipennis*, estos últimos distinguidos por una característica perforación obscura de forma circular de aproximadamente 0.3 mm (Fig. 7b). Las perforaciones se distinguieron en 1) abiertas lo que indicaba que estos botones florales fueron utilizados por el picudo únicamente como alimentación del adulto (Fig. 7c) y 2) cerrada por un tapón de excremento, lo cual reveló que en su interior se encontraba un estado inmaduro de *A. rufipennis* (Fig. 9). Estos botones se categorizaron como infestados (Fig. 7d).

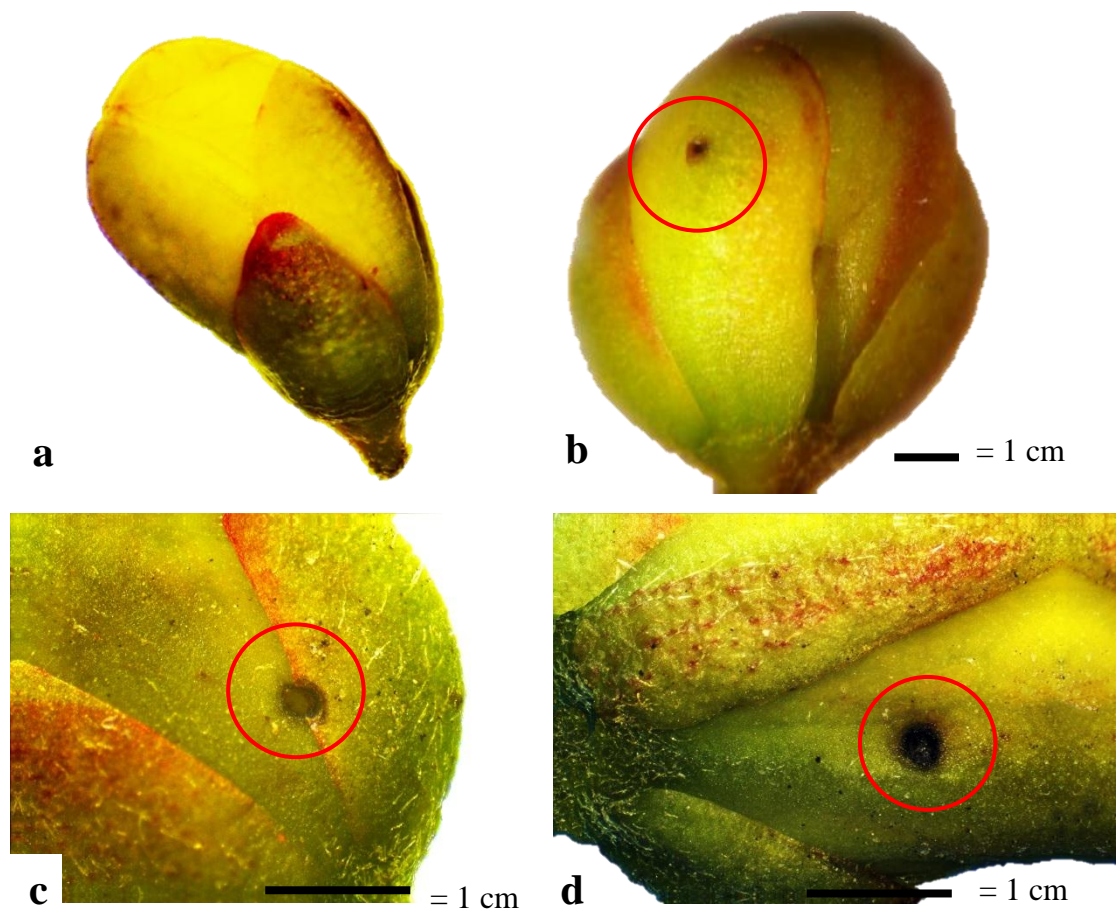


Figura 7. Comparación botones florales de *S. polyantha* y tipo de daño ocasionado por *A. rufipennis*: **a** = sano, **b** = con daño, **c** = daño por alimentación (acercamiento), **d** = daño para ovipositar (acercamiento).

Debido a que los botones florales dañados por *A. rufipennis* caen el suelo, se estimó la pérdida de producción por área, por medio de aros de tela de 0.25 m², los cuales se hicieron con un círculo de alambre galvanizado forrado de tela “tul”. Estos colocados debajo de árboles de *S. polyantha* (Fig. 8), durante un periodo de cinco meses (Junio a Noviembre). La superficie total muestreada de esta manera fue de 142 m² durante 17 días

en 25 árboles de *S. polyantha*. Los botones y flores que cayeron dentro de los aros en un periodo de 24 a 36 horas fueron colectados y llevados al laboratorio para su posterior disección con un estereoscopio. Se buscaron perforaciones de *A. rufipennis* como se describió anteriormente, en cada botón floral. Los botones perforados se disectaron usando pinzas de relojero registrando la presencia de estados inmaduros de *A. rufipennis* (Fig. 9).



Figura 8. Colecta de botones florales en círculos de tela (aro) de 0.25 m² debajo de los árboles de *Senna polyantha*

Para contrastar el ajuste de los datos a una distribución normal, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Willks (Shapiro y Wilks, 1965) para los datos de botones florales (sanos y dañados), flores, frutos y semillas. Los datos de fenología y recuentos de botones florales se analizaron mediante el paquete estadístico Minitab16. Se crearon distribuciones de frecuencia del número de botones florales de las ramas terminales de *S. polyantha* agrupando de 1 a 83 baja producción, de 84 a 167 producción media y de 168 a 250+ producción alta. Los promedios del número de botones florales (sanos y dañados), flores, frutos y semillas, se calcularon a partir de los datos obtenidos de las RT de *S. polyantha* por cada fecha de muestreo. Del mismo modo, se calculó el número promedio de botones

florales por m^2 colectados debajo los árboles por cada fecha de muestreo. Se utilizó la correlación de Spearman para conocer la relación del número de botones florales dañados por *A. rufipennis* con la producción de flores, frutos y semillas sobre las ramas terminales de su hospedera y para conocer la relación entre los muestreos sobre RT y m^2 . Para la comparación de la producción de botones florales, flores y frutos entre los cuatro sitios muestreados se empleó el método no paramétrico de Kruskal Wallis, separados por Mann Witney. Para determinar la distribución de daño por *A. rufipennis* entre las categorías los botones florales, se analizaron las proporciones de tamaños de los botones florales dañados mediante la prueba de distribución de Pearson (Chi-cuadrada). Así mismo, la prueba de aleatoriedad de Poisson (Ludwig y Reynolds, 1988) fue probada para determinar si el número de perforaciones por botón floral fue al azar y para determinar si hubo agregación en el número de botones dañados por RT.















































































































Figura 9. Estadios inmaduros de *A. rufipennis* en botones florales de *S. polyantha*: a = Huevo depositado en el filamento de donde se formará el estambre del botón floral, b = Larva dentro del estambre alimentándose de este, c = Larva en desarrollo y d = Pupa desarrollándose dentro de los restos de un botón floral.

RESULTADOS

Fenología y producción de estructuras reproductivas de *Senna polyantha*.

S. polyantha inició su periodo de producción de yemas vegetativas después de las primeras lluvias. Durante 2010, se encontraron hojas de febrero a octubre, con una duración entre 7 a 8 meses. La pérdida de hojas inició al final de la temporada lluviosa, en septiembre y se mantuvo hasta finales de octubre (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Fenología de *S. polyantha* en 2010. Follaje =  Pérdida de follaje,  = Botones florales =  Pérdida de botones florales =  Flores =  Frutos =  Semillas = 

| Sitio/Mes | El Cimatario Norte | El Tángano | Km 15 Carr Qro-SLP | El Cimatario Sur |
|------------|---|---|--|---|
| Enero |    |  |  |  |
| Febrero |  |  |  |  |
| Marzo |  |  |  |  |
| Abril |   |  |  |   |
| Mayo |   |  |  |   |
| Junio |   |  |  |   |
| Julio |    |    |  |    |
| Agosto |      |      |       |      |
| Septiembre |       |       |   |  |
| Octubre |   |      |  |  |
| Noviembre |   |      |  |  |
| Diciembre |   |  |  |  |

Los botones florales fueron observados inmediatamente después del inicio de la temporada de lluvias, de abril a noviembre, con una duración aproximada de tres a cuatro meses por sitio y una mayor producción en octubre (42.78 ± 3.97 botones/RT) y en julio (33.34 ± 2.39 botones/RT) (Fig. 10). La fase de floración fue de julio a noviembre con una duración de 2 a 3 meses por sitio, la mayor producción se presentó en agosto (1.90 ± 0.14 flores/RT) (Fig. 10). La fructificación se presentó de agosto a noviembre con una duración aproximada de dos a tres meses por sitio y la mayor producción de frutos fue en agosto (0.18 ± 0.04 frutos/RT) (Fig. 10). El desarrollo de las semillas se presentó al final de la época de lluvias, septiembre a noviembre, con un promedio de semillas de 0.52 ± 0.09 /RT. Se registró un promedio de $0.64 + 0.29$ para el mes de enero (Fig. 10).

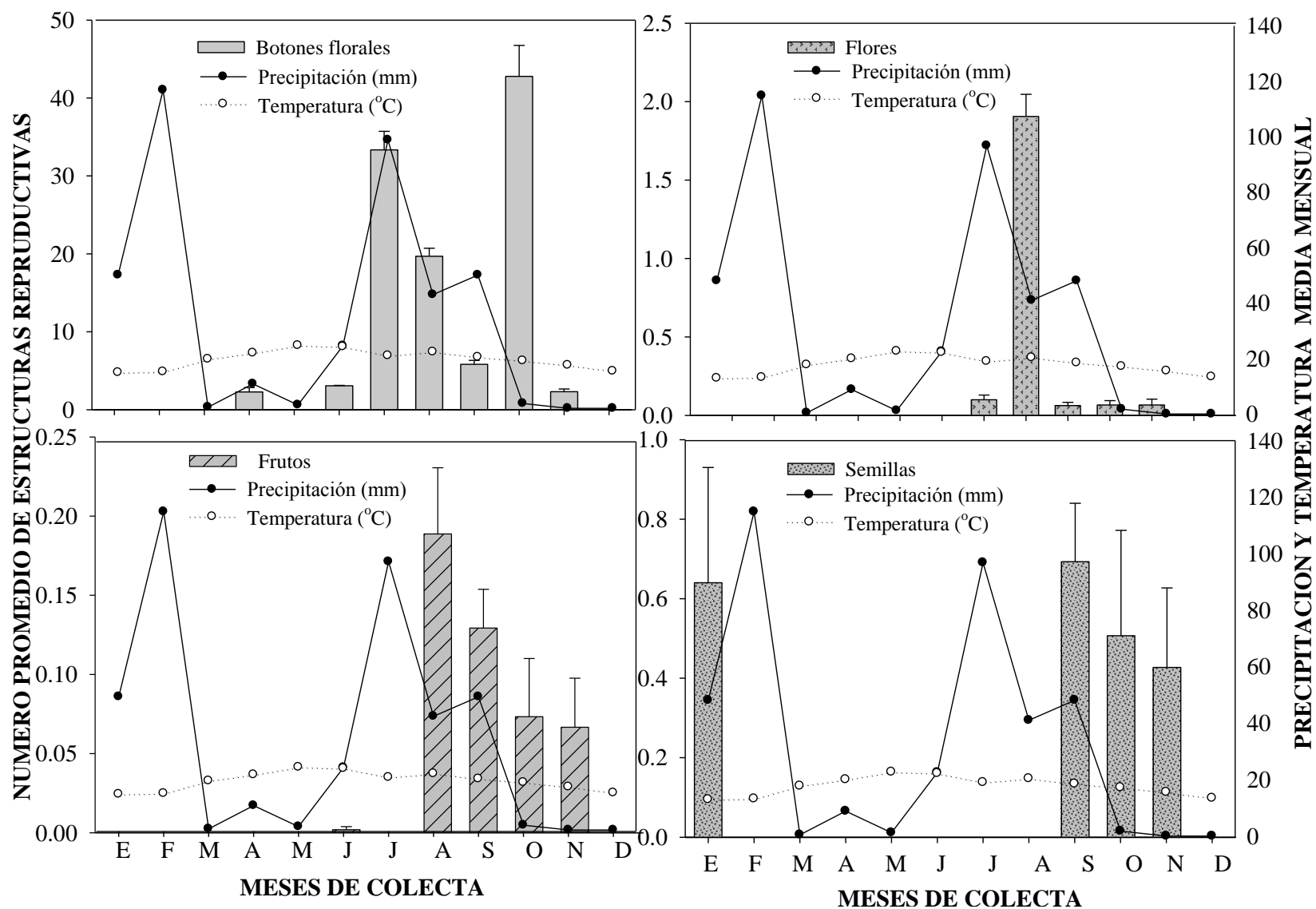


Figura 10. Comparación de la producción de las estructuras reproductivas producidas por *Senna polyantha* con la temperatura y precipitación, sumado para los cuatro sitios muestreados durante 2010. Las barras corresponden al número promedio de estructuras reproductivas \pm Error Estándar.

Se registró diferencias notables en la fenología entre sitios. Hubo lluvias atípicas en enero y febrero (114.80 mm), cuando *Senna polyantha* formó estructuras vegetativas en febrero y botones florales en abril en dos de los sitios muestreados (El Cimatario Norte y El Cimatario Sur). Estos botones florales se secaron sin producir flores ni frutos. En los siguientes dos meses no hubo producción de botones en El Cimatario Norte e inicia nuevamente a mediados de julio hasta principio de octubre y en El Cimatario Sur inician nuevamente a finales de junio y terminan en agosto (Fig. 11). Así mismo, *S. polyantha* se encontró en el mes de enero con semillas completamente desarrolladas. Por el aspecto que presentaban estas estructuras reproductivas revelaron que pertenecieron a la producción del año anterior (2009) (Fig. 11).

Se observaron picos de mayor producción de estructuras reproductivas de *S. polyantha* que concordaron con los picos de precipitación a excepción de El Tángano y Km 15 donde la producción está desfasada aproximadamente por un mes después de las lluvias (Fig. 11). En El Cimatario Sur los botones florales se registraron de junio a agosto y este sitio presentó los niveles mayores de producción con un promedio de $23.87 \pm 1.69/\text{RT}$, seguido por El Cimatario Norte en los meses de junio a septiembre con un promedio de $21.12 \pm 1.43/\text{RT}$ (Cuadro 2). Esto a pesar de la pérdida de botones florales que sufrieron durante mayo y junio. El Tángano tardó un poco más en producir botones florales, en los meses de julio a noviembre, con un promedio de 10.36 ± 0.66 . Por último el Km 15 con un promedio de 3.49 ± 0.97 (Cuadro 2). Este sitio, únicamente uno de los 10 árboles muestreados logró esta producción a finales de julio (Fig. 11).

La fase de floración también fue diferente entre los sitios. El Cimatario Norte, El Cimatario Sur y el Km 15 tuvieron su pico máximo en agosto y El Tángano en septiembre. El mayor promedio de flores por rama terminal ocurrió de julio a septiembre en El Cimatario Norte (1.55 ± 0.15 flores/RT). En los meses de julio y agosto, El Cimatario Sur con 0.60 ± 0.07 flores/RT. Los sitios con menor número de flores fueron el Km 15 y El Tángano (Fig. 11, Cuadro 2).

La fructificación inició a partir de agosto para todos los sitios. El sitio con mayor número de frutos fue El Cimatario Norte con 0.20 ± 0.04 frutos/RT. Para los tres sitios restantes el promedio fue de $0.03 \pm 0.01/\text{RT}$ para El Tángano, $0.06 \pm 0.01/\text{RT}$ para el Km 15 y $0.09 \pm 0.01/\text{RT}$ para El Cimatario Sur. El Cimatario Norte tuvo mayor número de semillas con un promedio de semillas/RT fue de 0.38 ± 0.11 (334 semillas total). El Tángano y Km. 15 con 0.14 ± 0.04 (236 semillas total) y 0.20 ± 0.06 (75 semillas total),

respectivamente. El Cimatario Sur fue el que produjo menos semillas, con $0,005 \pm 0.005$ (cuatro semillas total) (Fig. 11, Cuadro 1 y 2).

Cuadro 2. Número promedio de la producción de *Senna polyantha* en cada uno de los sitios muestreados en 2010.

| Producción/Sitio | Cimatario Norte | El Tángano | Km15 Carr Qro-SLP | Cimatario Sur |
|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Botones florales | 21.12 ± 1.43 | 10.36 ± 0.66 | 3.49 ± 0.97 | 23.87 ± 1.69 |
| Flores | 1.55 ± 0.15 | 0.07 ± 0.02 | 0.22 ± 0.07 | 0.60 ± 0.07 |
| Frutos | 0.20 ± 0.04 | 0.03 ± 0.01 | 0.06 ± 0.01 | 0.09 ± 0.01 |
| Semillas | 0.38 ± 0.11 | 0.14 ± 0.04 | 0.20 ± 0.06 | $0,01 \pm 0.01$ |

El número de botones por rama terminal varía considerablemente, entre un rango de 0 a 287 botones florales/RT. La mayoría (67.68%) de estas no produjeron estructuras reproductivas en todo la temporada de muestreo. El resto (32.32%) presentaron botones florales con un promedio de 14.87 ± 0.58 botones florales/RT. El número de botones florales de acuerdo a la categorización por tamaño, se encontró a los botones florales pequeños con un mayor promedio (24.32 ± 0.75 /RT), seguido por los botones florales medianos (12.09 ± 0.53 /RT) y en menor número los botones florales grandes (2.94 ± 0.17 /RT) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Promedio de botones florales de *S. polyantha*, organizados por categoría de tamaño.

| Rama terminal | Botones florales | | |
|---------------|-------------------------|---------------|------------------------------------|
| Número | Tamaño | Suma | Promedio/RT |
| 1085 | Pequeños (1.0 a 3.0 mm) | 30,062 | 24.32 ± 0.75 |
| 861 | Medianos (3.1 a 5.0 mm) | 14,941 | 12.09 ± 0.53 |
| 555 | Grandes (5.1 a 8.0+ mm) | 3,636 | 2.94 ± 0.17 |
| | Total | 53,513 | 39.35 ± 1.45 |

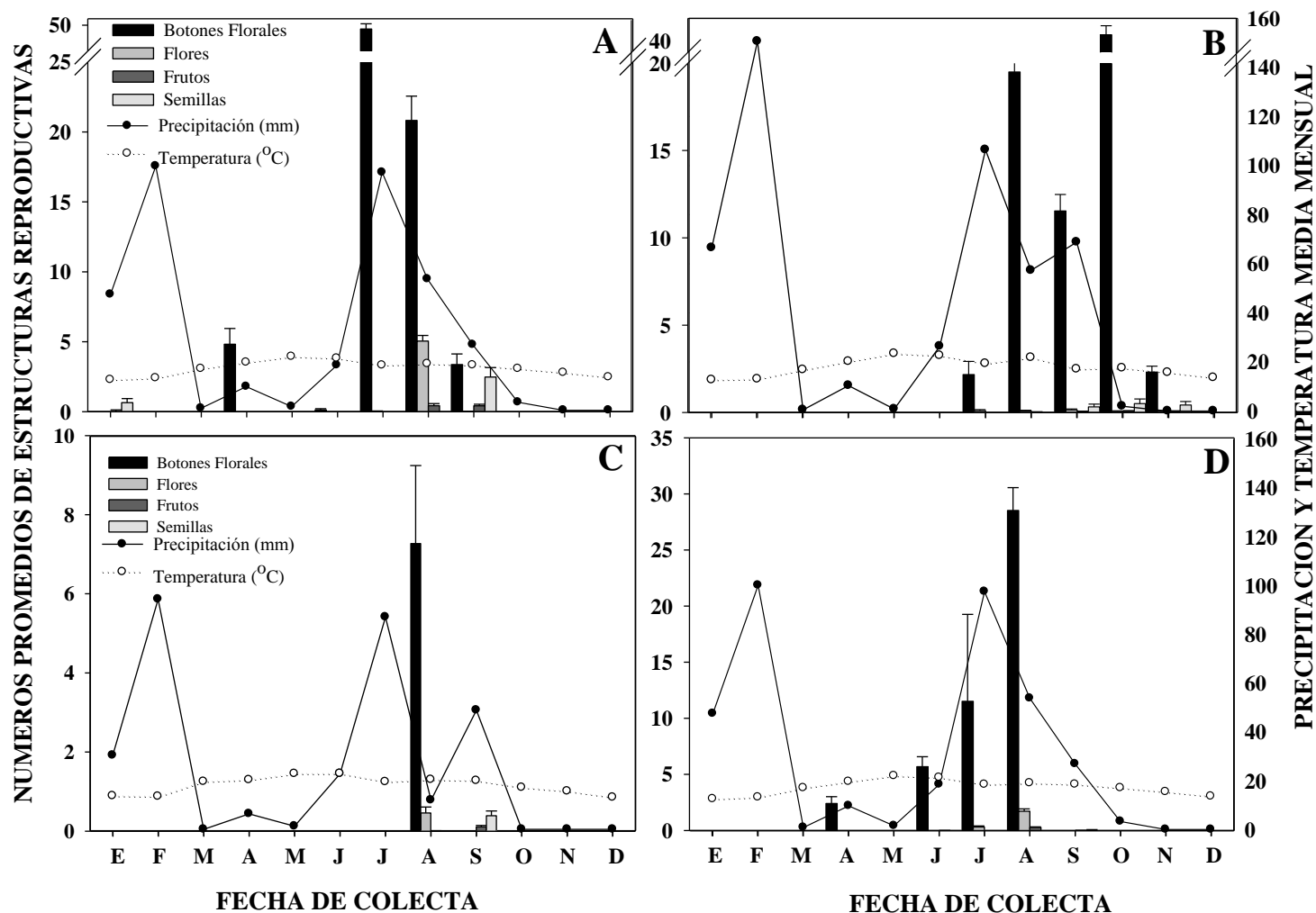


Figura 11. Comparación de los sitios de muestreo (A = El Cimatario Norte, B = El Tángano, C = Km 15 Carr. Qro-SLP y D = El Cimatario Sur) de acuerdo al número promedio de las estructuras reproductivas producidas por *Senna polyantha* con la temperatura y precipitación media mensual, datos obtenidos de las estaciones climatológicas cercanas a los sitios de colecta: Juriquilla, Querétaro y Santa Teresa de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y estaciones climatológicas IQROQUER3, IQUERETA38 y IQUERETA17 de la Comisión Estatal de Aguas (CEA). Las barras corresponden al número promedio de estructuras reproductivas \pm Error Estándar y las líneas a la temperatura y precipitación.

Fenología y densidad de *Anthonomus rufipennis* en su hospedera *Senna polyantha*.

1.- Muestreo sobre árboles de *Senna polyantha* (RT)

Anthonomus rufipennis estuvo presente en tres de las cuatro sitios. En el Km 15 no se detectó al insecto durante todo el año de muestreo. La infestación de *A. rufipennis* se presentó generalmente junto con la aparición de botones florales de *S. polyantha*. En El Cimatario Norte y Tángano, aunque el promedio de daño estuvo a niveles bajos, $0.91 + 0.06$ y $0.08 + 0.04$ botones florales dañados/RT, respectivamente, tuvieron evidencia del picudo por daño de alimentación o presencia de inmaduros en los botones florales. En El Cimatario Sur, se observó daño y adultos (58 ejemplares) en las yemas terminales en el mes de mayo, antes de la aparición de botones florales. En este sitio únicamente se registró la presencia de adultos en esas cantidades notables.

El 9.11% de los botones florales sobre los rama terminales presentaron daño de *A. rufipennis*, del total muestreado en los cuatro sitios durante el 2010. El porcentaje de botones florales sobre RT con daño de *A. rufipennis* medianos y grandes fue mayor que los botones de menor tamaño ($X^2 = 939.76$, $gl=2$, $P < 2.24^{-206}$). De igual forma, los botones florales colectados debajo los árboles siguieron patrones similares ($X^2 = 98.23$, $gl = 2$, $P < 3.72^{-23}$) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Botones florales de *Senna polyantha* porcentaje sanos y dañados por *A. rufipennis*, por categoría de tamaño. **A** = Datos obtenidos sobre rama terminal (RT) sobre los árboles y **B** = Colecta por 0.25 m^2 debajo de árboles.

| Categoría de Botones florales | No. de botones/RT | | | No. de botones/m ² | | |
|-------------------------------|-------------------|--------------|-------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| | Total | % Sanos | % Dañados | Total | % Sanos | % Dañados |
| Pequeños | 32,103 | 93.64 | 06.36 | 3,101 | 70.36 | 29.64 |
| Medianos | 16,936 | 88.22 | 11.78 | 4,369 | 59.60 | 40.40 |
| Grandes | 04,474 | 81.27 | 18.73 | 739 | 59.00 | 41.00 |
| Total | 53,513 | 90.89 | 9.11 | 8,209 | 63.61 | 36.39 |

La cantidad de daño por *A. rufipennis* no fue igual entre los sitios. Como se mencionó arriba, el daño fue nulo en el Km 15, relativamente bajo para El Cimatario Norte y El Tángano y alto para El Cimatario Sur (Cuadro 5). En este último sitio, un 18.8% de los botones fueron dañados con un promedio de 4.48 ± 0.33 botones dañados/RT y no hubo botones ni flores en el resto del año y únicamente se registró un solo fruto maduro (cuatro semillas) en los 10 árboles muestreados (Cuadro 5). En contraste, El Cimatario Norte y El Tángano tuvieron menos de 9 % de botones dañados y un promedio de 0.48 ± 0.18 y 0.83 ± 0.10 botones florales dañados/RT, respectivamente (Cuadro 5). En El Cimatario Norte en total se produjo 50 frutos maduros (334 semillas), en el Tángano 24 frutos maduros (236 semillas), mientras que en el Km 15 se registraron 13 frutos maduros (75 semillas). La diferencia entre los cuatro sitios fue estadísticamente significativa en cuanto al número de botones florales en las ramas terminales de *S. polyantha*. Mientras que El Tángano y El Km. 15 no fueron significativamente diferentes para flores y frutos, al igual que El Cimatario Norte y El Cimatario Sur, según la prueba de Kruskal Wallis, separada por Mann Whitney (Cuadro 6).

Cuadro 5.- Comparación de botones florales de *Senna polyantha* sanos y dañados por *A. rufipennis* para cada uno de los sitios muestreados. Datos obtenidos sobre ramas terminales (RT) sobre los árboles

| Sitio | No. de botones florales/RT | | | Promedio botones florales | |
|---------------------|----------------------------|--------------|-------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | Total | % Sanos | % Dañados | Totales/RT | Dañados/RT |
| El Cimatario Norte | 18,734 | 97.74 | 2.30 | 21.12 ± 3.20 | 0.48 ± 0.18 |
| El Tángano | 17,094 | 91.92 | 8.08 | 10.37 ± 1.45 | 0.83 ± 0.10 |
| Km 15 Carr. Qro-SLP | 1,309 | 100.00 | 0.00 | 3.49 ± 2.10 | 0.00 ± 0.00 |
| El Cimatario Sur | 16,376 | 81.25 | 18.80 | 23.90 ± 3.74 | 4.48 ± 0.33 |
| Total | 53,513.00 | 90.89 | 9.11 | 14.72 ± 2.62 | 1.45 ± 0.15 |

Cuadro 6.- Jerarquización de los cuatro sitios de muestreo, de acuerdo a las estructuras reproductivas de *Senna polyantha* (CN = El Cimatario Norte, ET = El Tángano, KM = Km. 15 Carr. Qro-SLP y CS = El Cimatario Sur), según la prueba de Kruskal Wallis, para muestreo por rama terminal (RT), separados por Mann Witney.

| Muestra | Variables* | Jerarquización de los sitios | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----|-----------------------|
| | | CN | ET | KM | CS | H | df | P |
| Ramas terminales (RT) | Botones florales sanos | 1991.0 b | 1834.9 c | 1409.0 d | 2047.9 a | 101.25 | 3 | < 8.38 ⁻²² |
| | Botones florales dañados | 1720.0 c | 1823.6 b | 1635.0 d | 2361.5 a | 182.12 | 3 | < 3.07 ⁻³⁹ |
| | Flores | 2025.6 a | 1735.8 b | 1758.6 b | 2042.7 a | 68.21 | 3 | < 1.03 ⁻¹⁴ |
| | Frutos | 1952.0 a | 1817.0 b | 1857.9 b | 1904.5 a | 10.59 | 3 | < 0.014 |

* Variable con la misma letra por fila no fueron significativamente diferentes usando la prueba de Mann Whitney.

Sobre la temporalidad de la infestación, se presentó de manera diferida entre sitios. En El Cimatario Sur, el daño se registró durante solamente dos meses y la mayor tasa de daño ocurrió en julio con 11.76 ± 0.87 botones florales/RT (Fig. 12). En el Tángano, la infestación se observó durante cuatro meses (julio a octubre), con picos en agosto y octubre con 2.03 ± 0.43 y 2.50 ± 0.47 botones florales dañados/RT (Fig. 12). En El Cimatario Norte la mayor tasa de infestación fue en julio con 0.91 ± 0.61 botones florales/RT y se encontraron perforaciones los meses de julio, agosto y septiembre, sin botones en octubre y noviembre (Fig. 12).

Hubo una correlación positiva entre el número de botones dañados por *A. rufipennis* y la producción de flores de *S. polyantha* ($r_s = 0.113$, $P = 0.0001$) y una correlación negativa entre el número de botones dañados y la producción de frutos ($r_s = - 0.067$, $P = 0.019$) al igual que con los botones dañados y la producción de semillas ($r_s = - 0.125$, $P = 0.0001$).

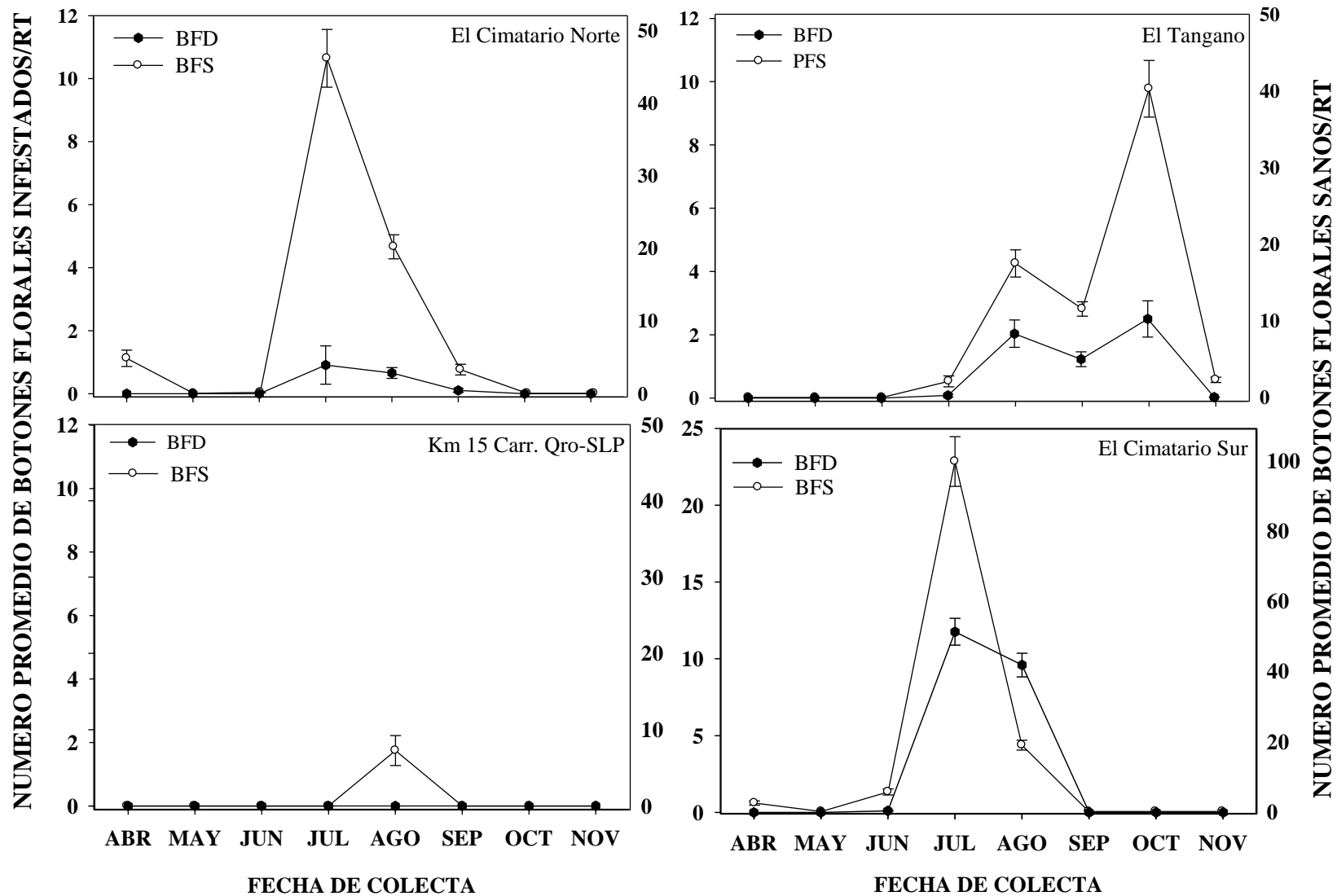


Figura 12. Número promedio de botones florales por rama terminal de *S. polyantha* durante los meses de colecta. BFS = Botones florales sanos y BFD = Botones florales dañados por *A. rufipennis*. Las líneas corresponden al número promedio de botones florales infestados/RT \pm Error Estándar.

2.- Muestreo debajo de *Senna polyantha* (m²).

Anthonomus rufipennis estuvo presente en tres de las cuatro sitios. En el Km 15 no se detectó la presencia del picudo, igual como se observaron en ramas terminales. Se registró un total de 8,190 botones florales en los aros debajo los árboles en un total de 142 m² durante 17 días de muestreo. Los aros capturaron un promedio de 14.42 ± 2.34 botones florales/0.25 m² (n=569), de los cuales el 36.5% fue dañado por *A. rufipennis*, mientras que el 63.50% se cayeron por causas no determinadas en este estudio. La cantidad de flores en los aros tuvieron un promedio de 2.44 ± 0.43 flores/0.25m².

El Cimatario Sur fue el sitio con mayor infestación de *A. rufipennis* en botones florales en muestras en aros debajo los arboles (Cuadro 7). El Tángano y El Cimatario Norte tuvieron una perdida similar pero el primero mostró mayor infestación de picudos y por último el Km 15, que presentó una pérdida de botones florales, pero esta abscisión no estuvo relacionada con daño por *A. rufipennis* (Cuadro 7). Así mismo, se registró la pérdida de flores, la cual reveló un comportamiento similar al de los botones florales para cada uno de los sitios. En El Cimatario Sur se registró un promedio de 5.17 ± 1.49 flores/0.25m²/17 días, seguido por El Cimatario Norte con 2.12 ± 0.53 flores/0.25m²/17 días y el Km 15 con 1.65 ± 1.11 flores/0.25m²/17 días y en última posición El Tángano con 0.31 ± 0.10 flores/0.25m²/17 días.

Cuadro 7.- Comparación de botones florales de *Senna polyantha* sanos y dañados por *A. rufipennis* para cada uno de los sitios muestreados. Datos obtenidos de colecta debajo de árboles por 0.25m²/17 días.

| Sitio | No. de botones florales/m ² | | | Promedio botones florales | |
|---------------------|--|--------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | Total | % Sanos | % Dañados | Totales/0.25m ² | Dañados/0.25m ² |
| El Cimatario Norte | 1,503 | 80.83 | 19.16 | 5.20 ± 0.37 | 0.99 ± 0.10 |
| El Tángano | 1,605 | 70.09 | 29.91 | 16.21 ± 6.45 | 4.85 ± 2.89 |
| Km 15 Carr. Qro-SLP | 38 | 100.00 | 0.00 | 0.69 ± 0.40 | 0.00 ± 0.00 |
| El Cimatario Sur | 5,044 | 56.05 | 43.95 | 40.35 ± 8.91 | 17.60 ± 3.93 |
| Total | 8,190 | 63.50 | 36.50 | 14.42 ± 2.34 | 5.25 ± 1.04 |

Entre sitios, hubo diferencia significativa en el número de botones florales sanos colectados en los aros (0.25 m²) debajo *S. polyantha*. Mientras que El Tángano y El Cimatario Norte no fueron significativamente diferentes en los números de botones florales dañados. El Cimatario Sur es diferente significativamente con respecto a los otros sitios en su número de flores, (Cuadro 8).

Cuadro 8.- Jerarquización de los cuatro sitios de muestreo, de acuerdo a las estructuras reproductivas de *Senna polyantha* (CN = El Cimatario Norte, ET = El Tángano, KM = Km. 15 Carr. Qro-SLP y CS = El Cimatario Sur), según la prueba de Kruskal Wallis, para muestreo en aros (0.25 m²), separados por Mann Witney.

| Muestra | Variables* | Jerarquización de los sitios | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------|----|-----------------------|
| | | CN | ET | KM | CS | H | df | P |
| Aros (0.25 m ²) | Botones florales sanos | 184.3 b | 142.7 c | 51.7 d | 211.6 a | 112.0 | 3 | < 4.12 ⁻²⁴ |
| | Botones florales dañados | 138.1 b | 149.4 b | 83.5 c | 245.9 a | 99.92 | 3 | < 1.62 ⁻²¹ |
| | Flores | 151.5 b | 128.4 b | 119.7 b | 224.9 a | 53.13 | 3 | < 1.72 ⁻¹¹ |

* Variable con la misma letra por fila no fueron significativamente diferentes usando la prueba de Mann Whitney.

Los niveles de daño de los botones florales colectados debajo de *S. polyantha* (m²), siguieron patrones similares al observado en los árboles (Fig. 13). Al relacionar ambos muestreos, reveló una alta correlación ($r_s = 0.89$, $P = 0.0001$) (Fig. 14).

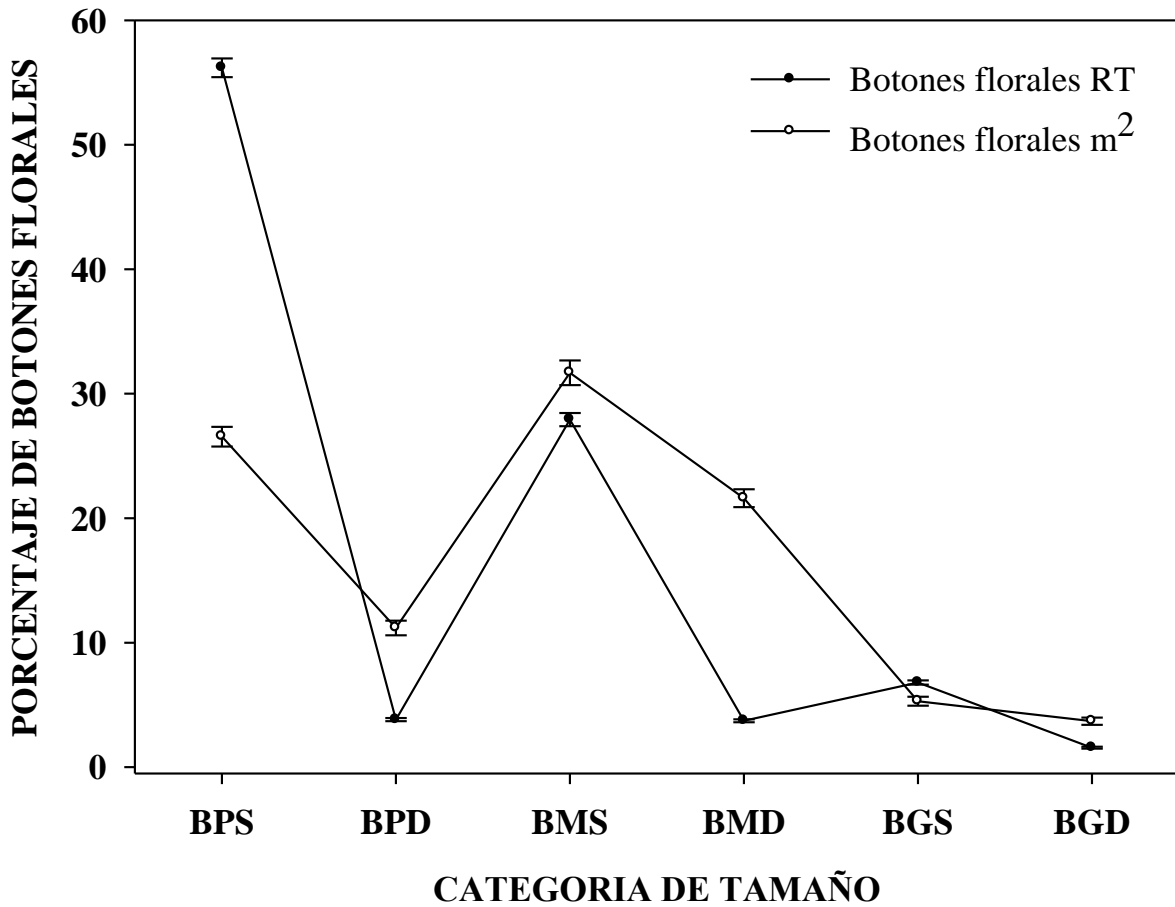


Figura 13. Comparación del porcentaje de botones florales debajo de *S. polyantha* agrupados por categoría de tamaños y daño de *A. rufipennis* (BPS = Botones Pequeños Sanos, BPD = Botones Pequeños Dañados, BMS = Botones Medianos Sanos, BMD = Botones Medianos Dañados, BGS = Botones Grandes Sanos, BGP = Botones Grandes Dañados). En muestreos de ramas terminales (RT) sobre *S. polyantha* y las colectas en aros (0.25 m²) debajo de *S. polyantha*. Las líneas corresponden al porcentaje de botones florales \pm Error Estándar.

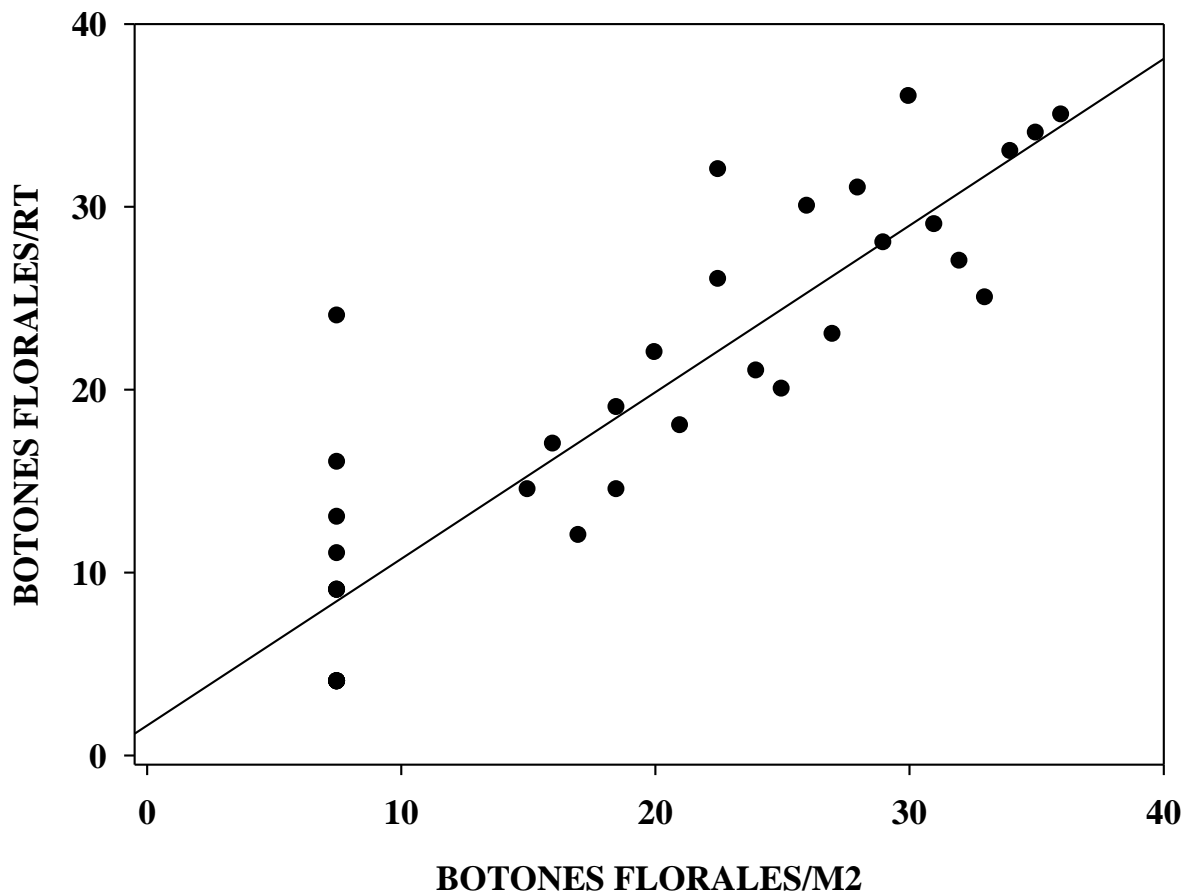


Figura 14.- Correlación entre el número de botones florales dañados muestreados sobre ramas terminales (RT) de *S. polyantha* y de las colectas de botones florales debajo de *S. polyantha* (m²). $r_s = 0.89$, $P = 0.0001$.

Distribución espacial de *A. rufipennis* en su hospedera *S. polyantha*.

En ningún caso se encontró oviposturas múltiples de *A. rufipennis* en los botones florales. La distribución de números de oviposturaa por botón floral fue significativamente diferente de lo esperado con la prueba de aleatorización de Poisson ($X^2 = 484.6$, $gl = 3$, $P = 0.001$, $n = 4,874$). El índice de dispersión de oviposturas (s^2/x) fue de 0.19, que indicó una distribución uniforme (binomial positiva).

Los botones dañados en el árbol tuvieron una distribución agregada. El número de botones dañados por rama terminal (RT) fue significativamente diferente de la prueba de aleatorización de Poisson ($X^2 = 3331.4$, $gl = 3$, $P = 0.001$). El índice de dispersión (s^2/x) fue de 23.90 que indicó una distribución agregada (binomial negativa).

De un total de 4,626 botones florales colectados en suelo de los cuatro sitios (142 m²), el 35.04% de botones florales (1,621) tuvieron perforaciones por *A. rufipennis*, mientras que el 64.96% restante no presentó daño. Considerando únicamente los botones florales que tuvieron daño, el 64.0 % presentó evidencia solamente de alimentación de los adultos mientras el 36.0 % se registraron un huevo, larva o pupa. De los botones disectados, se encontró un mayor proporción de botones florales medianos (3.1 a 5.0 mm) con daño de oviposición que botones pequeños (1.0 a 3.0 mm) o grandes (5.1 a 8.0+ mm) ($X^2 = 146.52$, $gl = 4$, $P < 9.97^{-34}$) (Fig. 15).

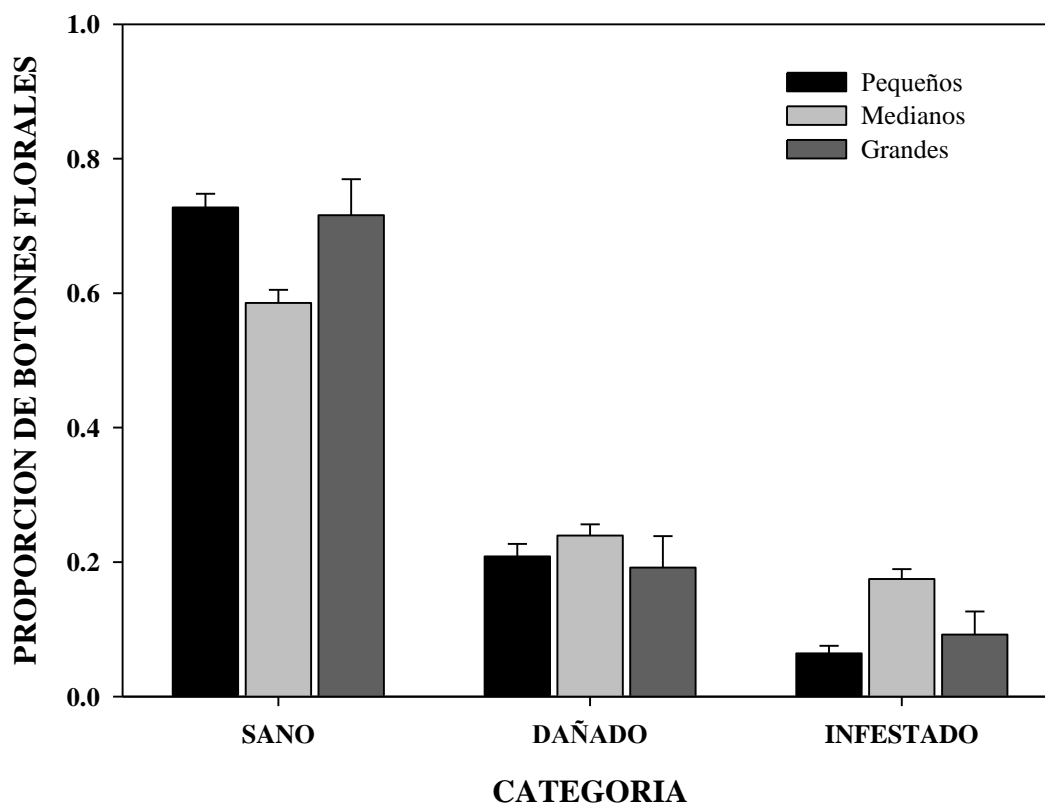


Figura 15.- Comparación de las proporciones de botones florales de *S. polyantha* sanos, dañados e infestados por *A. rufipennis* agrupados por categoría de tamaños. Las barras corresponden a la proporción de botones florales/RT \pm Error Estándar. Datos tomados de las disecciones efectuadas en los sitios muestreados.

DISCUSION

Senna polyantha produjo una gran cantidad de botones florales (53,513) durante el 2010. No obstante de este total únicamente el 0.56 % lograron terminar su desarrollo a nivel de fruto, el resto de esta producción se perdió por herbivoría de *A. rufipennis* (9.1%) y otras causas no determinadas en este estudio. La fase de floración fue por un periodo de 7 meses, esto varía de los 6 y 4 meses indicado por Rzedowsky *et al.*, (1997) y Malda-Barrera *et al.*, (2009), respectivamente, esta diferencia en el periodo de floración puede explicarse por la periodicidad de las lluvias y su imprevisibilidad en los diferentes años que se han realizado los estudios.

El patrón de precipitación durante el año de estudio fue atípico. Se registraron lluvias invernales de febrero de 114.80 mm. Esta es el mayor cantidad de lluvias para febrero en los últimos 30 años; periodo límite de la revisión de datos (Fig. 4). La precipitación invernal registrada en febrero fue la más alta en todo el año, incluso superior a la del mes de julio (96.76 mm) y agosto (57.5 mm), que son los meses donde generalmente se presentan las mayores precipitaciones. Después de esas lluvias en febrero, *Senna polyantha* inicia la formación de estructuras vegetativas y botones florales en abril en dos de los sitios muestreados (El Cimatario Norte y Cimatario Sur). Sin embargo, esta producción de botones florales sufrió un cambio de coloración rojiza de forma gradual, hasta que se secaron. Esta abscisión de botones florales coincidió con el periodo normal de sequía y temperaturas elevadas características de mayo y junio, lo que probablemente haya provocado un estrés hídrico que causó la desecación de dichos botones florales. De ser así, lo anterior se ajustaría a lo propuesto por Murphy y Lugo (1986), quienes mencionan que el estrés hídrico es el factor principal responsable de la sincronización de eventos fenológicos en los bosques tropicales caducifolios.

Las diferentes fases fenológicas de *Senna polyantha* variaron en cada individuo muestreado y en relación a los sitios de muestreo. Singh y Kushwaha (2005), mencionan que en los bosques tropicales caducifolios se observan una gran diversidad de patrones fenológicos y variación interanual en los árboles, principalmente a nivel individual, debido a características como las hojas (área, edad y estructura), la raíz (tamaño y distribución), el tallo (densidad de la madera) y a los factores ambientales como son las variaciones estacionales de la precipitación, duración del día, temperatura y el almacenamiento de agua en el suelo. Otros factores que influyen en la variabilidad entre individuos de una especie

son la perturbación, la herbivoría y la identidad de los vecinos (van Schaik *et al.*, 1993; Dirzo y Domínguez, 1995)

El daño que provocó *A. rufipennis* a su hospedera difiere en cada uno de los sitios. Las causa de esta diferencia, probablemente estuvo relacionado a las condiciones ambientales a nivel de microclima (orientación, altitud, precipitación y temperatura (Cuadro 9). Uno de los tres sitios no presentó daño mientras que El Cimatario Sur fue el más dañado (18.8%). Este daño esta subestimado y no refleja el daño real de este sitio, el cual, en agosto los árboles muestreados no tenían ninguno botón floral y se observó una gran cantidad de adultos de *A. rufipennis* en los árboles muestreados. Se colectó 58 ejemplares lo que indica la notable presencia del picudo, lo anterior no se observó en ninguno de los otros tres sitios. Existió una correlación positiva entre el número de botones florales dañados por *A. rufipennis* y el número de flores. Esto sugirió que la presencia de flores podría estar influyendo en la atracción del picudo hacia la planta. Mientras que, la relación entre el número de botones florales entre frutos y semillas presentaron una correlación negativa. Eso indica que a menor daño hay más frutos y semillas. Sin embargo, todas las variables relacionadas tuvieron muy baja correlación lo que revela que el valor predictivo para los botones dañados por *A. rufipennis* es muy escaso y que existen otros factores que influyeron en la abscisión de botones florales en la población de *S. polyantha*.

| Sitio | Orientación | ALT (msnm) | PMA (mm) | TMA(°C) |
|----------------------|-------------|------------|----------|---------|
| Km. 15 Carr. Qro-SLP | Norte | 2066 | 300.8 | 14.25 |
| El Cimatario Norte | Norte | 2026 | 359.6 | 17.29 |
| El Cimatario Sur | Sur | 2266 | 359.6 | 17.29 |
| El Tángano | Este | 1929 | 489.7 | 17.80 |

Cuadro 9. Características de los sitios de muestreo. ALT = Altitud, PMA = Precipitación media anual (mm), TMA = Temperatura media anual (°C).

La presencia de *A. rufipennis* sobre su hospedera *S. polyantha*, se registró inmediatamente después de que esta produjera sus brotes florales o incluso antes como sucedió en el mes de mayo en El Cimatario Sur. Durante su época de reproducción, *S. polyantha* produce de manera constante botones florales los cuales fueron utilizados por *A. rufipennis* para alimentarse y reproducirse durante su corto ciclo de vida (aproximadamente de 15 días), por lo que el colonizar de forma rápida a su hospedera, una estrategia

importante para que los picudos puedan infestar por más tiempo a su hospedera con nuevas generaciones de descendientes.

Los botones florales mayores a 3.1 cm presentaron mayor daño por *A. rufipennis*. Esto sugirió que las hembras de esta especie prefieren estos botones para ovipositar ya que de esta forma se aseguran de que existan las condiciones óptimas en cuanto a la cantidad de alimentación, para que sus descendientes completen la siguiente fase de su desarrollo. Esto concuerda para otras especies de *Anthonomus* (Cate *et al.*, 1979, Stansly, 1985 en Jones y Baro, 2002), donde mencionan que este comportamiento es vital para la supervivencia de las larvas, ya que si ovipositan en un botón muy pequeño, al caerse éste del árbol, con el polen no desarrollado, no podrían continuar su desarrollo.

El comportamiento de *A. rufipennis* en cuanto a evitar ovipositar en botones florales previamente dañados, sugirió que la hembra de este picudo detecta señales químicas que le indican la presencia de otra ovipostura, como se ha demostrado con el picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) donde las hembras de esta especie detectan una feromona que les indica que el botón floral ya está ocupado por otra ovipostura (Addesso *et al.*, 2007). La elección del sitio de postura en rama terminales (de forma agregada), indicó que si la hembra de este picudo encuentra botones florales disponibles, no necesita desplazarse, con lo que evita un gasto energético y aprovecha a ovipositar los botones florales que reúnan las condiciones adecuadas (Jones y Baro, 2002).

Este trabajo aporta información básica sobre fenología y herbivoría en bosques tropicales caducifolios. La importancia del conocimiento sobre fenología de los árboles tropicales y la interacción con sus herbívoros, no es solo por su relevancia que tienen para la estructura del bosque y sus funciones, sino además por su potencial para abordar cuestiones sobre efectos del cambio climático. Así mismo, el conocimiento de la herbivoría de *A. rufipennis* proporciona elementos para entender el comportamiento del género *Anthonomus* en ambientes naturales, lo que serviría como modelos para las especies de importancia económica de este género.

CONCLUSIONES

La presente investigación es el primer trabajo que se realiza sobre herbivoría floral con el género *Anthonomus* en bosque tropical caducifolio.

La diferentes fases fenológicas de *Senna polyantha* varía entre los individuos y sitios.

El porcentaje de daño que provocó *Anthonomus rufipennis* a su hospedera *Senna polyantha*, durante 2010, en el registro a la ramas terminales fue de 9.11 %, mientras que en las colectas en aros (a nivel de suelo) fue de 36.5%.

La rapidez en la utilización de los recursos hídricos, en la producción de estructuras reproductivas para el caso de *Senna polyantha* y la utilización de parte de *Anthonomus rufipennis* sobre los botones florales de su hospedera, es crucial para asegurar el éxito de ambas poblaciones en el bosque tropical caducifolio.

La forma de dispersión y colonización de *A. rufipennis* sobre su hospedera *S. polyantha*, fueron: 1) rápida colonización al aparecer los primeros botones florales, 2) preferencia en cuanto al tamaño del botón floral para depositar sus huevos, 3) agregación de los sitios de infestación y 4) evitar ovipositar en brotes previamente infestados por otras hembras de *A. rufipennis*.

LITERATURA CITADA.

- Addesso K. M., H. J. McAuslane, P. A. Stansly y D. J. Schuster. 2007. Host-marking by female pepper weevils, *Anthonomus eugenii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 125: 269–276.
- Ahmad y Burke 1972. Larvae of the weevil tribe Anthonomini (Coleoptera: Curculionidae). *Miscellaneous Publications, Entomological Society of America* 8: 33-81.
- Arreguín S. M. L., L. G. Cabrera, N. R. Fernández, L. C. Orozco, C. B. Rodríguez y B. M. Yepez. 1997. *Introducción a la flora de Querétaro*. 1ra Ed. CONCYTEQ. Del IPN y la Universidad Autónoma Chapingo. Talleres gráficos gob. del Edo. 361 pp.
- Burke R. H. 1976. Bionomics of the *Anthonomine* weevils. *Ann. Rev. of Entomology* Vol. 21:283- 302.
- Dietz, W. G. 1891. Revision of the genera and species of Anthonomini inhabiting North America. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 18: 177-276.
- Dirzo, 1987. Estudios sobre interacciones planta-herbívoro en los Tuxtlas, Veracruz. En: Clark, D. A., R. Dirzo, N. Fetcher (Eds.). *Ecología y ecofisiología de plantas en los bosque mesoamericanos*. *Revista de Biología Tropical*, 35: 119-131.
- Dirzo, R. y C. A. Domínguez. 1986. Seed predation and the advantages of seed dispersal. In: Estrada A. and T.H. Fleming (Eds.). *Frugivores and seed dispersal*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Dirzo, R. y Miranda, A. 1991. Altered patterns of herbivory and diversity in the forest understory: a case study of the possible consequences of contemporary defaunation. In: *Plant-Animal Interactions: Evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. P.W. Price, T.M. Lewinsohn, G.W. Fernández y W.W. Benson (Eds.). Wiley and Sons Pub. New York pp: 273-287.
- Dirzo, R. y C. A. Domínguez. 1995. Plant-herbivore interactions in Mesoamerican tropical dry forest. Pag. 304-325. En. *Seasonally dry tropical forest*, Bullock, S. H., H. A. Mooney, y E. Medina (Eds.) Cambridge University Press.
- Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN). 2002. Reporte técnico 5. Uso actual y potencial del suelo en los municipios de Querétaro. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro (CONCYTEQ) pp. 5.
- Comisión Estatal de Agua del Estado de Querétaro (CEA). www.ceaqueretaro.gob.mx. Datos de las estaciones climatológicas:- IQROQUER3, IQUERETA17 e IQUERETA38. Revisado en Marzo del 2011.

- Comisión Nacional del Agua – Querétaro (CONAGUA). Datos de las estaciones climatológicas: Juriquilla, Querétaro y Santa Teresa.
- Clark, W.E. y H. R. Burke. 1986. Revision of the *gularis* species group of the genus *Anthonomus* Germar (Coleoptera:Curculionidae). Coleop Bull, 40:1-26.
- Gramacho M., T. Santander y A. G. Farji-Brener. 2001. Efectos de la herbivoría sobre la cantidad de óvulos en *Loasa speciosa* (Loasaceae). Rev. Biol. Trop., 49(2): 513-516, 2001.
- Guevara-Escobar, A, E. González-Sosa; H. Suzán-Azpiri, G. Malda-Barrera, M. Martínez y Díaz, M. Gómez-Sánchez, L. Hernández-Sandoval, Y. Pantoja-Hernández y D. Olvera-Valerio. 2008. Distribución potencial de algunas leguminosas arbustivas en el altiplano centra de México. Agrociencia Vol. 42, Num. 6 pp. 703-716.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. The American Naturalist, 940: 501–528.
- Janzen, D. H. 1980 Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous forest. Journal of Ecology 68:929–952.
- Janzen, D. H. 1981. Patterns of herbivory in a tropical deciduous forest. Biotropica, 13: 271 – 282.
- Jones W. R. 1998. Hospederas silvestres y origen del picudo del algodónero: Implicaciones para su control biológico. VEDALIA 5: 71-83.
- Jones W. R. y J. Luna Cozar. 2007. Lista de las especies de Curculionidae (Insecta: Coleoptera) del estado de Querétaro, México. Acta Zoológica Mexicana. Vol. 23. No. 003. Pp. 59-77.
- Jones W. R. y D. Baro Peruyero. 2002. Reproductive ecology of two species of the *Anthonomus grandis* species group (Coleoptera: Curculionidae) on *Hampea* (Malvaceae: Gossypieae) host plant in Southern Mexico. Environ. Entomol. 31(4): 693-701.
- Jones, R. W. 2006. March of the weevils: how a Mexican beetle launched a hundred-year attack on United States cotton. Natural History, February, 2006
- Khurana E. y J. U. S. Singh. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. Environmental Conservation (2001), 28:1:39-52 Cambridge University Press.
- Ludwing, L. A. y F. Reynolds. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. Wiley, New York.

- Luna-Cozar J. 2001. Entomofauna asociada a *Tillandsia recurvata* L. en bosque tropical caducifolio en Querétaro, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. 65 pp.
- Malda-Barrera G., P. R. Jiménez-Castillo y M. Martínez y Díaz. 2009. Plantas del Parque nacional del Cimatario aptas para la reforestación y diseño de áreas verdes. Universidad Autónoma de Querétaro. Pp. 43-44.
- Murphy, P. G. y Lugo, A. E-. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17(67 - 88).
- Noguera F., Vega Rivera J.H., Aldrete García A. N. 2002. Introducción. En Noguera F., Vega Rivera J.H., Aldrete García A. N, Quesada Avendaño M. (Eds.) *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. 563 pp.
- Penet L. C. L. Collin y T. L. Ashman. 2009. Florivory increases selfing: an experimental study in the wild strawberry, *Fragaria virginiana*. *Plant Biology*. (11) 38-45.
- Rzedowski, J.; G. Calderón de Rzedowski y S. Zamudio Ruíz. 1997. Flora del Bajío y regiones adyacentes. Fascículo. 51. Instituto de Ecología.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Sánchez-Azofeifa, A., M. E. Kalacska, M. Quesada, K.E. Stoner, J. A. Lobo y P. Arroyo-Mora. 2003. Tropical Dry Climates In-. Phenology: an integrative environmental science, Schwartz Mark D.
- Shapiro S. S. y M. B. Wilk. 1965. An Analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52:591-611.
- Singh K. P. y C. P. Kushwaha. 2005. Emerging paradigms of tree phenology in dry tropics. *Current Science*, Vol 89, No. 6.
- Stansly P. A., y J. R. Cate. 1984. Discrimination by ovipositing boll weevils (Coleoptera: Curculionidae) against previously infected *Hampea* (Malvaceae) flowers buds. *Environ. Entomol.* 13: 1361 - 1365.
- Strauss, S. Y., J. Conner y S. Rush. 1996. Foliar herbivory affects floral characters and plant attractiveness to pollinators: implications for male and female fitness. *Amer. Nat.* 147: 1098-1107.
- Strauss, S. Y. 1997. Floral character link herbivores, pollinators, and plant fitness. *Ecology* 78: 1640-1645.

- Terrones, R. T. del R. L., González, S. C. y Ríos, R. S. A. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México 216 p. (Libro técnico No. 2).
- Trejo, I. y R. Dirzo, 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in México. *Biological Conservation* 94: 133 – 142.
- Vallejo-Marin. C. A. Domínguez y R. Dirzo. 2006. Simulated seed predation reveals a variety of germination responses of neotropical rain forest species. *American Journal Of Botany* 93(3): 369–376. 2006.
- van Schaik, C. P., J W. Terborgh, S. J. Wright. 1993. The phenology of tropical forest: Adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annu. Rev. Ecol. Sys.* 24:353-377.
- Zamudio R., S. J. Rzedowski, E. Carranza G. y G. Calderón de Rzedowski. 1992. La vegetación en el estado de Querétaro. Instituto de ecología, Centro Regional del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán. CONCYTEQ, Querétaro. 92 pp.