

177
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**BIOLOGIA DE *Lithurge (Lithurgopsis) littoralis*
COCKERELL, 1917 (APOIDEA: MEGACHILIDAE) EN
LA RESERVA ECOLOGICA DEL PEDREGAL
DE SAN ANGEL. D. F.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
OLIVIA YAÑEZ ORDÓÑEZ



DIRECTOR DE ESTUDIOS PREPARATORIOS
DIRECTOR DE TESIS: BIODIVULSION
LUIS MANUEL GODINEZ GARCIA



CIUDAD UNIVERSITARIA, D. F.

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVÁNAMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrin Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"BIOLOGIA DE Lithurge (Lithurgopsis) littoralis COCKERELL, 1917 (APOIDEA:
MEGACHILIDAE) EN LA RESERVA ECOLOGICA DEL PEDREGAL DE SAN ANGEL, MEXICO."

realizado por YAÑEZ ORDOÑEZ OLIVIA

con número de cuenta 8752515-1 . pasante de la carrera de BIOLOGO

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

BIOL. LUIS MANUEL GODINEZ GARGIA

Propietario

M. EN C. MOISES ARMANDO LUIS MARTINEZ

Propietario

BIOL. Ma. SUSANA SOSA NAJERA

Suplente

BIOL. JUAN MARQUEZ LUNA

Suplente

BIOL. LETICIA RIOS CASANOVA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Consejo Departamental de Biología

Mrs. Yañez Ordoñez Olivia

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten notes]

[Large handwritten signature]

SECRETARÍA DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó a petición del Biólogo Luis Manuel Godínez García, director de tesis, a quien debo gran parte del conocimiento que poseo sobre abejas.

Al M. en C. M. Armando Luis Martínez por las facilidades prestadas dentro del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" para la elaboración del trabajo escrito, le agradezco además la revisión, los comentarios y sugerencias hechas al escrito final.

Así mismo agradezco a la Bióloga María Susana Sosa Nájera por su ayuda en el procesamiento y determinación de las muestras palinológicas, así como sus valiosas observaciones al trabajo escrito.

A los Biólogos Leticia Ríos Casanova y Juan Márquez Luna por la revisión y corrección del trabajo

Al Sr. Antonio Altamira por el procesamiento del material fotográfico.

A Ismael A. Hinojosa por su ayuda en todo lo relacionado con este trabajo y por todo lo que compartimos.

A mis padres, hermanas y tíos por su apoyo y comprensión, sin los que no habría podido concluir mis estudios.

A mis padres y hermanas a quienes amo profundamente.

A Ismael.

CONTENIDO	PAG.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Origen y evolución	2
Anidación	2
Organización social	3
Relaciones tróficas	4
Polinización por abejas	5
ANTECEDENTES	7
JUSTIFICACIÓN	9
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	10
OBJETIVOS	14
MATERIAL Y MÉTODO	15
Trabajo de campo	15
Trabajo de laboratorio	16
RESULTADOS	17
Búsqueda de sitios de anidación	17
Arquitectura del nido	18
Recursos utilizados en la alimentación	21
Patrones de pecoreo	24
Actividad diaria y estacional	25
Comportamiento	29
Interacción con otros organismos	30
Ciclo de vida	31
Morfología larval	32
Morfología pupal	34
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	42
LITERATURA CITADA	43
APÉNDICE	48

ÍNDICE DE FIGURAS	PAG.
Figura 1. Detalle anatómico de la cabeza de <i>Lithurge littoralis</i>	8
Figura 2. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F.	10
Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la estación meteorológica de Villa Obregón	12
Figura 4. Nidos de <i>Lithurge littoralis</i> en su etapa inicial	19
Figura 5. Nidos de <i>Lithurge littoralis</i> en su etapa intermedia	20
Figura 6. Nidos de <i>Lithurge littoralis</i> en su etapa final	21
Figura 7. Número de individuos en los parches de flores a lo largo del día en el mes de abril de 1992	26
Figura 8. Número de individuos en los parches de flores a lo largo del día en el mes de mayo de 1992	27
Figura 9. Número máximo de individuos por sexo en los parches de flores a lo largo de la época de vuelo	28
Figura 10. Número máximo de individuos en los parches de flores en el mes de julio de 1992.	29
Figura 11. Ciclo de vida de <i>Lithurge littoralis</i>.	32
Figura 12. Larva predefecante de <i>Lithurge littoralis</i>	33
Figura 13. A Larva postdefecante de <i>Lithurge littoralis</i>. B Acercamiento de la cabeza	34
Figura 14. Pupa de <i>Lithurge littoralis</i>. A Vista dorsal. B Vista lateral. C Vista ventral	35

ÍNDICE DE CUADROS.	PAG.
Cuadro 1. Datos generales de la arquitectura del nido	18
Cuadro 2. Análisis palinológico de los nidos 6 y 8 en la segunda quincena de marzo de 1992	22
Cuadro 3. Análisis palinológico de los nidos 1 y 10 en la segunda quincena de abril de 1992	22
Cuadro 4. Análisis palinológico de los nidos 9 A y 20 B en la segunda quincena de mayo de 1992	22
Cuadro 5. Análisis palinológico de las heces fecales contenidas en los nidos 9 y 20 A, practicados a individuos nacidos y nonatos de <i>Lithurge littoralis</i>	23
Cuadro 6. Actividad estacional de <i>Lithurge littoralis</i>	24

RESUMEN.

Más del 85 % de las 20,000 especies de abejas no son sociales como la abeja melífera, *Apis mellifera* L., estas especies son solitarias, es decir cada hembra independientemente construye su nido, pone un huevo en cada celda, lo aprovisiona con alimento para los abejas jóvenes y muere antes de que la próxima generación emerja.

El presente es un estudio de la biología de *Lithurge littoralis* Cockerell, uno de los principales polinizadores del género *Opuntia* en el Pedregal de San Ángel, D.F.

Lithurge littoralis es una abeja altamente estacional. La estación de vuelo abarca de marzo a julio, en concordancia con el periodo de floración de *Opuntia* spp. Es una especie protándrica en la que se presenta emergencia previa de los machos.

Se documenta la actividad de pecoreo y mediante análisis palinológicos se conocen los recursos utilizados en la alimentación de la cría y los adultos. Se observa que la especie es monolética facultativa conforme avanza la época de vuelo y que en general es oligolética en diferentes especies del género *Opuntia*

Los estudios sobre biología de anidación muestran la estructura del nido y concluyen que se trata de un nido típico de la tribu Lithurgini, conformado por una galería principal, con una y hasta ocho galerías secundarias en las que se encuentra un número constante de cuatro abejas inmaduras para cada celda en los nidos maduros.

Mediante observaciones de campo se conocen las interacciones con otros organismos como coleópteros, formicidos y blatoideos, así como con otros himenópteros.

Se evalúa la posibilidad de utilizar a *Lithurge littoralis* como polinizador masivo de cultivos.

Por último se presenta una descripción morfológica de los estados larval y pupal de la especie.

INTRODUCCIÓN

Origen y Evolución. La importancia biológica y el papel fundamental que desempeñan en la polinización ha hecho que las abejas sean estudiadas desde diferentes puntos de vista, como el taxonómico (Michener, 1944, 1951, 1965; Roig-Alsina y Michener, 1993; Snelling, 1981) y el evolutivo (Michener, 1974, Brothers, 1975).

Las abejas son himenópteros apócritos que se encuentran dentro del grupo biológico Aculeata, el cual tiene como característica presentar el ovipositor modificado en aguijón (Borror, *et al.*, 1976).

Las abejas surgen a partir de las avispas esfecóideas, ya que algunos géneros de esta superfamilia (al igual que algunos Vespoidea) cambiaron los hábitos depredadores de sus larvas por el acopio de polen como fuente proteica al aparecer las angiospermas (Michener, 1974).

En el Cretácico Medio la vegetación es dominada por las angiospermas de corola poco profunda como las actuales Magnoliales. En este período se da la primera gran radiación de las abejas que origina las familias Colletidae, Oxaeidae, Halictidae, Andrenidae y Melittidae que se caracterizan por presentar las partes bucales distales cortas.

En el Terciario, el desarrollo de flores tubulares trae como consecuencia la elongación de la glosa, galea y de los segmentos basales de los palpos labiales del aparato bucal de las abejas, originando a las familias de lengua larga: Megachilidae y Apidae, dando lugar a la segunda gran radiación de las abejas e iniciando un proceso de coevolución entre las plantas y sus principales polinizadores (Michener, 1974).

Anidación. Uno de los aspectos importantes dentro de la biología de las abejas es la anidación. El nido es el lugar donde las abejas se desarrollan, además es el lugar de descanso y protección de las hembras adultas (Malyshev, 1927).

Algunos nidos consisten sólo de una excavación en el sustrato, como en *Perdita*, donde los nidos son cavidades en la arena. Otros más contienen también materiales que cubren y modifican las paredes de las celdas y algunas otras partes de la madriguera.

Por otro lado, algunos nidos están contruidos enteramente de cera secretada por la abeja y divididos por materiales de forrajeo, como en *Bombus* y en la mayoría de los meliponinos.

Aunque son varios los substratos utilizados por las abejas para nidificar, el suelo es el más usado, también se aprovecha la madera muerta y los tallos suaves de las plantas como en el caso de las familias Halictidae, Melittidae, Megachilidae y Apidae.

Los nidos están constituidos básicamente por galerías y celdas. Puede existir una sola celda grande donde conviven varias abejas inmaduras (Krombein, 1967; Michener, 1974) o consistir de celdas individuales, como en la mayoría de las especies de abejas, en las que una contracción en el sustrato de anidación o material externo (lodo, piedras, hojas, entre otros) conforma las celdas individuales.

La familia Megachilidae -a la que pertenece *Lithurge littoralis* Cockerell- es el grupo que utiliza mayor diversidad de materiales para la construcción, revestimiento y separación de las celdas. Pueden ser pedazos de hojas -muchas veces masticados-, resina, lodo o guijarros.

En otros grupos (excepto los Apidae) las celdas son excavadas o empotradas en el sustrato y usualmente forradas con material secretado por la propia abeja, en los Megachilidae este tipo de revestimiento está ausente. En ocasiones no se considera a los capullos como parte del nido. Su función es proteger a la abeja inmadura durante su metamorfosis, sin embargo, algunos grupos de abejas no construyen capullos, como en las subfamilias Halictinae (Halictidae) y Xylocopinae (Apidae) cuyas larvas están desnudas.

Organización Social. La construcción del nido, así como el almacenamiento de alimento representan una inversión de tiempo y energía que asegura la supervivencia de la prole. Los machos no están involucrados en construir y aprovisionar el nido.

Dentro del grupo de las abejas encontramos diversos niveles de organización social que abarcan desde el solitario hasta el altamente social. (Wilson, 1976). El tipo de nido está estrechamente relacionado con el nivel social de los taxa, y en muchas ocasiones es un carácter diagnóstico para cada grupo.

Las abejas gregarias construyen nidos en las inmediaciones del nido materno, muy cercanos unos de otros como en *Osmia azteca* Cresson, lo que resulta en agregaciones de abejas emparentadas. En otros casos, abejas sin relación genética anidan una cerca de la otra, formando así agregaciones de abejas no emparentadas como en *Diadasia diminuta* Cresson (Linsley, et al. 1952).

Las ventajas de las agregaciones incluyen el uso eficiente de sitios con recursos abundantes, la oportunidad de utilizar nidos vacantes o de robar nidos ocupados, y la defensa mutua en caso de parásitos o depredadores.

La conducta parasocial involucra la coexistencia de 2 o más hembras poniendo huevos en un nido. Es difícil distinguir entre colonias que son comunales en las que cada hembra construye, aprovisiona y oviposita en una celda, y otras colonias que son cuasisociales donde las hembras cooperan en la construcción y aprovisionamiento del nido.

La ventaja principal de anidar en agregaciones estriba en la defensa del nido, aunque también puede presentarse usurpación de celdas y de recursos por individuos conespecíficos, este comportamiento puede ser visto como una estrategia evolutiva que no requiere de altruismo reproductivo (Eickwort, 1981).

Los insectos verdaderamente sociales se distinguen por 3 características (Wilson, 1976):

- 1) Cooperación en la crianza de los inmaduros.
- 2) División de labores, con presencia de individuos reproductivos e individuos trabajadores.
- 3) Sobrelapamiento en el tiempo de 2 generaciones, contribuyendo a las labores dentro de la colonia.

Relaciones tróficas. La correlación entre ciertas características florales de las especies de plantas y los animales que las polinizan ha sido bien estudiada. Las bases funcionales de la forma y color son reconocidas, por lo que términos tales como flores de *Bombus* son comunes, relativamente pocas especies de plantas son visitadas por un sólo polinizador potencial. Si bien las flores de una población de plantas en particular son visitadas por un grupo característico de polinizadores, el espectro efectivo de polinizadores puede ser muy diferente para poblaciones de diferentes hábitats (Miller, 1981).

Las observación de la estacionalidad de insectos polinizadores y las flores que estos visitan son necesarios para conocer este tipo de relaciones y así utilizar estos datos en otro tipo de trabajos en lo que la relación planta polinizador es importante pero aún desconocida.

De acuerdo con el número de especies de plantas utilizadas para la obtención de recursos (Linsley, *et al.*, 1952; Free, 1970) podemos clasificar a las abejas de la siguiente forma:

Monoléticas: Cuando visitan solo una especie de planta.

Oligoléticas: Cuando explotan solo unas cuantas especies de plantas que están relacionadas taxonómicamente.

Poliéticas. Cuando el recurso se obtiene de diversos tipos de plantas relacionadas o no taxonómicamente.

Pocas especies de abejas sin alguna característica social están activas todo el año (como *Halictus ligatus*, Michener y Bennett, 1977). Tales especies son usualmente poliéticas debido a que los recursos florales cambian con el paso de las estaciones. Otros taxa, sin embargo, son altamente estacionales como *Calliopsis hondurasica* y

Andrena vidualis, entre otras (Michener, 1944). Tales especies son muchas y potencialmente oligolécticas o monolécticas, aunque la proporción de abejas oligolécticas en las regiones tropicales húmedas es limitada comparada con la de regiones templadas o xéricas, de acuerdo con Michener y Roubick (1980).

Bernd (1972) menciona que algunas abejas como *Bombus terricola* Kirby, prefieren visitar plantas con altas concentraciones de azúcares y poco volumen. Sin embargo, se dice que la selección de las plantas por parte de las abejas no depende tanto de la concentración de azúcares y volumen del néctar producido, ya que también el nivel de organización social al cual pertenecen influye para dicha selección. Por ejemplo, Raymond, (1979 in Callejas, 1992) encontró que abejas solitarias muestran preferencia por flores de corolas grandes y vistosas, de simetría bilateral, mientras que abejas eusociales visitan generalmente una gran diversidad de tipos de flores, inclusive especies no polinizadas por abejas, es decir, no muestran preferencia por flores de una simetría en particular.

Melchor (1991), reporta tres estrategias básicas utilizadas por las abejas en el aprovisionamiento del nido.

- 1.- Recursos obtenidos de plantas en floración. El polen obtenido de estas plantas puede por un lado, ser almacenado dentro del nido o por otro ser incorporado directamente a la cría. Otra característica es que estos recursos provienen de plantas que se encuentran abundantemente distribuidas y su floración es sincrónica con la época de vuelo de la abeja.
- 2.- Recursos almacenados. Procedentes de colectas anteriores y que son utilizados posteriormente a su almacenamiento.
- 3.- Recursos introducidos directamente a la cría. Estos recursos están en función de la cantidad y calidad de los recursos disponibles al final de la época de vuelo, generalmente son de tipo alternativo y no aparecen en análisis palinológicos anteriores.

Por otro lado Cortopassi-Laurino y Ramalho (1988 in: Sosa, 1991.) concluyen que solo las especies de plantas que obtienen una representatividad palinológica mayor al 10 % deben ser consideradas como recursos utilizables, y que las plantas encontradas en proporciones menores al 10 % se consideran fuentes secundarias o bien complementarías a los requerimientos alimenticios de la abeja.

Polinización por abejas. Faegri y L. Van Der Pijl (1979) Señalan que los mejores polinizadores de las plantas son las abejas y llaman a este proceso melitofilia, ya que el polen y el néctar son recursos indispensables en su ciclo de vida. Numerosos son los estudios desarrollados en cuanto a la polinización con abejas, así, *Apis mellifera* y *Melipona quadrifasciata* son señalados como los polinizadores más eficientes en la

polinización de *Coffea spp.* ya que por ser abejas grandes tocan las anteras y los estigmas de las flores, y aseguran la polinización (Mc Gregor, 1976).

Trigona (Trigona) ruficus es considerada el polinizador más eficiente del cítrico *Crotalaria juncea*, ya que al cortar los botones florales para coleccionar néctar y polen, posibilita que después otras abejas penetren en la flor, asegurando así su fecundación.

En algunas cosechas las abejas son indispensables y llegan a alcanzar el 97 % del total de insectos que visitan las flores durante el día. Landgridge (1967) menciona que en los árboles visitados por abejas la cosecha de fruta fue 2.5 veces mayor que en árboles aislados (enjaulados sin abejas) y que el fruto exhibió un peso hasta tres veces mayor

ANTECEDENTES

Lithurge littoralis Cockerell pertenece a la familia Megachilidae y a la subfamilia Lithurginae. El género incluye alrededor de 50 especies distribuidas en el viejo y nuevo mundo. Todas las especies del viejo mundo pertenecen al subgénero *Lithurge* Latrielle y están representadas en las regiones sureñas del Paleártico, Etiópico e Indoaustralia. Estas especies aprovisionan sus nidos con polen de plantas de las familias Malvaceae y Compositae.

La mayor parte de las especies del nuevo mundo pertenecen al subgénero *Lithurgopsis* Fox y se distribuyen desde el sur de Norteamérica hasta Sudamérica.

Algunos *Lithurgopsis* utilizan polen de Cactaceae para la alimentación de sus larvas y pocas especies argentinas usan polen de Malvaceae, mientras que *Lithurgopsis* y *Lithurgomma* son oligolécticos de las Compositae.

Lithurge littoralis se distribuye desde Illinois hasta Nuevo México en E. U.A. y hasta el sur del estado de Oaxaca en México (Snelling, 1983).

Sinónimias de *Lithurge* (*Lithurgopsis*) *littoralis* (Cockerell), 1917.

Lithurgus apicalis littoralis Cockerell, 1917: 191. macho.

Lithurgus bruesi Mitchell, 1927:104. macho. nuevo sinónimo.

Aunque la biología de *Lithurge littoralis* ha sido poco estudiada, se obtuvieron los siguientes datos:

Parks (1930) hace referencia a aspectos tales como duración de la época de vuelo, fuentes de alimentación, así como la forma en que interactúa con otros organismos. Es un trabajo básicamente de observación en el que los datos de las estrategias de pecoreo, biología de anidación y desarrollo larval se encuentran muy poco documentados.

Por otro lado, el estudio de Snelling (1983) aporta datos sobre la distribución de *Lithurge littoralis* y hace notar las características anatómicas propias de la especie (Fig.1), así como las plantas utilizadas como recurso alimenticio. Hace observaciones de actividad diurna, observando 2 periodos de actividad durante el día, uno por la mañana (hasta las 12:00 hrs.) en el que se visita a las diferentes especies de *Opuntia* y otro por la tarde (16:00 hrs.) en el que se obtienen recursos de *Monarda* y *Vitex*.

Se han desarrollado numerosos trabajos referentes a la anidación de diferentes megaquilidos; destacan los estudios de Garofalo *et al*, (1981) sobre *Lithurgus corumbae* y el de Roberts (1978) referente a *Lithurge chrysurus*, ambos trabajos hacen una

recapitulación de la biología de las especies mencionadas.

En cuanto a la polinización de *Opuntia* en el Pedregal de San Ángel, Beutelspacher (1971) hizo observaciones de los polinizadores de este género y en especial de *O. tomentosa* Salm-Dyck y *O. robusta* Wendland y su reporte no hace referencia a *Lithurge littoralis*, aunque menciona a *Megachile* (género muy similar a *Lithurge*) visitando esas plantas.



Figura 1. Detalle anatómico de la cabeza de *Lithurge littoralis*.

JUSTIFICACIÓN.

A pesar de la abundancia e importancia biológica de las abejas solitarias (México posee el 10% mundial) los estudios realizados en nuestro país sobre ellas son escasos, especialmente en cuanto a biología de anidación y la relación que guardan con las plantas a las que polinizan.

El presente trabajo da a conocer algunos aspectos de la biología de *Lithurge littoralis* Cockerell, así como su importancia en la polinización de las diferentes especies de *Opuntia* en el Pedregal de San Ángel.

En México el poco conocimiento que se tiene de la biología de las abejas solitarias hace necesario el desarrollo de trabajos que muestren la forma óptima de utilización de un recurso potencial de polinización de plantas silvestres y cultivadas que hasta el momento no se explota.

En países como los Estados Unidos de América se cuenta con amplios estudios en cuanto a la polinización de cultivos por medio de abejas. El establecimiento en muchos casos de cultivos artificiales de abejas silvestres en los lugares en los cuales no se hallan presentes dichas especies o con el fin de aumentar su abundancia (cuando esta es escasa), ha dado como resultado el conocimiento del polinizador más eficiente para cada especie de planta, además de mostrar una alta productividad comparada con la de cultivos que se desarrollan sin la intervención de las abejas.

A pesar de que México cuenta con numerosas especies de cactáceas muy poco o casi nada se ha estudiado en relación a su polinización. Por otro lado México es uno de los principales productores tanto de tunas como de nopales, además de que estos recursos constituyen una fuente importante en la alimentación de la población.

Por todo lo anterior es necesario el desarrollo de estudios como el presente, no solo con cactáceas sino con todas las especies de plantas polinizadas por abejas ya que son un recurso que ayudaría al desarrollo del agro nacional, al conocer que especies son utilizables, pues como ya se mencionó, México cuenta con una gran variedad de abejas silvestres que hasta el momento no se ha aprovechado.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Localización. El Pedregal de San Ángel se encuentra ubicado dentro de los límites del Distrito Federal, al SO del Valle de México y al S de la Villa Avaro Obregón, a 19° 13' 35" y 19° 19' 30" latitud norte y 99° 10' 35" y 99° 11' 45" longitud oeste y a una altitud promedio de 2600 msnm (Soberón *et al.*, 1991).

Originalmente su extensión comprendía aproximadamente 80 Km², sin embargo, el crecimiento de la Ciudad de México ha reducido considerablemente la zona. En particular, la comunidad denominada por Rzedowski (1954) *Senecionetum praecoxis* se vio reducida de aproximadamente de 40 Km² iniciales a una pequeña zona de 1.47 Km² dentro del área del campus universitario.

En 1983 se decreta la creación de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, (Soberón *et al.*, 1991). Un decreto más en 1985 constituye esta área como Zona Ecológica Inafectable (Cano, 1987), muy recientemente, la reserva fue ampliada de 124 Ha a 146.89 Ha. (Soberón *et al.*, 1991) (Fig. 2).

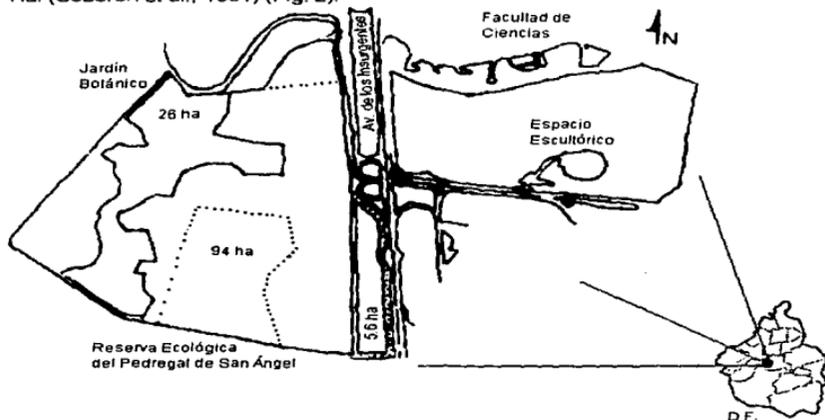


Figura 2 Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F. Las líneas punteadas señalan áreas incluidas recientemente en la reserva. (Tomado de Soberón *et al.*, 1991).

Geología y Edafología. De acuerdo con el método del Carbono 14, se estima que la edad del Pedregal de San Ángel es de aproximadamente 2500 años (Rzedowski, 1954). Su formación es consecuencia de la erupción del volcán Xitle y sus conos adyacentes. Al enfriarse la lava se solidificó y formó un sustrato muy heterogéneo que se caracteriza por promontorios rocosos, grietas y cuevas (Cano, 1987).

Las lavas del Pedregal de San Ángel son de color gris oscuro y pueden clasificarse como basalto de olivino con microcristales. El espesor de la superficie lavica varía entre 6 y 10 m, y es sumamente rugosa por lo que la erosión por acción del viento es reducida (Rzedowski, 1954).

Los suelos son de origen eólico y orgánico y en menor cantidad son el producto de acarreo aluviales y humanos. El suelo se acumula dentro de grietas y oquedades, siendo su espesor solo de algunos centímetros por lo que es difícil observar horizontes edafológicos típicos (Rzedowski, 1954 in Cano, 1987).

Los suelos del Pedregal de San Ángel son del tipo arenoso-limoso, con gran cantidad de materia orgánica e inorgánica, siendo los elementos más abundantes el calcio y el potasio y pobres en fósforo y nitrógeno aprovechables (Carbajal, 1975).

Clima. El Pedregal de San Ángel presenta rasgos climáticos típicos del Valle de México. Posee un clima templado sin que se presente una estación fría marcada. Según el sistema modificado de clasificación climática de Köppen, (García, 1988) presenta un clima del tipo Cb (w1)(w) que corresponde al templado subhúmedo con régimen de lluvias de verano.

Soberón, *et al.* (1991), utilizando el método del polígono indican que las isotermas se encuentran entre los límites de 15.3°C y 15.6°C. Igualmente calcularon las isoyetas utilizando el método del gradiente y encontraron que los límites superior e inferior corresponden a 814.7 y 925.7 mm, con un promedio de 870.2 mm anuales.

En el diagrama ombrotérmico (Fig. 3) se observa que la época de secas es de noviembre a mayo y la de lluvias es de junio a octubre. (Cano, 1987).

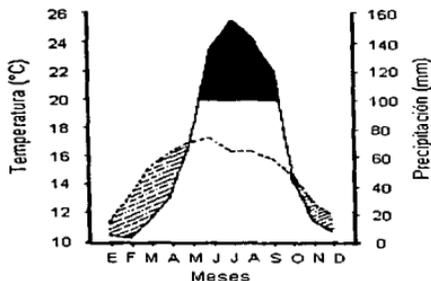


Figura. 3. Diagrama orfobrotérmico de la Estación Meteorológica de Villa Obregón.

Flora y Vegetación. La gran heterogeneidad topográfica del Pedregal de San Ángel hace posible la existencia de una gran cantidad de macro y microambientes que ofrecen sitios de establecimiento para una gran cantidad de especies vegetales con requerimientos ambientales diferentes que conforman una flora muy variada.

Por otra parte, la localización del Valle de México dentro de la Zona de Transición Mexicana hace de este lugar un área excepcionalmente rica en flora y fauna, con una amplia variedad de ambientes y refugios ecológicos resultado de la historia geológica prevaleciente desde el Cenozoico Medio (Rzedowski & Rzedowski, 1979; Halffter, 1987).

La vegetación del Pedregal de San Ángel se clasifica dentro de los matorrales xerófitos, que se distribuyen en zonas áridas debido principalmente a la poca cantidad de suelo desarrollado (Rzedowski, 1983 in Cano, 1987).

Rzedowski (1954) registró 319 especies de pteridofitas y angiospermas en el *Senecionetum praecocis*. La flora actual existente en la reserva del Pedregal de San Ángel, está constituida por 301 especies agrupadas en 61 familias de fanerógamas, de acuerdo con Valiente y de Luna (1990).

La asociación *Senecionetum praecocis* del Pedregal presenta un alto grado de perturbación asociada al crecimiento del área metropolitana de la Ciudad de México, así como a la reducción del área, por contaminación, introducción de nuevas especies, iluminación artificial, saqueo de plantas de ornato y medicinales, caza de animales e incendios (Beutelspacher, 1972; Alvarez *et al.*, 1982; Herrera, 1983). Por otra parte, el alto grado de contaminación y la deforestación del Valle de México ha ocasionado cambios en

la temperatura (Herrera, 1983), que junto con la introducción de eucaliptos para la reforestación, la abundancia de basureros y la cercanía de circuitos viales y avenidas tienen efectos negativos para el desarrollo de las especies nativas. Estudios recientes (Alvarez *et al.*, 1982) sugieren que muchas poblaciones han decrecido o han desaparecido totalmente por la reducción del área en esta zona.

Con base en las listas de Reiche (1914), Gándara (1925), Rzedowski (1954) y Gold (1955) se estima que el número original de especies de plantas era de 350. Para 1954 el Pedregal contaba al menos con 345 especies, de las cuales en 1987 sólo se registraron 226, lo que revela una pérdida de 124 especies. A su vez existen un total de 77 especies que probablemente han entrado a la comunidad recientemente.

El número probable de especies de plantas originales y su cambio en el tiempo indica que entre 1954 y 1987 la extinción local de especies se incrementó de forma significativa. La pérdida de 120 taxa en dicho intervalo podría explicarse considerando los eventos de perturbación ya mencionados (Valiente y de Luna, 1990).

La disminución en el área, la contaminación y todos los factores que de alguna forma afectan a la flora de la zona, repercuten directamente sobre las abejas que en ella habitan, esto se ve reflejado en la disminución de recursos disponibles, así como también en los sitios disponibles para la anidación.

OBJETIVOS.

General.

Conocer la biología de *Lithurge littoralis* Cockerell, en el Pedregal de San Ángel, D.F.

Particulares.

Conocer y documentar los siguientes aspectos de *L. littoralis*.

La arquitectura del nido.

Su actividad de forrajeo, así como los recursos que utiliza en la alimentación de la cría y de los adultos.

Su actividad diaria y estacional en el Pedregal de San Ángel.

Sus patrones conductuales y su interacción con otros organismos.

Su ciclo de vida.

Evaluar la posibilidad de su utilización como polinizador masivo en cultivos.

MATERIAL Y MÉTODO.

Este trabajo se realizó de marzo de 1992 a junio de 1993, las actividades se dividieron en trabajo de campo y trabajo de laboratorio.

Trabajo de Campo. A mediados de marzo de 1992, 25 nidos trampa consistentes en trozos de escape floral de *Agave sp.* de 50 cm de largo y diámetro entre 6 y 19 cm se colocaron en la zona de estudio cercanos a los parches de *Opuntia*, con una altura y orientación azarosas. Todos los nidos se numeraron con pintura de agua.

Los nidos trampa se visitaron cada tercer día durante toda la época de actividad de *L. littoralis*, se hicieron observaciones de la conducta en los parches de flores durante el tiempo que duró el periodo de actividad.

Con el fin de conocer los patrones de pecoreo así como algunos de los rasgos de conducta, se hicieron las siguientes anotaciones:

- Hora de apertura de las flores.
- Hora de llegada de la primera abeja.
- Conducta al llegar a la flor.
- Conducta una vez posada en la flor.
- Respuesta ante la presencia de otros organismos.
- Tiempo de permanencia en la flor.
- Duración de los viajes de forrajeo.
- Intervalo de tiempo entre visitas consecutivas a la misma flor.

Por otra parte, se hicieron observaciones en los nidos trampa para documentar los patrones de anidación, anotando los siguientes datos:

- Hora de apertura del nido.
- Conducta antes de abandonar el nido.
- Tiempo empleado en los viajes de aprovisionamiento.
- Tipo de aprovisionamiento.
- Duración de los períodos dentro del nido.
- Hora de cierre del nido.
- Temperatura ambiente a la hora de apertura y cierre del nido.

Todos los tiempos fueron tomados con un cronómetro y las temperaturas con un termómetro de máximos y mínimos.

Conforme avanzó la época de actividad, se disectaron algunos nidos trampa con ayuda de un estuche de disección, para observar el desarrollo de la construcción del mismo, tomando los siguientes datos recomendados por Sakagami y Michener (1962).

- Altura al piso.
- Orientación de la entrada.
- Largo y ancho de la entrada.
- Largo y ancho de la galería principal.
- Número de galerías secundarias.
- Largo y ancho de las galerías secundarias.
- Número de celdas.
- Contenido de las celdas.

Todos los nidos disectados fueron dibujados. Las celdas extraídas de estos nidos se guardaron en cajas de plástico y se mantuvieron a temperatura ambiente.

Trabajo de laboratorio. Se colectó polen de las diferentes especies de *Opuntia* presentes en la zona de estudio y se hicieron preparaciones permanentes de referencia en gelatina glicerizada teñida con safranina.

En el laboratorio de Palinología del Instituto de Geología de la UNAM a cargo del Dr. Enrique Martínez y con la asistencia de la Bióloga Susana Sosa, el polen de las celdillas y las heces fecales de las larvas obtenidos en los nidos, se sometieron a acetólisis siguiendo el método de Erdtman (1969), para posteriormente hacer preparaciones permanentes en gelatina glicerizada, que se sometieron a análisis palinológico para determinar las especies de plantas presentes en el aprovisionamiento para las abejas inmaduras.

Conforme avanzó el año se disectaron celdas para hacer una colección de estados inmaduros que fueron colocados en frascos color ámbar con solución de khale (70% alcohol, 25% ácido acético y 5 % formol) (Michener, 1953) y posteriormente hacer una revisión de su morfología. El resto de la cría se mantuvo viva hasta su metamorfosis en adulto.

Parte del material palinológico fue depositado en el laboratorio de Palinología de Instituto de Geología de la UNAM. Los ejemplares entomológicos se depositaron en la colección melitológica del Museo de Zoología, "Alfonso L. Herrera" de la Facultad de Ciencias UNAM.

RESULTADOS.

Búsqueda de sitios de anidación. En esta especie se da el rehuso de nidos ya sea por una abeja que nace de este nido o por otra que encuentra el nido disponible.

Cuando una abeja busca un sitio para anidar, primero trata de establecerse en un nido de la temporada anterior. Para esto entra en el posible nido a ocupar con dos posibilidades:

1) Que la abeja residente se encuentre en el nido.

En este caso la abeja exploradora sale inmediatamente, mientras que la abeja residente interrumpe su actividad de pecoreo rutinaria para posarse en la entrada por algunos minutos y después permanecer dentro del nido por más tiempo del usual.

2) Que la abeja residente no se encuentre en el nido.

La abeja exploradora permanece en el nido hasta que llega la abeja residente que la expulsa bruscamente.

Aunque esto sucede en la mayoría de los casos, en dos nidos observamos la presencia de dos abejas residentes compartiendo la entrada. La disección posterior de este nido, evidencio que también el interior era compartido.

Si el nido está vacío la abeja exploradora lo ocupa.

Por otra parte, si no puede ocupar algún nido existente comienza a rodear los nidos trampa con un movimiento en forma de solenoide hasta encontrar alguno de los extremos, donde describe un movimiento de zigzag mientras vuela a todo lo ancho de la trampa. Una vez elegido el sitio se posa en el extremo de la trampa y con las mandíbulas comienza a morder las fibras por espacio de 1 minuto, transcurrido este tiempo da un giro de 90° y muerde otra vez, por lo que para completar una circunferencia necesita dar cuatro giros. Después de completar cinco ó más circunferencias descansa y después vuela hacia las flores; al regresar continúa excavando.

Mientras que con las mandíbulas corta las fibras, con el tercer par de patas saca los restos, formando una capa de fibrillas a la entrada del nido, siendo éste un rasgo de los nidos nuevos, ya que los de la temporada anterior carecen de él.

Es durante los meses de abril y mayo que se observó la mayor actividad en cuanto a construcción de nidos. Las abejas alternaron esta actividad con el aprovisionamiento, colectando polen y néctar que traen al nido. Aunque en la primera quincena de junio pudimos observar aún hembras construyendo nidos.

Cuadro 1. Datos generales de la arquitectura del nido de *Lithurge littoralis* Cockerell.

	sd muestra	sd población	media	número de nidos
Diámetro entrada	0.918	0.87	7.8	10
Extensión lineal g p	10.280	9.39	26.45	6
Profundidad g p	9.23	8.42	29.90	6
Diámetro g p	0.75	0.68	7.83	6
Etapa inicial				
Extensión lineal g p	4.7	3.35	19.25	2
Profundidad g p	1.41	1.00	19.25	2
Diámetro g p (1 a 2 celdas)	0	0	8	2
Etapa intermedia				
Extensión lineal g p	8.34	5.9	26.9	2
Profundidad g p	10.04	7.10	27.4	2
Diámetro g p (2 a 5 celdas)	0.70	0.50	7.50	2
Etapa final				
Extensión lineal g p	15.55	11.00	33.25	2
Profundidad g p	13.29	9.90	36.8	2
Diámetro g p (4 a 8 celdas)	3	1.00	8	2

g p = galería principal

sd = desviación estandar

Arquitectura del nido. La arquitectura del nido se refiere a la forma en que están dispuestos todos y cada uno de los elementos que lo forman, es decir, estructura, número de galerías secundarias y su relación con la galería principal, número de celdas y su posición dentro del nido, así como los datos merísticos de cada uno de ellos.

Esta especie no presenta preferencia por una orientación de la entrada pues se colocaron trampas abarcando todos los puntos cardinales y en todas observamos construcción de nidos, tampoco se observa una preferencia en cuanto a la altura con relación al piso.

En general, la arquitectura del nido es la siguiente (Cuadro 1):

La entrada presenta una capa de fibras color rosa, es circular y con un diámetro promedio de 0.8 cm. La extensión lineal de la galería principal es de hasta 46.2 cm con las paredes cóncavas y con un diámetro de 0.9 cm. Las galerías secundarias están dispuestas horizontalmente, presentan una extensión de hasta 7.8 cm y contienen series de cuatro capullos separados por un angostamiento de las fibras y envueltas completamente por polen.

Es importante notar la presencia de una galería trampa que se encuentra muy cercana a la entrada (a 5 o 7 cm de ella). Carece de celdas y se encuentra llena de fibras. Posiblemente su función es distraer la atención de algún parásito o depredador que penetre en el nido, protegiendo así a las galerías que contienen capullos.

Por cuestiones prácticas y siguiendo a Callejas (1992) se dividió la descripción del proceso de construcción en 3 etapas, que se enlistan a continuación.

En su primera etapa los nidos construidos de abril a principios de mayo presentan solo la galería principal, con una extensión de 26.5 cm y con una profundidad de 21.6 cm con 1 ó 2 celdas al final del conducto que se encuentra lleno de polen de *Opuntia*. Se observa el inicio de construcción de galerías secundarias (Fig. 4)

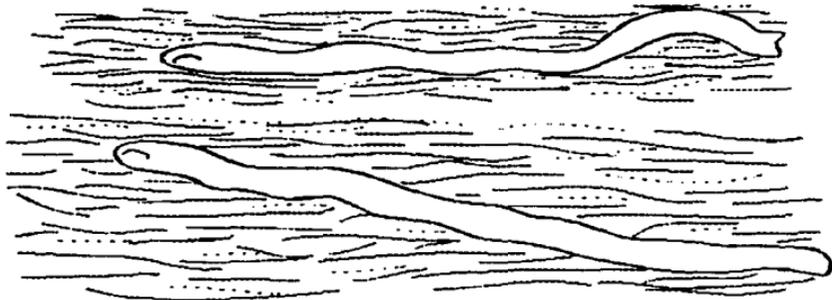


Figura 4 Nido de *lithurge littoralis* en su etapa inicial.

En su etapa intermedia los nidos van adquiriendo mayor complejidad en cuanto a su estructura. La galería principal tiene una extensión lineal de 30 cm y una profundidad de 24.8 cm.

Se observa claramente la presencia de la galería trampa, así como la construcción de hasta 4 galerías secundarias conteniendo aprovisionamiento y 1 ó 2 larvas de edad temprana (fig. 5).



Figura. 5 Nido de *Lithurge littoralis* en su etapa intermedia.

En la etapa final la arquitectura del nido se vuelve compleja, no distinguiéndose en ocasiones los límites entre una galería y otra.

Notamos una marcada presencia de la galería trampa, además de que el acceso a la galería principal se encuentra taponado con una gran cantidad de fibras ocupando hasta 8 cm de profundidad.

La extensión lineal es de hasta 46.2 cm con una profundidad de 34.8 cm, el número de galerías secundarias es hasta de ocho conteniendo siempre series de cuatro celdas cada una.

La entrada a las galerías secundarias se encuentra disimulada por un tapón de fibras, las celdas se encuentran al final de las galerías, el capullo presenta una forma oval con la parte anterior plana, es de color marrón y esta constituido por 2 capas de fibras, una gruesa (externa) de color claro y otra delgada (interna) de color oscuro.

Los capullos se encuentran acomodados seguidos uno del otro, separados por una leve contracción de las fibras y cubiertos totalmente por el polen, con la parte plana mirando hacia la entrada del nido. La altura promedio del capullo es de 15 mm, con un diámetro promedio de la parte plana de 8 mm, además de que es redondo en su parte terminal (Fig. 6).

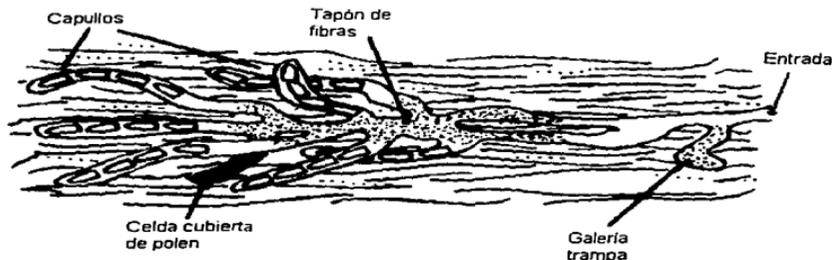


Figura 6 . Nido de *Lithurge littoralis* en su etapa final.

Recursos utilizados en la alimentación de la cría y los adultos. En el Pedregal de San Ángel *Lithurge littoralis* utiliza principalmente dos especies de *Opuntia*, como recursos alimenticios: *Opuntia robusta* y *O. tomentosa*.

El inicio de la temporada de vuelo (segunda quincena de marzo) coincide con el inicio de la floración de *Opuntia robusta*, por lo que tanto machos como hembras colectan recursos de ella. Las hembras colectan néctar y polen para iniciar el aprovisionamiento del nido y los machos néctar para alimentarse.

Como muestra el análisis palinológico en la cuadro 2 la proporción de *O. robusta* sobre *O. tomentosa* es amplia, pues esta última es aún muy escasa lo que ocasiona un registro bajo de granos de polen de esta especie.

Es en *O. robusta* donde se observaron los primeros intentos de cópula, al encontrarse la pareja sobre una flor en busca de recursos alimenticios.

NIDO	<i>O. robusta</i>	<i>O. tomentosa</i>
6	100%	0%
8	94%	6%

Cuadro 2. Análisis palinológico de los nidos 6 y 8 en la segunda quincena de marzo de 1992.

Conforme avanza la temporada (tercera semana de abril), la floración de *O. robusta* se encuentra casi en el pico mientras que *O. tomentosa* ha iniciado ya la floración y aunque se encuentra en menor proporción, podemos observar que las abejas ya comienzan a obtener recursos de ella. Esto se corrobora con el análisis palinológico mostrado en el cuadro 3

Nido	<i>O. robusta</i>	<i>O. tomentosa</i>
1	70%	30%
10	75%	25%

Cuadro 3. Análisis palinológico de los nidos 1 y 10 en la segunda quincena de abril de 1992.

En mayo *O. robusta* alcanza el pico de floración y *O. tomentosa* ya se encuentra en una alta proporción por lo que las abejas visitan indistintamente ambas especies (Cuadro 4), cabe señalar que otras especies de *Opuntia* que se encuentran en el Jardín Botánico también están en floración y que las abejas las visitan, pero como se trata de ejemplares únicos, realmente no se consideran como fuente de alimentación. El análisis palinológico de esta etapa revela, además, la presencia de *O. streptocantha* en una proporción muy baja. Hasta aquí los análisis palinológicos se hicieron tomando polen de las galerías secundarias y de polen que rodeaba a las larvas, pues aún no se construían capullos.

Nido	<i>O. robusta</i>	<i>O. tomentosa</i>	<i>O. streptocantha</i>
9A	60%	40%	0%
20B	55%	43%	2%

Cuadro 4. Análisis palinológico de los nidos 9 A y 20 B en la segunda quincena de mayo de 1992.

1. A principios de julio *O. robusta* ha terminado su floración y aunque *O. tomentosa* es aun más o menos abundante la mayoría de las abejas se encuentran inactiva. El análisis palinológico final hecho a las heces fecales revela datos importantes. La proporción de *O. robusta* sobre *O. tomentosa* se invierte, haciéndose ahora más

evidente *O. tomentosa* (Cuadro 5). Además, se encontró polen de otras plantas totalmente ausentes en análisis anteriores como *Bidens* y varias compuestas tipo *Vernonia*. Estos tipos polínicos se encuentran bien representados por lo que se descarta la posibilidad de contaminación en los materiales utilizados en los análisis palinológicos.

	Nido	<i>O. Robusta</i>	<i>O. Tomentosa</i>	Otros
Nacidos	9	15%	80%	5%
Nonatos	9	20%	75%	5%
Nacidos	20A	10%	87%	3%
Nonatos	20A	7%	92%	1%

Cuadro 5. Análisis palinológico de las heces fecales contenidas en los nidos 9 y 20 A, practicado a individuos nacidos y nonatos de *Lithurge littoralis*.

Patrones de pecoreo.

El cuadro 6 refleja la actividad estacional de *Lithurge littoralis*.

Tiempo dentro del nido (min)				Tiempo fuera del nido (min)			
Abeja	Total	X	S	Total	X	S	Núm. De viajes
Etapa inicial (25 de abril)							
20 A	52	2.60	3.36	125	6.90	1.94	20
6 B	42	2.00	1.78	66	3.14	1.01	21
Etapa intermedia (28 de mayo)							
20 A	19	1.35	0.84	63	4.50	1.50	14
6 B	26	2.60	2.01	51	5.10	3.51	10
20 B	7	1.75	1.50	30	7.50	0.57	4
Etapa final (18 de junio)							
20 A	19	2.11	1.76	71	7.84	3.6	8
6 B	30	3.75	5.20	55	7.85	2.9	1
20 B	5	1	0	43	8.60	1.6	7

Cuadro 6. Actividad estacional de *Lithurge littoralis*

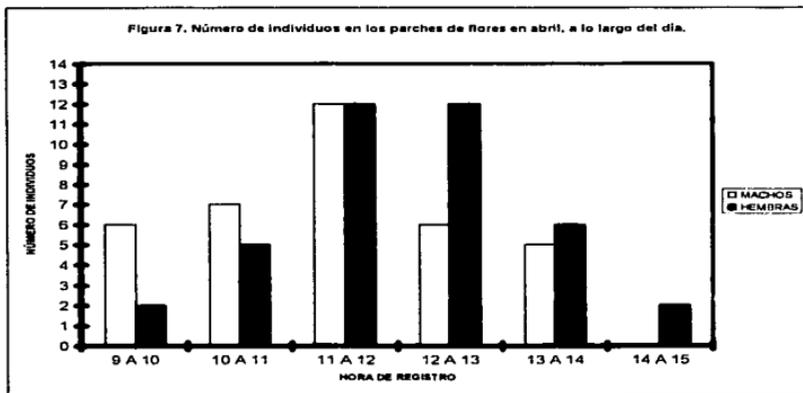
Primera etapa El inicio de la época de vuelo trajo consigo una gran actividad por parte de *L. littoralis* que debió distribuir su tiempo entre aprovisionar y construir el nido.

Al inicio del ciclo las abejas invirtieron mayor tiempo en el aprovisionamiento del nido, esto se ve reflejado en el número de viajes que tienen que realizar, dando como resultado que la abeja dedicara 4 horas a esta actividad (de las 10 a las 14 hrs.) y que se encuentre mayor tiempo fuera del nido que dentro de él, es decir que en esta etapa el aprovisionamiento del nido fue la actividad más importante seguida de la construcción, a la cual la abeja se dedica el resto del tiempo que permanece activa durante el día, siguiendo así el patrón básico de anidación de las abejas solitarias que consiste en construir la celda, aprovisionar, ovipositar y sellar la celda.

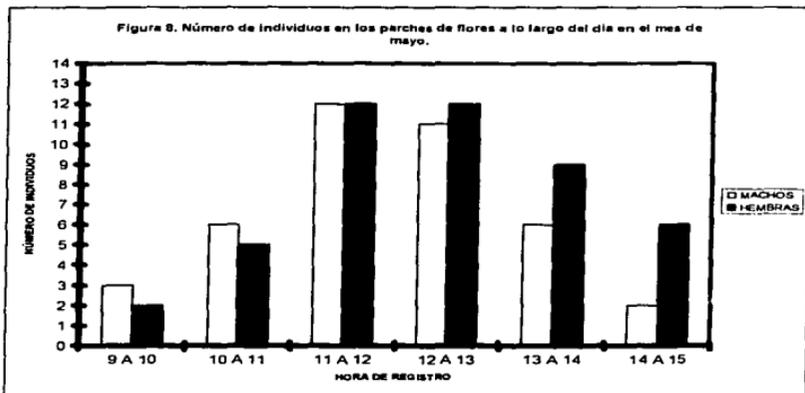
Segunda etapa. Conforme avanza la época de vuelo el número de viajes disminuyó como consecuencia por un lado del descenso del número de celdas a aprovisionar y por otro de una menor proporción de flores disponibles. En esta etapa fueron muy importantes las condiciones meteorológicas ya que se inició la época de lluvias, por lo que el periodo de actividad diaria se vio acortado en muchas ocasiones.

Tercera etapa. Hacia el final de la época de vuelo observamos una marcada disminución en el número de viajes. El cuadro 6 muestra el ejemplo de la abeja 20, que al inicio del ciclo presentó hasta 20 viajes al día y al final de la estación solo realizó nueve viajes diarios, esto pudo deberse a varios factores, por un lado había terminado ya la construcción del nido por lo que el polen colectado se utilizó principalmente para llenar la parte próxima a la entrada de la galería principal, y por que el número de flores es cada vez más escaso de tal forma que la abeja tiene que invertir más tiempo en la búsqueda del aprovisionamiento, esto es contrario al inicio de la temporada en donde se presentaron muchos viajes de aprovisionamiento de corta duración, mientras que en la etapa final encontramos un número menor de viajes pero con un mayor tiempo de búsqueda, la mayoría de estos viajes fueron ya solo por néctar, es decir, los recursos ya no fueron en su mayoría para aprovisionar el nido, sino para consumo propio, a diferencia de las etapas anteriores en que los viajes a las flores tenían el propósito, por un lado alimentarse y por otro el de coleccionar polen para aprovisionar el nido. Para esta etapa la época, de lluvias reduce considerablemente la actividad de las abejas, habiendo días en los que no salen del nido.

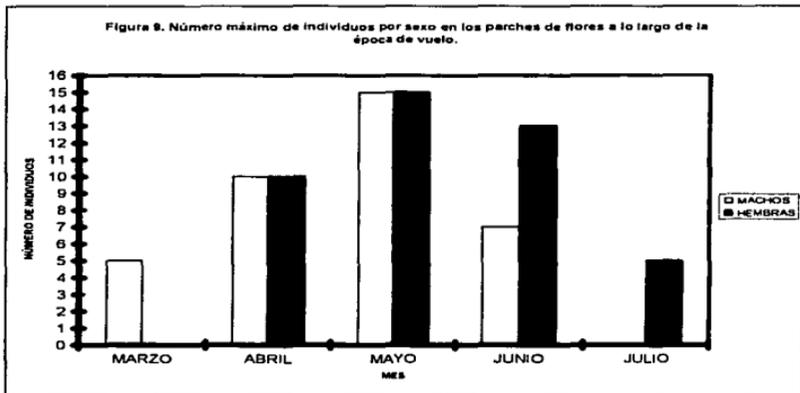
Actividad diaria y estacional. La actividad de machos y hembras difiere en cuanto al horario, pues mientras que los machos llegaban a las flores alrededor de las 9:00 hrs para alimentarse con néctar, descansar, esperar a las hembras y copular, estas llegaban hacia las 9:30 horas, por lo que al inicio de la actividad diaria el número de machos en las flores era mayor que el hembras (Fig. 7).



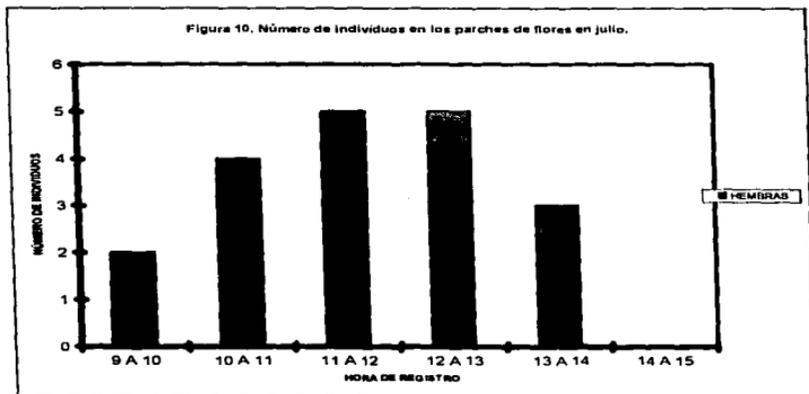
Conforme avanzaba la mañana, el número de hembras tendía a incrementarse y es en el lapso de las 11:00 a 12:30 hrs en el que encontramos un número semejante de ambos sexos en los parches de flores por lo que es en este período donde se observaron más intentos de cópula (Fig. 8).



Hacia las 12:00 hrs el porcentaje de machos disminuye hasta hacerse nulo, mientras que el de hembras se mantiene semejante al período anterior, hacia las 14:00 hrs las hembras comienzan a cerrar los nidos, su número en las flores comienza a disminuir (Fig. 9)



La actividad diaria fue el reflejo de la actividad estacional ya que al igual que en aquella los machos comenzaron a volar primero (segunda quincena de marzo), para abril el número de hembras y machos era semejante y a finales de la época solo encontramos hembras activas mientras que los machos habían desaparecido (Figs 9 y 10).



Comportamiento. Los machos de *L. littoralis* visitan las flores de *Opuntia* por néctar. La actividad de las hembras comienza alrededor de las 9:30 a.m. y con una temperatura mínima de 20 °C. Si en la flor se encuentra otro macho puede volar hacia otra flor o comenzar a pelear con éste, ambos machos se agreden con las mandíbulas y uno tiene que abandonar la flor. En ocasiones si un macho que se encuentra en la flor percibe la presencia de otro macho sobrevolando, levanta el abdomen hasta alcanzar un ángulo casi de 90°, mantiene esta actitud hasta que el otro macho se ha ido. Por otro lado a la llegada de una hembra se queda quieto en espera de que ella se pose en la flor, en cuanto esto sucede trata de sujetarla para copular.

Las hembras visitan las flores por polen y néctar, estas por lo general se encuentran con 2 ó más abejas de la especie *Apis mellifera*, por lo que comienzan a pelear hasta que alguna es expulsada de la flor.

Una vez que la abeja encuentra una flor vacía se posa en los estambres donde espera alrededor de 20 a 30 segundos, transcurrido este tiempo, con el primer par de patas separa los estambres e introduce la cabeza hasta encontrar los nectarios que se encuentran en la base de los estambres y con movimientos de contracción del abdomen

comienza a succionar el néctar, mientras que con el tercer par de patas comienza a acomodarse el polen en la escopa que tiene en el abdomen, así permanece por espacio de 1 minuto aproximadamente. Después de este tiempo sale de entre los estambres y permanece inmóvil por 20 o 30 segundos, para después volar hacia otra flor y repetir el ciclo. Después de visitar 3 ó 4 flores regresa al nido.

Una vez que llega al nido describe un movimiento de zigzag y emite un fuerte zumbido, al posarse en la entrada comienza a caminar por la galería principal. Si por alguna razón se equivoca de nido sale inmediatamente y vuela tratando de ubicarse, una vez que lo consigue entra al nido correcto.

Dentro del nido descarga el polen y el néctar que trae, el tiempo dentro del nido puede variar de 1 a 4 minutos (Cuadro 6), transcurrido este tiempo camina nuevamente hacia la entrada, se posa en ella y al cabo de algunos segundos sale emitiendo un zumbido antes de dirigirse nuevamente a las flores.

Cuando ha terminado la actividad del día (a las 14 horas aproximadamente) empieza a acomodar fibras en la entrada a manera de tapón. Al día siguiente, cuando sale por primera vez, podemos observar como estas fibras son expulsadas violentamente al exterior.

Interacción con otros organismos. Cuando los nidos fueron disectados, se encontraron en su interior organismos relacionados con *L. littoralis*.

Coleoptera. En la galería principal del nido se encontraron larvas del orden Coleoptera, (Lamelicornios) inmersas en los granos de polen y al ser revisadas en el laboratorio se observó que contenían una gran cantidad de polen de *Opuntia* bajo el exoesqueleto, por lo que puede tratarse de un organismo oportunista dedicado al robo de recursos.

Blatodea. Frecuentemente se encontraron individuos maduros de cucarachas en la entrada y la galería principal y es posible que se trate de un depredador de larvas

Fomicidae. En cuanto a las hormigas del género *Iridomyrmex* se pudo observar un claro desplazamiento tanto en la entrada como en la primera porción de la galería principal y aunque rara vez se les vio salir con polen puede tratarse de otro caso de robo de recursos.

Lithurge littoralis no solo se relaciona con los organismos que se encuentran en el nido, también presenta una estrecha relación con los organismos que explotan los mismos recursos que ella, tal es el caso de *Apis mellifera* que representa una fuerte competencia en cuanto al acopio de alimento. Las flores de *Opuntia* en la mayoría de los casos se encuentran ocupadas por 2 ó más abejas de la especie *Apis mellifera*, esto hace que *L. littoralis* tenga que buscar otras flores que estén vacías, esto en ocasiones resulta difícil dado el elevado número de abejas melíferas esto hace que *L. littoralis* tenga que invertir

más tiempo en la búsqueda de recursos. Por otro lado si la flor está ocupada por *L. littoralis*, *A. mellifera* es la que se tiene que desplazar a otra flor, estableciendo así una fuerte relación en cuanto a la posesión de recursos, por lo que no es raro observar peleas entre ellas.

Las hormigas también fueron observadas sobre las flores de *Opuntia spp.* donde se apreció un intenso tráfico de polen hacia los hormigueros.

Así mismo, observamos colibríes visitando las flores de ambas especies de *Opuntia* para tomar néctar, posiblemente se trate de la especie *Amazilia beryllina* Lichtenstein.

Otro organismo que dificulta el acopio de recursos es el escarabajo *Colatus simplex* que se encuentra en la base de los estambres y que por su gran número (hasta 25 en cada flor) impide que la abeja obtenga el néctar de manera fácil, por lo que también tiene que invertir más tiempo en la obtención de recursos. Estos organismos pueden producir una autopolinización al moverse activamente entre los estambres haciendo que las anteras toquen el estigma de la flor.

Ciclo de vida.

En la figura 11 se muestra el ciclo de vida de *Lithurge littoralis*.

A principios de abril las hembras comienzan a buscar un sitio donde anidar. Durante esta etapa fue común observar a las abejas rondando los nidos trampa. En otros nidos podemos ya encontrar el orificio de entrada e inicio de la construcción de la galería principal con tan sólo unos centímetros de profundidad. Aún en la primera quincena de mayo se observan abejas construyendo nidos.

Aunque el aprovisionamiento del nido es constante, es en mayo cuando la abeja utilizará el mayor tiempo en el aprovisionamiento del nido al mismo tiempo que continuará con la construcción del mismo.

En la primera quincena de mayo podemos encontrar ya los primeros huevos y es posible que la etapa de oviposición termine en la segunda quincena de junio pues los nidos disectados posteriormente a esta fecha contienen solo larvas.

En esta especie podemos observar que se presenta el fenómeno de protandria, es decir la emergencia de los machos ocurre primero que la de las hembras y es durante la segunda quincena de marzo en que podemos ver a los primeros machos volando, prolongando su actividad hasta junio. Los machos se alimentan del néctar de *Opuntia robusta* que en ese momento se encuentra en su máxima floración.

La emergencia de las hembras ocurre en la primera quincena de abril, este evento coincide con la floración de *Opuntia robusta* que se convierte en el recurso explotado, en junio se inicia la floración de *O. tomentosa* y es entonces que se comienza a explotar este recurso que se utilizará hasta que termine la temporada de vuelo.

En la primera quincena de julio la mayoría de las abejas se encuentran inactivas, a finales de este mes cesa por completo la actividad de las hembras.

Lithurge littoralis presenta entonces un periodo de diapausa en estado de pupa de 7 meses que abarca de agosto a febrero.

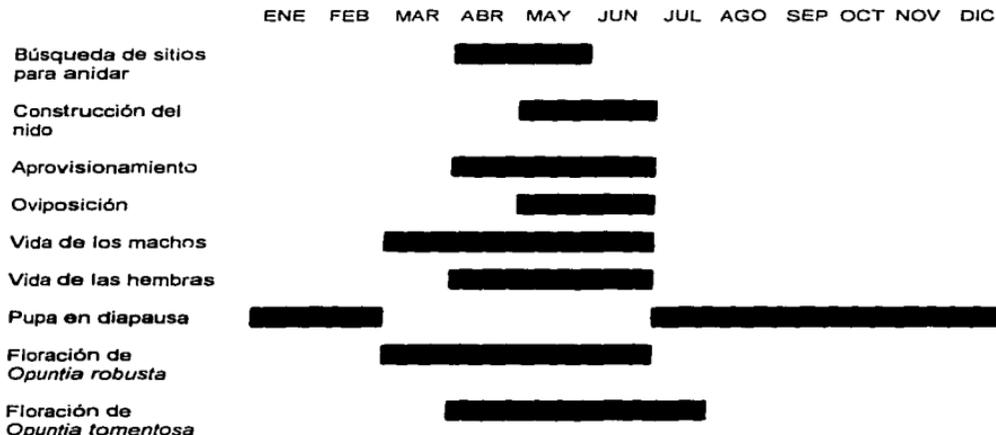


Figura 11. Ciclo de vida de *Lithurge littoralis*.

Morfología larval.

La larva madura de *Lithurge littoralis* presenta el integumento liso con setas más o menos abundantes, en la frente se observa una pequeña depresión por debajo del nivel de los ocelos. Los ojos son convergentes por arriba. La parte lateral de la maxila al igual que la base del labium son muy setosas.

El labrum presenta tubérculos. La mandíbula es pequeña, bidentada apicalmente, en larvas jóvenes el diente dorsal es más grande que el diente ventral pero ambos son agudos. En larvas maduras la mandíbula es bidentada con los dientes subiguales en tamaño, el diente dorsal es más agudo que el diente ventral. El labium se encuentra dividido en prementum y postmentum, su forma es triangular y esta abultado.

El tercio posterior del cuerpo de la larva es más robusto que los 2 primeros. El tubérculo medio dorsal es poco evidente.

Los segmentos abdominales 9 y 10 son subiguales en tamaño al resto, el segmento 9 es más corto que el 10. El espiráculo es de tamaño pequeño y presenta denticulos en el atrium. El ano se encuentra en posición terminal (Figs. 12 y 13)

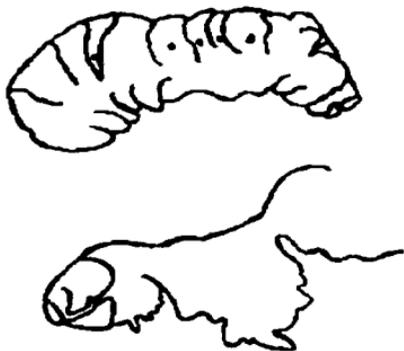


Fig. 12. Larva predefecante de *Lithurge littoralis*.



Fig. 13. A. Larva postdefecante de *Lithurge littoralis*. B. Acercamiento de la cabeza

Morfología pupal.

Cabeza. Integumento con numerosas setas; ojos y antenas sin setas, al igual que las partes bucales. El labrum presenta un par de tubérculos erectos muy evidentes.

La mandíbula es masiva y apicalmente tridentada con el diente medio mas grande que los dientes dorsal y ventral, a diferencia de la larva donde la mandíbula es bidentada. La galea carece de papilas.

Mesosoma. El integumento y la tibia presentan setas escasas, mientras que el basitarso es muy espiculado y tiene numerosas setas.

Metasoma. En los esternitos I, II, III y IV se presenta una banda subapical de setas que forman la escopa.

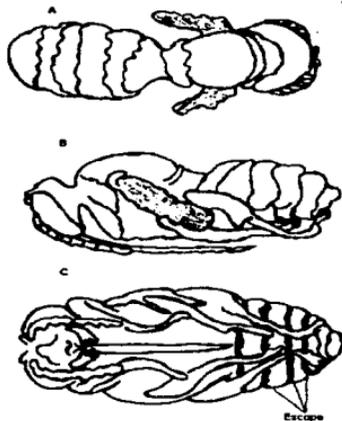


Fig. 14. Pupa de *Lithurge littoralis*. A. Vista dorsal. B. Vista lateral. C. Vista ventral.

DISCUSIÓN.

Dado que la información sobre la biología de *L. littoralis* es escasa, la discusión de los resultados se hará en base a comparaciones con otros liturginos estudiados.

La utilización de madera como sustrato de anidación es observado en todos los liturginos conocidos, el factor que determina el sustrato está en función de la abundancia de madera que se presente en cada región. Es interesante hacer notar que en el Pedregal de San Ángel la madera utilizada por *L. littoralis* consiste del escape de *Agave sp.*, frecuentemente usada también por *Xylocopa tabaniformis.*, esto nos indica que este sustrato (*Agave sp.*) posee condiciones óptimas para la anidación. Además es frecuente encontrar tiraderos de escapes provenientes en su mayoría de agaves del Jardín Botánico.

Un análisis comparativo de la arquitectura del nido de *L. fuscipennis* (Malyshev, 1930), *L. atratiformis* (Houston, 1971) y *L. chrysurus* (Roberts, 1978) y los resultados obtenidos para *L. littoralis* indican características comunes: Durante los primeros días de construcción la entrada del nido se encuentra protegida con un tapón de fibras que evita la invasión del nuevo nido, ya sea por depredadores o por parásitos, mientras que en la segunda etapa de construcción podemos observar que la entrada y la galería principal están abiertas permanentemente.

Los nidos consisten de un sistema de galerías, que se construyen siempre paralelas a las fibras de madera, además el aserrín es utilizado también en la estructura del nido como material de taponamiento y protección de las galerías. Otra característica peculiar es la presencia de una o más galerías trampa cuya función es la de distraer la atención de los posibles depredadores que entran en el nido, una estructura similar puede ser observada en los halictidos *Lasioglossum esmeraldense* (Rayment, 1937) y en *L. vindatum* (Atwood, 1933).

El largo y el diámetro del sistema de galerías varía de acuerdo con la edad del nido. De acuerdo con Huston (1971), en *L. atratiformis* las galerías presentan un diámetro que va 0.5 a 0.65 cm y una extensión de 2.5 a 5.0 cm, mientras que Roberts (1978) encuentra para *L. chrysurus* prácticamente la misma variación en el diámetro, mientras que la extensión de las galerías es hasta de 20 cm. En *L. littoralis* la entrada del nido tiene un diámetro promedio de 0.8 cm y la extensión de las galerías es en promedio de 7.8 cm.

De esto se desprende que si bien la arquitectura del nido es similar, las dimensiones son muy variables entre diferentes especies, pues se presentan galerías cortas en *L. atratiformis*, medianas en *L. littoralis* y largas en *L. chrysurus*. Esto permite establecer una relación entre el número de abejas inmaduras presentes en cada galería y la extensión máxima de la misma. Según Houston (1971) la mayoría de las galerías de *L. atratiformis* contienen solo uno o raramente dos abejas inmaduras, en contraste con *L. chrysurus* que presenta de uno a diez inmaduros por galería (Roberts, 1978), mientras que

en *L. littoralis* la presencia de cuatro inmaduros es constante en cada galería. Estos resultados muestran que *L. littoralis* ocupa un lugar intermedio con respecto a las otras dos especies.

Roberts (1978) reporta que los nidos de *L. chrysurus* producen hasta 28 individuos y sugiere que esto puede ser el resultado del trabajo de 2 ó más hembras, iniciándose una posible conducta comunal.

Los resultados obtenidos para *L. littoralis* muestran un máximo de 32 individuos por nido, y aunque sólo en dos ocasiones se observó la presencia de dos hembras por nido, fue también en estos dos nidos donde se encontró el mayor número de individuos, esto podría mostrar el inicio de una conducta comunal que dé como resultado una prole abundante.

En cuanto a la conducta de forrajeo, oviposición, defecación larval y localización del capullo también se presentan características comunes. En *L. fuscipennis* (Malyshev, 1930), *L. atratiformis* (Houston, 1971) y en *L. littoralis* la oviposición ocurre durante el inicio de la actividad de forrajeo. El huevo es puesto en una pequeña cavidad preparada con una masa de polen y la vía de acceso es llenada completamente con polen, después de la oviposición el aprovisionamiento es terminado.

Por otro lado, la cantidad de polen que recibe cada larva en la etapa de aprovisionamiento, es diferente. Queda por investigar si esto es determinante en su desarrollo larval y si es reflejo de la variación que se observa en la talla de los adultos.

Otra característica común en varias especies es que la defecación inicia antes de que el aprovisionamiento haya sido totalmente consumido, esta característica es observada también en algunos Apidae y probablemente en todos los Megachilidae (Rozen, 1970).

Antes de considerar la localización de capullo es necesario distinguir entre dos situaciones con o sin partición entre las celdas. En ausencia de la partición se presentan 2 posibilidades: galerías con un solo inmaduro y galerías con más de uno. En ambos casos sin embargo, el arreglo encontrado (de la parte distal a la entrada) fue: capullo, heces y aserrín sellando la entrada. La total ausencia de partición entre celdas se considera como una característica primitiva. En abejas que presentan partición entre las celdas, el patrón encontrado fue el siguiente: capullo - heces - partición y aserrín sellando la entrada, este último patrón es el observado en *L. littoralis*.

La variación del largo del capullo es evidente entre las diferentes especies, mientras que para *L. chrysurus* es 1.0 a 1.2 cm para *L. atratiformis* es de 1.0 a 1.45, los resultados obtenidos para *L. littoralis* son de 1.5 cm. Rozen (1973) al estudiar las larvas maduras de la familia Megachilidae encontró que son altamente homogéneas y que no son

marcadamente diferentes, por lo que esta variación no es significativa, ya que esta en relación con las características anatómicas de la abeja adulta, a su vez resultado de la variación genética propia del género.

La comparación de los nidos entre diferentes especies sugiere una secuencia de eventos que pueden ilustrar las relaciones evolutivas entre ellas. Una primera etapa de estos eventos es probablemente homóloga al patrón encontrado en *L. atratiformis* donde las galerías presentan sólo una celda y están selladas con aserrín, este tipo de nidos son muy similares a los de *Fidelia* y *Neofidelia*, que anidan en el suelo. Un segundo grupo de eventos esta representado por *L. corumbae*, que presenta varias abejas inmaduras por galería pero sin partición entre celdas. La etapa final de este proceso podría estar representado por *L. littoralis* que se caracteriza por la partición entre las celdas y por la presencia de varias abejas inmaduras en cada una de las galerías secundarias, esta partición puede ser un depósito de aserrín o una contracción de la madera lo que sugiere una conducta de construcción derivada de una galería simple.

En cuanto a los recursos utilizados en la alimentación de los adultos y la cría y, siguiendo el criterio de Cortopassi-Laurino y Ramalho (1988) el alto porcentaje de representatividad (mayor al 10 %) que muestran *Opuntia tomentosa* y *O. robusta* (cuadros 2, 3, 4 y 5) indican que solo estas especies pueden ser consideradas como recursos utilizables por *Lithurge littoralis*. Esto es natural ya que se trata de las dos especies de *Opuntia* mejor representadas en la zona de estudio. Cabría preguntarse si en condiciones de abundancia relativa semejante en todas las especies de *Opuntia*, las proporciones de recursos utilizados mostrarían resultados semejantes para todas las especies.

Las abejas pecorean de tal forma que la inversión energética empleada en la obtención de recursos sea maximizada, por lo tanto la floración de una especie de planta en un área determinada y en sincronía con el ciclo de vida de su polinizador reduce el tiempo y la cantidad de energía utilizados por este, mientras que los recursos que se distribuyen al azar (en espacio y tiempo) incrementan el gasto energético empleado para su explotación. Por lo tanto entre mayor es la cantidad de recursos alimenticios disponibles mayor es el gasto energético que el pecoreador invierte en su almacenamiento ya que representan reservas que se aprovecharán cuando los recursos hallan escaseado, por otro lado si los recursos son bajos en cantidad y calidad la abeja prefiere no invertir energía en su búsqueda y es cuando hecha de mano de recursos alternativos que se encuentran más cerca del nido pero solo como complemento alimenticio, sin que tengan que ser considerados como fuente principal de alimento.

En cuanto al aprovisionamiento destinado para la cría podemos observar que *Lithurge littoralis* recurre a las tres estrategias mencionadas por Melchor (1991), ya que el inicio de la época de vuelo la colecta de recursos proviene principalmente de *Opuntia robusta*, estos recursos son destinados para la alimentación de la cría y en mayor proporción son almacenados (estrategia uno) dentro del nido para su posterior utilización a

lo largo del ciclo de vida de la abeja; de manera semejante a los obtenidos de *Opuntia tomentosa* (estrategia dos). En cuanto a los otros tipos polínicos observados pueden tratarse de contactos fortuitos de la abeja con estas plantas como es el caso de *Senecio praecox* donde la abeja fue observada descansando o de recursos alternativos como los obtenidos en los análisis palinológicos en los que encontramos plantas como *Vernonia sp.* y *Alcornia sp.* y que son utilizados por la escasa presencia de *Opuntia spp.* hacia el final del ciclo de vuelo (estrategia tres).

Lithurge littoralis no presenta una alta especificidad en cuanto a los recursos utilizados en la alimentación de la cría y de acuerdo con Parks (1930) esta especie es oligoléctica de las cactáceas ya que el análisis palinológico muestra diferentes tipos polínicos entre los que destacan, *Opuntia robusta*, *O. tomentosa*, además de algunas compuestas como *Vernonia* y otras cactáceas como *O. streptocantha*. Podemos decir además que *L. littoralis* se comporta de manera monoléctica facultativa, ya que al inicio de su ciclo de vida el único recurso utilizado es *Opuntia robusta*, mientras que al final del ciclo solo *O. tomentosa* es explotado, y se convierte en la fuente principal de aprovisionamiento.

La presencia constante de *Apis mellifera* en las flores de *Opuntia* puede ser una fuente importante de contaminación, ya que se trata de una abeja que visita un amplio número de especies vegetales que incluyen en gran medida compuestas como las observadas en los análisis polínicos. Es decir la contaminación puede deberse a eventos naturales sobre los que *Lithurge littoralis* no tiene control, aunque no se descarta la contaminación en los materiales utilizados en los análisis palinológicos.

Al igual que otras abejas solitarias como *Colletes* (Batra, 1980), *L. littoralis* presenta el fenómeno de protandria (el nacimiento de los machos antecede al de las hembras), esto permite a los machos tener acceso a hembras vírgenes al momento de su aparición, siendo al inicio del ciclo de vida cuando mayor número de intentos de cópula se observan. Esto hace también que los machos mueran antes que las hembras, lo que permite que estas puedan dedicarse de lleno al aprovisionamiento y cuidado del nido.

Los factores ambientales son determinantes en la relación planta-abeja ya que si no se presenta una temperatura mínima de 20 °C las flores no abren y *L. littoralis* permanece dentro de su nido, la lluvia también es un factor importante ya que hacia el final del ciclo de vida la época de lluvias limitaba el acceso a los recursos, es decir, había días enteros en los que la abeja no salía del nido y aunque las flores estaban disponibles, los recursos eran aprovechados en su mayoría por *Apis mellifera* y por *Colastus simplex* lo que disminuía la cantidad de recursos para *L. littoralis*, siendo tal vez una de las causas de la búsqueda de recursos alternativos como las compuestas encontradas en los análisis polínicos.

La actividad diaria y estacional muestra que tanto hembras como machos presentan una actividad asincrónica a lo largo del día, y se refleja también a lo largo de todo el ciclo.

Mientras que los machos llegan primero a las flores (9:00 hrs.) y sólo consumen néctar, las hembras lo hacen más tarde cuando la mayoría de las flores ya han abierto y la cantidad de polen disponible es alta, esto representa un beneficio para las plantas ya que la actividad de las hembras en las flores asegura la polinización de los individuos, estableciéndose una fuerte relación entre la planta y la abeja. Hacia las 14:00 hrs. los machos ya no están volando, lo que permite a las hembras continuar con el acopio del polen sin ser interceptadas por estos.

Por lo que respecta a los organismos con los que interacciona *L. littoralis* y que fueron encontrados dentro del nido, cabe preguntarse como llegaron ahí. Una posible explicación es que se establece un relación forética entre la abeja y estos organismos, que se presenta en el momento en que la abeja se encuentra descansando o tomando recursos en las plantas, que es donde generalmente se desarrollan estos organismos.

Por otra parte, los organismos con los que comparte recursos (*Apis mellifera*, *Ceratina spp.*, *Colastus simplex*) son determinantes en la cantidad de recursos de que dispone *L. littoralis*, ya de una manera u otra limitan el acceso a ellos, esto se observa en los frecuentes encuentros con *A. mellifera*, o en las ocasiones en que la abeja tiene que buscar otra flor por estar llena de coleópteros. Necesita entonces mayor inversión de tiempo y energía en el aprovisionamiento del nido, tal vez sea esta la clave de lo observado en algunos nidos en los que más de una abeja aprovisiona y cuida el nido.

Existe poca información acerca del número de generaciones producidas por *Lithurge*. *L. tibialis* (Cross, 1939) produce una generación por año, mientras que *L. atratiformis* presenta dos generaciones. *L. littoralis* depende de las condiciones ambientales que se presenten en la región, ya que las abejas tienden a estar activas durante los meses secos del año. La época de lluvia y el invierno son factores que limitan la actividad de las abejas, es por esto que se presenta un período de diapausa de 7 meses que la abeja pasa en estado de pupa. Una vez que las condiciones son favorables, tanto en disponibilidad de alimento como en condiciones ambientales el desarrollo de la pupa se acelera y se convierte en adulto.

Uno de los objetivos de este trabajo fue la evaluación de la posibilidad de utilizar a *Lithurge littoralis* como polinizador masivo de las especies del género *Opuntia*. Estudios realizados con otras abejas como *Scaptotrigona pachysoma* con cultivos de *Coffea arabica* (Melchor, 1991), plantean que las características que deben cumplirse en la utilización de abejas como polinizadores son: 1.- Colonias populosas, 2.- Avanzado sistema de comunicación entre los individuos, 3.- Eficiencia en la colecta de recursos, 4.- Fácil cultivo y transporte de las colonias, y 5.- Preferencia por el pecoreo en un estrato en particular (herbáceo, arbustivo o arbóreo). Cabe destacar que estas pautas son las seguidas para colonias de abejas sociales como *Apis mellifera* y los melipónidos. En general se trata de especies que se caracterizan por ser polilécticas, es decir explotan un amplio rango de especies de plantas.

Si observamos detenidamente *L. littoralis* solo cumpliría con las características número cuatro y cinco ya se especializa en el estrato arbustivo pues las especies de *Opuntia* estudiadas caen dentro de este estrato (Guzmán, 1996, com. per.), los nidos construidos en los escapos son fáciles de transportar y manejar. Sin embargo no son colonias populosas, este problema podría ser salvado con un número mayor de escapos a ser colonizados. Si en la primera generación de *L. littoralis* le ofrecemos un sustrato de anidación para cada una de las abejas hembras -producto de esa primera generación-, la proporción de nidos a ser utilizados en la polinización de cultivos, iría aumentando con el paso de las generaciones. Otro punto a favor de su utilización es que se trata de una especie oligoléctica, es decir se especializa en solo algunas especies de *Opuntia* por lo que su utilidad sería mayor en monocultivos, ya que Melchor (1991) sugiere que la poliléctica practicada por las abejas sociales es una desventaja en cuanto a la polinización de cultivos, pues estas abejas al ser generalistas cambian constantemente de fuente de recursos aunque el flujo de polen en la primera especie explotada sea muy abundante.

Es necesario un planeamiento de la obtención de una mayor población de abejas de *Lithurge littoralis* que permita salvar el obstáculo de las colonias grandes producidas por las abejas sociales como *Apis mellifera* pues es claro que el gran acopio de polen que se lleva a cabo por *L. littoralis* y su gran sincronía espacio-temporal con las especies de *Opuntia* pueden dar la pauta para su utilización como agente polinizador,

CONCLUSIONES.

En el Pedregal de San Ángel, *Lithurge littoralis* presenta las siguientes características.

Utiliza la madera muerta como sustrato de anidación al igual que la mayoría de los liturginos.

La arquitectura del nido es típica de la tribu Lithurgini.

Es una especie protándrica (el nacimiento de los machos antecede al de las hembras). Por lo que la época de vuelo para los machos abarca de marzo a junio y para las hembras de abril a julio.

En cuanto a los recursos utilizados en la alimentación se comporta de manera monolética, pues explota un solo tipo de *Opuntia* a la vez, aunque a lo largo de la época de vuelo este recurso difiere.

Presenta 4 individuos por cada galería en los nidos maduros.

Produce una sola generación por año.

Presenta un periodo de diapausa pupal que abarca de agosto a febrero

LITERATURA CITADA.

- Álvarez, et al. 1982. **Proyecto para la creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel**. Laboratorio de Ecología, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 49 pp.
- Atwood, C.E. 1933. Studies on the Apoidea of western Nova Scotia with special reference to apple blomm. **Can. J. Res.** 9: 443-457.
- Batra, S.W.T. 1980. Ecology, Behavior, Pheromones, Parasites and management of the sympatric Vernal bees *Colletes inaequalis*, *C. thoracicus* and *C. valudus*. **J. Kans. Entomol. Soc.** 53 (3): 509-538
- Bernd, H. 1972. Energetics or temperature regulation and foraging in a bumble, *Bombus terricola* Kirby. Berkeley, California. **J. Comp. Physio.** 77: 49-64.
- Beutelspacher, C. 1971. Polinización en *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck y *O. robusta* Wendland, en el Pedregal de San Ángel. **Cact. Suc. Mex.** 84-86 pp.
- Beutelspacher, C. 1972. La Familia Sphingidae (Insecta:Lepidoptera) en el Pedregal de San Ángel, D.F. México. **An. Inst. Biol. Univ. Nal. Auton. México.** 1: 17-24 pp.
- Borror, D.J., D.M., Long, y C.A., Triplehorn. 1976. **An Introduction to study of insects**. Holt Rinehart and Wiston, NY 852 pp.
- Brothers, D.J. 1975. Phylogeny and classification of Aculeata Hymenoptera (With special reference to Mutillidae). **Univ. Kan. Sci. Bull.** 50 (11): 483-648 pp.
- Callejas, C.A. 1992. **Biología de anidación y actividad de pecoreo en *Xenglossa fulva* Smith, (Hymenoptera: Anthophoridae)**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 118 pp.
- Cano, S.Z. 1987. **Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Ángel, D.F. (México)**. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Carbajal, L.M. 1975. **Estudio ecológico de los insectos que viven en *Wigandia caracasana* HBK de una zona del Pedregal de San Ángel, D.F.** Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM.

- Cortopassi-Laurino M. y M., Ramalho. 1988. Pollen harvest by africanized bees *Apis mellifera* and *Trigonaspis* in Sao Paulo Botanical and Ecological views. *Apidologie*. 19(1): 1-24. in: Sosa N. S. 1991. **Explotación de recursos florales por *Tetragona jaty* en dos zonas con diferente altitud y vegetación en el Soconusco, Chis.** Tesis Profesional Facultad de Ciencias. UNAM. 108 pp.
- Cros, A. 1939. Considerations generales sur le genre *Lithurgus* Latr. et biologie du *Lithurgus tibialis* Mor. (Hymenoptera, Apidae- Megachilinae). **Bull. Soc. Fouad Ier Ent. Cairo** 23: 37-59.
- Eickwort, G. 1981. Presocial insects in Herman H. (Ed.) **Social Insects**. Academic Press, NY Vol. 2: 199-279.
- Erdtman, G. 1969. **Handbook of Palynology: Morphology, Taxonomy, Ecology**. Munks, Copenhagen, Denmark.
- Faegri, K. and L. Pijil Van Der. 1971. **The principles of pollination ecology**. Pergamon Press.
- Free, J.B. 1970. **Insect Pollination of crops**. Academic Press. NY 544 pp.
- Gándara, G. 1925. Otro modo de estimar la flora del Valle de México. **Mex. For.** 3: 157-162.
- García, E. 1988. **Modificaciones de la clasificación climática de Koeppen, (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)**. García, E. (Ed.). México, D.F. 217 pp.
- Garofalo, C. A., E., Camillo, O.M., Campos, R., Zucchi, y J.C., Serrano. 1981. Bionomical aspects of *Lithurgus corumbae* (Hymenoptera: Megachilidae), including evolutionary considerations on the nesting behavior of genus. **Rev. Brasil. Genet.** IV, 2: 165-182 pp.
- Gold, D. 1955. Las cactáceas del Valle de México. **Cact. Suc. Mex.** 3: 33-35.
- Haiffter, G. 1987. Biogeography of the Montane Entomofauna of México y Central America. **An. Rev. Entomol. Sys.** 32: 95-114.
- Herrera, L. 1983. **Síntesis ecológica de la Cuenca de México**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Houston, T.F. 1971. Notes on the biology of a lithurgine bee (Hymenoptera, Megachilidae) in Queensland. **J. Aust. Ent. Soc.** 10: 31-36.

Krombein, K.V. 1967 **Tramp Nesting Wasps and Bees, Life Histories Nest and Associates**. Smithsonian Press, Washington D. C. 209 pp.

Langridge, D.F. 1967. **La necesidad de polinización de los huertos y los cultivos para semillas**. 26 th. Congreso Int. de Apicultura. Adelaide, Australia. Ed. Apimondia. Bucarest, Rumania.

Linsley, E.G., J.W., Macaws y R.F. Smith. 1952. Outline for ecological life histories of solitary and semisocial bees **Ecology**. 33 (44): 558-567 pp.

Malyshev, S.J. 1927. The nesting habits of solitary bees. **Entomol. Leningrado Univ.** 201-309 pp.

Malyshev, S.J. 1930. Nistgewohnheiten der Steinbienen, *Lithugus* Latr. (Apoidea). **Zeitschr. Morph. Okol. Tiere**. 19: 116-134.

McGregor, S.E. 1976. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Agricultural Research Service, U.S.D.A. 288 pp.

Melchor, S.M. 1991. **Explotación de recursos florales por *Scaptotrigona pachysoma* en dos zonas con diferente altitud y vegetación en el Soconusco, Chiapas**. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM 229 pp.

Michener, C.D. 1944. Comparative external morphology, Phylogeny and a classification of the bees (Hymenoptera) **Bull. Amer. Mus. Hist.** 82: 151-326 pp.

Michener, C.D. 1951. Bees of Panama. **Bull. An. Mus. Nat. Hist.** 104:1-176.

Michener, C.D. 1953. Comparative morphological and systematic studies of the larvae with a key to the families of Hymenoptera larvae. **Kansas Sci. Bull.** 35: 983-1102.

Michener, C.D. 1965. A classification of the bees of the Australian and South Pacific regions. **Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.** 130: 1-362.

Michener, C.D. 1974 **The social behavior of the bees a comparative study**. Belknap Press, Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts, 440 pp.

Michener, C.D. y F.A., Bennett. 1977. Geographical variation in nesting biology and social organization of *Halictus ligatus*. **Kans. Univ. Sci. Bull.** 51: 233-260 pp.

- Michener, C.D. y D.W., Roubick. 1980. The seasonal cycle and nests of *Ephicharis zonata*, a bee whose cells are below the wet-season water table (Hymenoptera: Anthophoridae). **Biotropica** 12(1): 56-60 pp.
- Miller, R.B. 1981. Hawkmoths and the geographic patterns of floral variation in *Aquilea caerulea*. **Evolution**, 35(4): 763-774 pp.
- Parks, H.B. 1930. Notes on Texas bees. **Bull. Brookl. Entomol. Soc.** 25: 263-267 pp.
- Rayment, T. 1937. Biology of a new halictine bee and specific description of its parasite. **Arb. Physiol. Angew. Entom. Berlin-Dahlem.** 4: 30-60
- Reiche, C. 1914. **La vegetación de los alrededores de la Ciudad de México**. Tipografía Moderna. México, D.F. 145 pp.
- Roberts, R.B. 1978. The nesting biology, behavior and immature stages of *Lithurge chrysurus*, an adventitious wood-boring bee in New Jersey (Hymenoptera: Megachilidae). **J. Kansas Ent. Soc.** 51: 735-745 pp.
- Roig, A. y C.D. Michener. 1993. Studies of the phylogeny and classification of the long-tongued bees (Hymenoptera: Apoidea). **The University of Kansas Science Bulletin.** 55(4-5): 123-173.
- Rozen, J.G. 1970. Biology, immature stages, and phylogenetic relationships of fideliine bees, with description of a new species of *Neofidelia* (Hymenoptera, Fileliidae). **Ibid.**, no. 2519, pp 1-14.
- Rozen, J.G. 1973. Immature stages of Lithurgine bees with descriptions of the Megachilidae and Fideliidae based on mature larvae (Hymenoptera, Apoidea). **American Museum Novitates.** 2527: 1-14.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (D.F., México) **An. Esc. Cien. Biol. IPN México.** 8: 59-129.
- Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski. 1979. **Flora Fanerogámica del Valle de México**. Continental. México.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México. In: Cano, S.Z. 1987. **Ecología de la relación entre *Wigandia urens* (Hydrophyllaceae) y sus herbívoros en el Pedregal de San Ángel, D.F. (México)**. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM.

- Sakagami, S. y C.D. Michener. 1962. **The nest architecture of sweat bees (Halictidae)**. Univ. of Kansas Press, Lawrence. 135 pp.
- Snelling, R.R. 1981. Systematic of social Hymenoptera. Herman, H. (Ed.) **Social Insects**. Academic Press. NY. 2: 369-453.
- Snelling, R.R. 1983. The north american species of the bee genus *Lithurge* (Hymenoptera: Megachilidae). **Contributions in Science**. 343: 1-11 pp.
- Soberón, J., M. C. Rosas y G. Jiménez. 1991. Ecología hipotética del Pedregal de San Ángel. **Ciencia y Desarrollo**. 17(99): 25-38.
- Valiente-Banuet, A. y E. de Luna. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F., **Acta Botanica Mexicana**. 3: 13-30.
- Wilson, E.O. 1976. **The Insects Societies**. Univ. Harvard. 548 pp.

APÉNDICE



DESCRIPCIÓN PALINOLÓGICA.

Opuntia tomentosa Salm-Dyck.

- A) Ornamentación 40 X
- B) Corte óptico 40 X

Abertura: Periporado, poros operculados.
Exina: Subtectada reticulada. Grosor 8 μ .
Relación exina-sexina: 1-2.
Eumónada, isopolar, radioisométrica.
Esferoidal. Diámetro: 128 μ .

Opuntia robusta Wendland.

- C) Ornamentación 40 X
- D) Corte óptico 40 X

Abertura: Periporado, poros obliados de 20-30 μ
con opérculo verrugado y ornamentación
reticular-areolada.
Exina: Subtectada reticulada. Grosor 5 μ .
Relación exina-sexina: 1-5.
Esferoidal. Diámetro: 107 μ .