

**LA ABEJA MELÍFERA (*Apis mellifera* L.)  
COMO POLINIZADOR DEL CULTIVO DE  
MELÓN (*Cucumis melo* L.)**

**JOSÉ LUIS REYES CARRILLO**

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Subdirección de Postgrado

Torreón, Coahuila, México  
Septiembre de 2005

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

## LA ABEJA MELÍFERA (*Apis mellifera* L.) COMO POLINIZADOR DEL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo* L.)

POR

JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

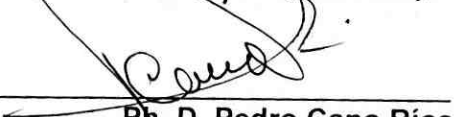
Elaborado bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y  
aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

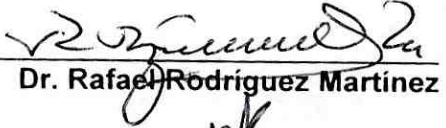
Asesor principal \_\_\_\_\_

  
Dr. Jesús Vásquez Arroyo


Asesor: \_\_\_\_\_

  
Ph. D. Pedro Cano Ríos

Asesor: \_\_\_\_\_

  
Dr. Rafael Rodríguez Martínez

Asesor: \_\_\_\_\_

  
Dr. Joel López Pérez

Asesor: \_\_\_\_\_

  
Ph.D. Frank A. Eischen

TORREÓN, COAHUILA

SEPTIEMBRE 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**LA ABEJA MELÍFERA (*Apis mellifera* L.) COMO  
POLINIZADOR DEL CULTIVO DE MELÓN  
(*Cucumis melo* L.)**

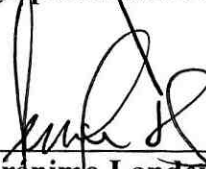
POR

**JOSÉ LUIS REYES CARRILLO**



---

**M.C. Gerardo Arellano Rodríguez**  
**Jefe del Departamento de Posgrado**



---

**Dr. Jerónimo Landeros Flores**  
**Subdirector de Posgrado**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Miguel Arenas Vargas investigador de la Universidad Autónoma Metropolitana asesor del Programa de Posgrado, por sus consejos, su asesoría y la amistad y confianza depositada en mi persona.

A Don Pedro Vázquez Rodríguez presidente de la Cámara Agrícola y Ganadera de Torreón por su interés en la apicultura y el apoyo económico a los proyectos de investigación ante la Fundación Produce Coahuila, A.C.

Al Dr. Rafael Rodríguez Martínez asesor, profesor investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna por su asesoría, constancia y apoyo durante los estudios de campo, elaboración de manuscritos y elaboración de esta tesis.

Al Dr. Frank A. Eischen entomólogo investigador de la Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Honey Bee Unit, USDA-ARS-SARC, Weslaco, Texas) por el equipo, materiales proporcionados para la realización de los proyectos, asesoría y revisión de los manuscritos de los artículos de investigación.

Al Dr Pedro Cano Ríos Investigador Nacional del INIFAP-CeLaLa por las facilidades, el equipo proporcionado y el desinteresado apoyo en el trabajo de campo e ilimitada paciencia en la revisión de los manuscritos y artículos de investigación.

Al Dr Jesús Vásquez Arroyo asesor principal por su interés y optimismo durante mis estudios de posgrado.

A mis compañeros estudiantes que compartieron sus conocimientos, sugerencias y concienzuda revisión de escritos, revisiones, panoramas, coloquios y manuscritos de artículos de investigación durante nuestras arduas sesiones de socialización y en especial a los que aportaron sugerencias a esta tesis, Javier Sánchez Ramos, Alejandro Moreno Reséndez, José Luis Corona Medina y Genoveva Hernández Zamudio.

Al Dr. Urbano Nava Camberos Investigador Nacional del INIFAP-CeLaLa por su colaboración en los proyectos y minuciosa revisión de los borradores de los artículos de investigación.

A la M.E. Clara Mayela Ramírez Castro maestra de la Universidad amiga y compañera de oficina por inyectar confianza y optimismo a mi trabajo.

Al Dr. Joel López Pérez por su ayuda en la construcción de conceptos y la revisión minuciosa de este documento.

Al Dr Carlos Morán por su meticulosa revisión de la tesis y agudas observaciones sobre apicultura.

## **DEDICATORIA**

Para mi esposa Dulce María Villa Carrera por su apoyo siempre incondicional, amor y alegría que le imprime a nuestras vidas

A mi hijo José Luis, ahora brillante estudiante universitario, cuyo amor a los valores familiares y su entrega a todo lo que realiza ha sido un impulso adicional a mi superación personal

A mi niña Dulce María, hija especial que ha creado una familia especial, deseando que algún día pueda leer estos renglones

A ellos con todo mi cariño

## PREFACIO

...,"Viví, miré, leí, sentí, Que hace ahí el leer, Leyendo se acaba sabiendo casi todo, Yo también leo, Por tanto algo sabrás, Ahora ya no estoy tan segura, Entonces tendrás que leer de otra manera, Como, No sirve la misma forma para todos, cada uno inventa la suya, la suya propia, hay quien se pasa la vida entera leyendo sin conseguir nunca ir más allá de la lectura, se quedan pegados a la página, no entienden que las palabras son solo piedras puestas atravesando la corriente de un río, sí están allí es para que podamos llegar a la otra margen, la otra margen es lo que importa, A no ser, A no ser, que esos tales ríos no tengan dos orillas sino muchas, que cada persona que lee sea, ella, su propia orilla a la que tendrá que llegar", ...

...diálogo entre Marta y su padre Cipriano Algor en "La Caverna" de José Saramago.  
premio Nobel de Literatura 1998

La investigación en nuestro país sobre la polinización de cultivos ha resultado de interés para agricultores, asesores técnicos y apicultores, pero pocas instituciones por sí solas pueden o están dispuestos a financiar proyectos de manera suficiente y oportuna. Las experiencias exitosas en este renglón, son el resultado del esfuerzo conjunto entre organismos de productores y las Universidades, enlazadas a centros de investigación. Así, puede ser considerado el caso de esta tesis en el que se reunieron los esfuerzos de la Cámara Agrícola y Ganadera de Torreón, la Fundación Produce Coahuila, A. C., la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Unidad Laguna) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Honey Bee Lab) Weslaco, Texas. El monto económico de las investigaciones rebasará los 400,000 pesos, de los cuales alrededor de una tercera parte de esa cantidad corresponde al aporte de fondos personales, vehículo, equipo apícola específico y el costo de la publicación de los resultados que se deberá cubrir al ser aceptado cada artículo de investigación y esto es variable de acuerdo a la revista científica.

Con el apoyo de estas instituciones y en diferentes años se realizó la serie de proyectos que conforman los resultados presentados en este documento y como producto de ese trabajo se presentan los artículos de investigación que conforman esta tesis. Los reportes mencionados han sido enviados para su publicación a las revistas reconocidas por los índices de Revistas Científicas Mexicanas de Excelencia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), el Journal Citation Report (JCR) del Institute for Scientific Information (ISI) y el Biological Abstract.

La colaboración por parte de los productores de melón en los predios es muy importante, pues ubica en el contexto comercial la experimentación, despierta el interés del agricultor y permite la continuidad en los años subsecuentes. En una región árida como la nuestra en donde las temperaturas a la sombra registradas durante los experimentos en el campo superaron los 40° C, también representan factores importantes a considerar en la logística y las facilidades en la provisión de agua y sombra para los trabajos de campo.

La base de la información científica de documentos originales que conformaron el marco de referencia y la base de los proyectos de investigación que se recuperó a través del tiempo en los estudios del posgrado conforman actualmente una base importante de información. Este acopio documental fue recuperado a través de la correspondencia con autores de todo el mundo, de visitas a bibliotecas Universitarias, intercambio con otros investigadores, de las bibliotecas virtuales y a través de la recuperación en internet de revistas de los índices que estuvieran



disponibles y el envío de archivos digitales de los propios autores. Este acervo, base de esta tesis, consta de 563 documentos publicados en el período comprendido entre los años 1933 al 2005, de los cuales 49 son revisiones, 365 artículos de investigación, 11 son perspectivas del tema, 22 libros y 116 documentos más que caen en dos o más categorías, o que se consideraron de información estadística, metodológica y de otra índole.

Para el manejo de estos documentos fueron clasificados por temas como: polinización de cultivos, polinización silvestre, medio ambiente, plaguicidas, parásitos, comunicación, métodos, orientación, evolución, entre otros. Los materiales bibliográficos aparecen en la Introducción 194 citas, en los artículos del N°1 al N°5: 29, 29, 32, 30 y 32, y en la Discusión General 30 citas respectivamente. Para el manejo de la información científica contenida en esta tesis se utilizó el sistema de administración de la información End-Note®. La elección del cuerpo asesor merece una atención particular, ya que es un tema en el que el alumno participa activamente desde el inicio del posgrado identificando a los líderes en su campo de interés para la investigación sin importar en que lugar del mundo se encuentren, afinidad en el tema, capacidad en compartir habilidades, facilidad en la atención y asesoría, y, disponibilidad del candidato a asesor para aceptar su participación. Esta selección se vuelve un ejercicio eminentemente individual en que el alumno escoge su equipo potencial de investigación o su red de colaboradores que dará continuidad a la labor en la que se pretende calidad, visibilidad y trascendencia.

En esta tesis se establecen los hechos, lagunas del conocimiento y objetivos en los apartados que indica el reglamento de tesis de posgrado de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el formato de artículos científicos que consta de: Introducción, Revisión de Literatura, artículos de investigación, Discusión General y la Literatura Citada.

En el apéndice se presentan como anexos las cartas de recepción de las revistas científicas a donde se enviaron dichos artículos y como patrón de referencia del polen de plantas que sirvió de base para la investigación cuyo resultado se presenta en el artículo N° 3 y se enlistan: las plantas silvestres, cultivadas y ornamentales de la región de donde se obtuvo polen, se muestra la colección de fotografías al microscopio del polen de cada planta obtenido durante el desarrollo del trabajo y se describen la técnica para el aislamiento del polen y las características diferenciales del polen.

## COMPENDIO

### La abeja melífera (*Apis mellifera* L.) como polinizador del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.)

por

José Luis Reyes Carrillo

#### DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" Unidad Laguna

TORREÓN, COAHUILA, SEPTIEMBRE 2005

Debido a que para obtener los máximos rendimientos en la mayoría de los frutos, vegetales y cultivos se requiere la polinización por insectos, normalmente el bajo número e ineficiencia de polinizadores se asocia con la baja cantidad y pobre calidad de los frutos. Entre los polinizadores de los cultivos agrícolas, las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) son las mejor conocidas por su eficiencia ya que mejoran la calidad del fruto, los rendimientos de semilla y aprovechan el néctar de las flores para producir miel. El melón cantaloupe (*Cucumis melo* L.), es uno de los cultivos que requieren la concurrencia de las abejas para lograr su rendimiento potencial, pero pocos productores utilizan colmenas en sus cultivos o las usan en forma inadecuada. La polinización de la abeja melífera en el cultivo de melón, plantea varios problemas científicos, de los cuales, en este trabajo, se abordaron los siguientes: aunque se reconoce la

importancia de la inducción de la polinización por abejas melíferas en el cultivo del melón, se desconoce el momento propicio para la instalación y retiro de las colmenas en el cultivo; en el cultivo de melón, el riego y el control de malezas son labores manuales que no permiten la colocación de las colmenas en el cultivo, debiendo ubicarse en la periferia para evitar los problemas relacionados con los accidentes por la africanización, desconociéndose la influencia de la distancia del apiario sobre la producción y calidad del fruto; bajo condiciones de aridez, como las de la Comarca Lagunera, las abejas que polinizan a las planta de melón, también pecorean a otras especies silvestres y cultivadas en floración, desconociéndose cuáles son éstas y si son competidoras del cultivo del melón; Aunque se sabe que el cultivo de melón es atractivo para las abejas, tanto por el néctar como por su polen, se desconoce el patrón de captura del polen y el de la distribución de las abejas durante el pecoreo a través del día y; se desconoce si la presencia de abejas en el campo de cultivo depende de su densidad de población. Para dar respuesta a estas preguntas científicas, se plantearon cinco experimentos cuyos objetivos fueron: determinar en el cultivo de melón el momento de la floración en que se deben colocar las colonias y su momento de retiro; evaluar la producción y calidad del fruto de melón a diferentes distancias del apiario; determinar las plantas visitadas por las abejas durante la polinización del melón y si éstas son competidoras del cultivo; determinar la colecta de polen y la distribución espacial y temporal de las abejas pecoreadoras en el campo de melón y; determinar la distribución temporal y espacial de las

abejas melíferas con diferente densidad de colmenas. Los resultados muestran que los tiempos en que se deben introducir y retirar las colmenas en el cultivo del melón son la primera y la cuarta semana de floración respectivamente, y que la cantidad y la calidad de la fruta se disminuyen con el retraso en la polinización. Estos resultados refuerzan información previa con resultados similares, donde la reducción de los rendimientos de los cultivos es el resultado de servicios inadecuados de los polinizadores. Por otra parte, se observó que con base en el volumen del polen, el melón es la principal fuente de polen para las abejas, observándose además que las plantas visitadas por las abejas durante la polinización del cultivo son de importancia secundaria. También se observó que las abejas se presentan en el cultivo del melón después de las ocho de la mañana y que cesan sus vuelos al oscurecer, alcanzando un máximo de distribución durante la mañana y disminuyendo su presencia paulatinamente por la tarde, además, se encontró que la captura de polen tiene un patrón matutino de acarreo a la colmena. Finalmente, se determinó que cuando el número de colonias en campo aumenta, también se incrementa el número de abejas que visitan a las flores de melón, es decir, la población de abejas en el campo muestra una relación dependiente de la densidad de colmenas.

Los resultados sugieren que la necesidad de polinización de la planta de melón puede ser cubierta por la abeja melífera considerando su oportunidad y cantidad, generando otras preguntas científicas que resolver derivadas de los resultados y por lo tanto, es pertinente que futuras

investigaciones evalúen el efecto de el número de visitas por la abeja pecoreadora a cada flor hermafrodita sobre el crecimiento del fruto, la comparación de lotes comerciales con y sin polinización inducida, la determinación de artrópodos distintos a la abeja que visitan las flores del melón y que puedan tener actividad polinizadora y su abundancia relativa, determinar la actividad de las abejas a través de su polen en la vegetación silvestre y el aislamiento e identificación continuos del polen de plantas para tener un patrón de referencia regional.

**Palabras clave:** apicultura, polinización, fecundación, polen, cucurbitácea

## ABSTRACT

### The honey bee (*Apis mellifera* L.) as pollinator of the cantaloupe crop (*Cucumis melo* L.)

by

José Luis Reyes Carrillo

DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" UNIDAD  
LAGUNA

TORREÓN, COAHUILA, SEPTIEMBRE 2005

Since to obtain the maximum yields in most of fruits, vegetables and crops, pollination by insects is required, usually it is associated their low number and inefficiency to the fruit drop and poor quality. Among the agricultural crop pollinators, the honey bees (*Apis mellifera* L.) are the best known by their efficiency because they improve the fruit quality, the seed yields and they take the flower nectar to produce honey. The cantaloupe (*Cucumis melo* L.) is one of the crops that require the honey bee concurrence to achieve its potential yield, but few growers use the beehives in their field crops or they use them inadequately. The cantaloupe pollination by the honey bee, establishes several scientific problems, those of which were approached in this work and are the following ones: although the

importance of induced pollination by honey bee in the melon crop is recognized, the adequate moment to install and to retire the beehives in the field crop are ignored; in the cantaloupe crop, irrigation and weed control are hand labor activities that do not allow to place the beehives into the crop, and should be located in the crop periphery to avoid the problems related to the africanization accidents, and it is not known the influence of the apiary distance on the fruit production and quality; under the arid conditions, like those of the La Laguna region, the honey bees that pollinate the melon flowers, also forage in other wild species and cultivated plants during blooming, wich have not been identified and it is not known if they compete with the cantaloupe plant; although it is known that the melon crop is attractive to the bees, as much for the nectar as for its pollen, the pollen capture and distribution patterns of the bees during the foraging flights through the day are ignored and; it is not known if the presence of bees in the field crops depends on its population density. To answer these scientific questions, five experiments were carried out and their objectives were: to determine the appropriate moment to place and put away beehives during the blooming period of melon crop; to evaluate the melon fruit production and quality related to different apiary distances; to determine the plant species visited by the bees during the cantaloupe pollination and if these plants are competitors of the melon crop; to determine pollen collection pattern of the forager bees and their temporal and spatial distribution in the cantaloupe field crop and; to determine the temporal and spatial distribution of the honey bees in different beehives



densities. The results showed that the time where the beehives should be placed and to move away in the cantaloupe crop are the first and the fourth blooming week respectively, and that fruit quantity and quality diminish with the pollination delay. These results reinforce previous information with similar results where the crops yield reduction is the result of inadequate pollinator services. The cantaloupe is the main source of pollen for the pollinator bees, pollen volume basis, and also it has being observed that the plants visited by bees during the crop pollination are of secondary importance. It was also observed that the bees were in the field crop after eight in the morning and that their foraging flights cease at darkening, reaching a maximum bee number during the morning and diminishing gradually their presence in the afternoon, it was also found that the pollen collection has a morning pattern. Finally, it was determined that, when the number of colonies in the field increases, the number of bees visiting the cantaloupe flowers is also increased, then the honey bee population in the field crop shows a relationship beehive density dependent.

The results suggest that the pollination requirement of cantaloupe plant can be fulfill by the honey bee considering its opportunity and quantity, which generates other scientific questions to solve derived from the results. Therefore future research approaches are the following: to evaluate the effect of the number of forager bee visits to individual hermaphrodite flower on the fruit growth, the comparison of commercial plots with and without induced pollination, the determination of arthropod species different to the honey bees visiting the cantaloupe flowers that can

have pollination activity and their relative abundance, to determine the honey bee activity through their pollen in the wild vegetation and the continuous isolation and identification of the pollen plant to elaborate a regional reference catalog.

**Keywords:** apiculture, pollination, fecundation, pollen, cucurbit

## INDICE DE CONTENIDO

<b>Introducción</b>	1
<b>Revisión de Literatura</b>	
La polinización	5
Síndrome de polinización	9
Problemas para la polinización	14
Polinizadores silvestres	27
La abeja melífera	31
La polinización del melón	33
El polen	35
<b>Referencias Citadas</b>	39
Artículo N° 1. Periodos de polinización del melón con <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae) en La Comarca Lagunera	63
Artículo N° 2. Effect of apiary distance on cantaloupe <i>Cucumis</i> <i>melo</i> L.) yield and fruit quality	82
Artículo N° 3. Plant competition for honey bee pollinators during cantaloupe bloom in La Laguna, Mexico	94
Artículo N° 4. Pollen collection and honey bee forager distribution in cantaloupe	108
Artículo N° 5. Spatial and temporal distribution of honey bee foragers in a cantaloupe field with different colony densities	122

<b>Discusión General</b>	134
<b>Referencias Citadas</b>	139
<b>Apéndice</b>	
Anexo 1. Carta de recepción del artículo enviado a la revista Folia Entomológica Mexicana	144
Anexo 2. Carta de recepción del artículo enviado a la revista Folia Entomológica Mexicana	145
Anexo 3. Carta de recepción del artículo enviado a la revista Southwestern Entomologist	146
Anexo 4. Carta de recepción del artículo enviado a la revista Acta Zoológica Mexicana	147
Anexo 5. Carta de recepción del artículo enviado a la revista Agricultura Técnica en México	148
Anexo 6. Plantas silvestres de la Región Lagunera donadoras de polen	149
Anexo 7. Microfotografías del polen de las plantas silvestres donadoras de polen	151
Anexo 8. Plantas cultivadas y ornamentales donadoras de polen	160
Anexo 9. Microfotografías del polen de las plantas cultivadas y ornamentales donadoras de polen	161
Anexo 10. Técnica para el aislamiento del polen	166
Anexo 11. Características diferenciales del polen	170

## Introducción

La baja cantidad y pobre calidad en la fruticultura está normalmente asociada a problemas de polinización, tales como un bajo número de insectos polinizadores o ineficientes polinizadores (Sheffield *et al.*, 2005). Para obtener los máximos rendimientos de la mayoría de los frutales, hortalizas y cultivos para producción de semilla se requiere la polinización por insectos (Klein *et al.*, 2003).

La producción intensiva de cultivos y la pérdida del hábitat, son las causas más frecuentes de las bajas poblaciones de los polinizadores y la reducción de los rendimientos de los cultivos (Richards, 2001). Entre los polinizadores de los cultivos agrícolas, la abeja melífera (*Apis mellifera* L.) es la más conocida por su eficiencia y aún cuando ésta no es esencial para la producción exitosa de cultivos con plantas con autopolinización y autofértiles, mejora la calidad del fruto, los rendimientos de semilla y tiene la ventaja adicional de aprovechar el néctar de las flores para la producción de miel (O'Callaghan *et al.*, 2005).

Las abejas, como polinizadores, son atraídas a las flores por el estímulo visual y olfativo (Galizia *et al.*, 2005). Los compuestos aromáticos se vuelven progresivamente más fáciles de identificar para las abejas con el incremento de olor, ya que la discriminación está en función de la concentración (Wright y Smith, 2004). Los polinizadores visitan secuencialmente las flores de una especie aún cuando sobrevuelan otras flores disponibles en función de la recompensa. Esta "constancia floral" del comportamiento de pecoreo ha sido descrito principalmente en abejas

melíferas (Gegear y Lavery, 2001) y su actividad en el campo puede ser determinada de diferentes maneras (Hagler y Jackson, 2001).

La planta del melón cantaloupe (*Cucumis melo* L.) requiere de la concurrencia de las abejas para lograr su rendimiento potencial (DeLaplane y Mayer, 2004), pero pocos productores utilizan colmenas en sus cultivos o las manejan en forma inadecuada ya sea en cantidad o en oportunidad para obtener los resultados deseados de producción y calidad, (Kearns *et al.*, 1998).

En la naturaleza fundamental de los sistemas de polinización, ¿quién interactúa con quién?, ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿que tan fuertemente? y ¿bajo que circunstancias ecológicas?, serán invaluable en los estudios de polinización, los cuales deberán incluir la eficiencia relativa de los diferentes visitantes de las flores. Una mejor comprensión de los componentes del sistema de polinización, y sus interacciones, será valiosa tanto para la investigación pura como para la investigación aplicada (Waser *et al.*, 1996).

El presente trabajo tuvo como objetivo general estudiar los principales factores relacionados con la polinización por la abeja melífera en el cultivo del melón y se basó en los siguientes hechos, lagunas de conocimiento y con los siguientes objetivos particulares:

Artículo 1. Los cultivares actuales de melón poseen flores estaminadas y flores hermafroditas en la misma planta. A pesar de que existe compatibilidad, no es posible la autofecundación dado que el polen del melón es pesado y pegajoso, por lo que solo puede ser trasladado por

insectos (DeLaplane y Mayer, 2004) y como los polinizadores silvestres son escasos, la relativa disponibilidad de colmenas permite la inducción de la polinización llevando las abejas al cultivo, sin embargo, se desconoce el momento propicio para su instalación y retiro. El objetivo del estudio fue, determinar en que momento de la floración se deben llevar las colonias al cultivo y cuando se deben retirar.

Artículo 2. Actualmente se considera que son tres los factores que influyen sobre la provisión de abejas de las colmenas para polinización: (i) presencia de ácaros parásitos que disminuyen las poblaciones de abejas (Sammataro *et al.*, 2000), (ii) los plaguicidas usados en los cultivos que diezman las colonias (Russell *et al.*, 1998; Abate *et al.*, 2000) y (iii) la africanización (Hood, 2002), por el riesgo de accidentes por sus picaduras en relación con su agresividad (Vetter *et al.*, 2000) que impide la cercanía de las colonias a los cultivos. En el cultivo del melón, el riego y control de maleza, son labores manuales que no permiten la colocación de las colmenas polinizadoras en el cultivo y por lo tanto se deben ubicar en la periferia para evitar los problemas relacionadas con los accidentes por la africanización. La planta de melón requiere de la visita de abejas para la producción y la obtención de la calidad del fruto, pero se desconoce la influencia de la distancia del apiario sobre estos factores. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción y calidad del fruto de melón a diferentes distancias del apiario.

Artículo 3. Bajo las condiciones de aridez de la Comarca Lagunera (Schmidt, 1989), la planta de melón depende de la polinización inducida

con abejas pero existen especies silvestres y cultivadas en floración a las cuales también pecorean ya sea por su producción de néctar o polen y éstas son competidoras potenciales. Los objetivos de este trabajo fueron determinar las plantas visitadas por las abejas, durante la etapa de polinización del melón y si estas plantas eran competidoras potenciales del cultivo de melón.

Artículo 4. En las zonas áridas y semiáridas los polinizadores silvestres son escasos los cuales no logran asegurar una polinización suficiente (Molina-Freanera *et al.*, 2004) por lo que ésta debe ser inducida con abejas melíferas (Kremen *et al.*, 2002). La cantidad de polen que una colonia colecta, cambia el comportamiento de captura de polen por las abejas obreras pecoreadoras (Dreller y Tarpy, 2000). El cultivo de melón es atractivo para la abejas tanto por el néctar como por su polen, aunque se desconoce el patrón de captura de polen y distribución de las abejas durante el pecoreo a través del día. Los objetivos del trabajo fueron determinar la colecta de polen y distribución espacial y temporal de las abejas pecoreadoras en el cultivo del melón.

Artículo 5. Existe interés en determinar si la presencia de abejas en el campo de cultivo, se basa en una relación dependiente de su densidad (Dedej y DeLaplane, 2003) y aunque se conoce la capacidad de las abejas para realizar la polinización del melón en la región, no se ha determinado cuantas colmenas por hectárea se deben colocar en el cultivo. El objetivo de este trabajo fue determinar la distribución temporal y espacial de la abeja melífera en el cultivo de melón con diferente densidad de colmenas.



## Revisión de Literatura

### La polinización

El registro mas antiguo de un fósil en la evolución de la polinización especializada por mariposas y palomillas del Orden Lepidoptera, es al comienzo del período Terciario, hace 60 millones de años y para el Orden Hymenoptera, al que pertenecen las abejas, existe una concordancia con el patrón de diversificación de las plantas con flores, lo que indica la gran dependencia respecto a la polinización por estos insectos. Registros fósiles sugieren que las abejas se diversificaron a mediados del período Cretácico, hace unos 110 millones de años, al mismo tiempo que las plantas con flores (Ollerton, 1999).

La abeja melífera (*Apis mellifera* L.) es el insecto de mayor utilidad para el hombre (Kearns *et al.*, 1998). En los Estados Unidos de Norteamérica la cera y la miel de 4 millones de colmenas tienen un valor superior a los 100 millones de dólares, sin embargo, al prestar el servicio de polinización a los cultivos se obtienen desde 10 veces (Hubbell, 1997) y hasta por lo menos 20 veces ese valor en la producción con respecto al valor de la miel y cera (McGregor, 1976).

Los servicios prestados por los polinizadores de plantas cultivadas suman 117,000 millones de dólares anuales en todo el mundo (Ollerton, 1999). El 84 por ciento de por lo menos 264 cultivos de 60 familias producidas en la Unión Europea dependen de la polinización por insectos (Kearns *et al.*, 1998).

La polinización puede definirse como la transferencia de células

sexuales masculinas –polen- desde los órganos masculinos –anteras- de una flor hasta la superficie receptora femenina -estigma- de la misma flor o a otra de la misma especie (Lord y Russell, 2002). Cuando las abejas visitan las flores para acopiar néctar y polen transfieren este último entre las estructuras reproductivas y así inician el proceso de formación de semillas o frutos (Ollerton y Watts, 1999). Muchos cultivos, especialmente aquellos que se producen a gran escala a nivel mundial como la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y el naranjo (*Citrus sinensis* L.) (Hubbell, 1997), la producción de diferentes semillas, incrementar su calidad y número en cultivos que no son nativos de Norteamérica y pueden tener periodos de floración que coinciden con las poblaciones mas altas de la abeja melífera, serán polinizadas por éstos insectos (Ollerton, 1999). A su vez la polinización por abejas influye en la producción de fruta y su calidad (Gingras *et al.*, 1999; Ricketts *et al.*, 2004), en la formación de híbridos (Alarcon y Campbell, 2000; Corbet *et al.*, 2001) y en el incremento en uniformidad en la maduración del fruto (Kearns *et al.*, 1998).

Existen diversos factores que facilitan la polinización, estos pueden ser abióticos y bióticos, dentro de los primeros se encuentran el viento (Culley *et al.*, 2002; Cariñanos *et al.*, 2004), la gravedad y el agua (Buchmann y Nabhan, 1996).

Los medios bióticos comprenden a los mamíferos como ratones (Johnson *et al.*, 2001) y murciélagos (Muchhala, 2003; Molina-Freanera *et al.*, 2004), las aves (Kato y Kawakita, 2004; Stpiczynska *et al.*, 2004), donde destacan los colibríes (Hurlbert *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1996;

Melendez-Ackerman *et al.*, 1997) y por supuesto, diversas especies de insectos (Heard, 1999; Bernhardt *et al.*, 2003).

Dentro de los insectos, las abejas son los mas importantes polinizadores (Yumoto, 2000), pero también encontramos reportes de moscas (Kato y Kawakita, 2004), abejorros (Comba *et al.*, 1999; Maloof, 2001), mariposas (Corbet *et al.*, 2001), palomillas (Bogler *et al.*, 1995; Tian *et al.*, 2004), escarabajos (Mayfield *et al.*, 2001), avispijas (Jousselin *et al.*, 2003; Molbo *et al.*, 2003) y hormigas (Rickson y Rickson, 1998; Federle *et al.*, 2001).

La polinización en las plantas con flores inicia cuando el polen cae sobre el estigma, germina y crece a través de los espacios intercelulares en el pistilo y culmina cuando el polen alcanza el ovario y ocurre la fecundación (Franklin-Tong, 1999). Existen dos etapas en la remoción del polen, primero la flor debe atraer a los polinizadores, y entonces, cuando llegan estos, la flor debe ser efectiva para colocar el polen en el cuerpo del polinizador, el proceso que ocurre mas tarde puede depender del tiempo que permanezca en la flor (Rush *et al.*, 1995). Los patrones de comportamiento del polinizador que le permite ir en busca de flores de color, forma y olor similares a la recién visitada deben contar con algún grado de ajuste morfológico entre el polinizador y la flor, de modo que pueda efectuarse la polinización (vanDoorn, 1997). Se conoce que los polinizadores responden a las variaciones en la morfología floral (Ollerton y Lack, 1992; Conner y Rush, 1996) y el color (Waser y Chittka, 1998).

Estudios que utilizaron tanto la variación natural en el tamaño de la flor o manipulación experimental de la longitud de los pétalos, han mostrado que los polinizadores prefieren las flores grandes y que la variación intraespecífica en color y aroma también influye en las visitas a la flor (Conner *et al.*, 1995; Krupnick *et al.*, 1999). La recompensa del néctar es otro factor ya que su cantidad es variable (Cresswell, 1998; Manetas y Petropoulou, 2000). El desempeño de la polinización es en la mayor parte de los casos determinada por tres factores: número de polinizadores que visitan la planta, el número de flores que cada polinizador visita en la planta, y, la efectividad en transferir el polen apropiado a cada flor (Creswell, 1999).

La mayoría de las plantas que producen flores poseen sistemas de auto-incompatibilidad para prevenir la consanguinidad, por ejemplo en la mostacilla (*Brassica campestris* L.) se conoce que la auto-incompatibilidad está controlada en dos genes identificados los cuales se expresan predominantemente en las células papilares del estigma. Al caer el polen se desencadena una señalización en cascada que rechaza el polen propio (Takayama *et al.*, 2000).

Dado que las esencias florales pueden ser cruciales para asegurar la fecundación y así determinar la formación de semilla o fruto, la presencia o ausencia del aroma atrayente para los insectos polinizadores disponibles localmente, puede tener un impacto sustancial en los rendimientos de cultivos agrónomicamente importantes (Ackerman *et al.*, 1997). Las plantas importadas a nuevos ambientes por los humanos

pueden estar especialmente en desventaja en este aspecto, dado que no han coevolucionado con los polinizadores locales y pueden no ser atraídos hacia ellas (Armbruster y Baldwin, 1998; Dudareva y Pichersky, 2000). Aún cuando un polinizador local sea atraído a las flores, puede no ser apto físicamente para ser un polinizador efectivo y los polinizadores que pueden tener la apropiada aptitud puede no tener predilección por las plantas (Krupnick *et al.*, 1999).

### Síndrome de polinización

En los últimos 130 años desde que Fredrico Delpino publicó las descripciones de los "grupos adaptativos" que ahora llamamos síndromes de polinización (Ollerton y Watts, 1999), los cuales son los paquetes de características que pueden usarse para tipificar a las flores de acuerdo a sus polinizadores, tienen una amplia aceptación de su poder predictivo (Kevan y Baker, 1983).

Clasificar plantas de acuerdo con su síndrome de polinización, es una labor que consume tiempo ya que coleccionar datos sobre polinizadores es aún complicado porque no todos los visitantes de flores son polinizadores y los polinizadores actuales varían en su efectividad y en su abundancia entre años (Villanueva, 2002).

Los síndromes de polinización describen un grupo de rasgos florales tales como color, forma, profundidad y aroma que se proponen para reflejar adaptaciones a un tipo de polinizador (O'Neil, 1997; Miyake y Yahara, 1998; Perret *et al.*, 2001) además de considerar las estructuras

bucales y otros rasgos de interacción de sus respectivos polinizadores (Labandeira, 1998).

La generalización, i.e., el uso de varias plantas por un polinizador y de varias especies polinizadoras para una planta, parece ser la regla mas que la excepción y hasta se podría pensar en el rechazo a elementos del paradigma establecido pero hay asociaciones detectables entre fenotipos de plantas y polinizadores (Waser *et al.*, 1996).

Algunas plantas que tienen requerimientos de polinización altamente especializada han prosperado en presencia de polinizadores generalistas (Richardson *et al.*, 2000; Smith y Gross, 2002; Ollerton *et al.*, 2003).

La fertilidad de las plantas es más afín al polinizador cuando los rasgos florales impiden la polinización a la mayoría de los visitantes florales. Normalmente esos rasgos restringen el acceso a la flor a sólo aquellos visitantes que puedan efectuar la polinización. Un ejemplo es el síndrome de "la polinización por zumbido" (Buzz pollination), donde la recompensa es el polen oculto entre las anteras que solo se abren por diminutos poros. La remoción de ese polen es posible solo por vibración de alta frecuencia sobre las anteras la cual es hecho solamente por abejas capaces de un comportamiento altamente estereotipado llamado "zumbido" (Larson y Barrett, 1999; Gross *et al.*, 2003).

Los biólogos de la reproducción de plantas, han establecido que las combinaciones no aleatorias de color de la flor, apariencia y fragancia han evolucionado en respuesta a una selección dirigida a clases efectivas de

polinizadores (Thompson, 1997; Raguso *et al.*, 2003).

La polinivoría o consumo de polen ha sido precursor en la evolución de la polinización (Labandeira, 1998; Pellmyr y Leebens-Mack, 1999). El registro fósil de las plantas con semillas proporciona evidencias de posible polinización biótica hace unos 300 millones de años, momento en el cual algunas especies primitivas de helechos con semillas poseían granos de polen en apariencia demasiado grandes para ser dispersados por el viento, junto con enormes órganos portadores de polen y presuntamente atractivos a los polinizadores (Ollerton y Watts, 1999).

La historia evolutiva de los artrópodos polinizadores es, en buena medida la historia de los insectos polinizadores. La larga historia de los insectos, que precede a la de las angiospermas, sugiere que éste ha sido siempre el mismo caso, aunque algunos grupos de insectos extintos tenían piezas bucales aparentemente adaptadas para alimentarse de polen o néctar y pueden haber sido polinizadores importantes en un pasado lejano (Labandeira *et al.*, 1994; Bogler *et al.*, 1995; Crepet y Nixon, 1998).

La mayoría de las especies de insectos que sostienen asociaciones con plantas en el presente aparecieron en el período Jurásico (Farrell, 1998), probablemente como polinizadores generalistas en plantas de semilla entre 150 y 210 millones de años (Ollerton, 1999), con los orígenes de las asociaciones actuales que continuaron más tarde (Ollerton *et al.*, 2003).

La prueba mas importante en la influencia de la diversidad de las plantas que florecen sobre la diversidad insectil, debería evaluar las tasas de diversificación de los insectos antes y después de los orígenes de las asociaciones con las angiospermas y examinar la diversidad dentro de las familias de insectos (Farrell, 1998).

Las orquídeas son el primer grupo de plantas importantes por sus íntimas e intrincadas asociaciones de coevolución con los insectos polinizadores, no obstante que representa un evento relativamente reciente ocurrido en el Cenozoico en la historia geológica de la polinización. Recientemente, se han encontrado evidencias anatómicas de estructuras florales bien preservadas que han esclarecido las primeras asociaciones de flor-polinizador a mediados del período Cretácico (Labandeira, 1998).

Dentro del Phylum Arthropoda, sólo se conoce la participación de dos Clases en relaciones de polinización, la que mantienen los insectos con alas (Pterigota), y los organismos pertenecientes a la Clase Malacostraca. En este contexto, los insectos alados son con mucho, los más importantes en la polinización y, los segundos, que implican a los cangrejos y anfípodos solo existe un caso bien documentado (Borror *et al.*, 1989; Labandeira *et al.*, 1994).

Los Ordenes de los mas importantes artrópodos polinizadores son: el Subphylum Crustacea, los Ordenes de Hexapoda: Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera, Coleoptera, Blattaria y Thysanoptera. Otros Ordenes de Hexapoda, que se alimentan de polen o néctar en algunas flores y



pueden transportar polen en sus cuerpos, son Collembola, Dermaptera, Plecoptera, Hemiptera, Neuroptera y Trichoptera. En ocasiones se encuentran en las flores saltamontes y grillos, pertenecientes al orden Orthoptera, que en ausencia de piezas bucales chupadoras, mastican el tejido productor de néctar (Ollerton, 1999).

El Orden mas abundante en los insectos es Coleoptera, al que pertenecen los escarabajos. La mayoría de los escarabajos fitófagos se alimentan de angiospermas que son el grupo mas diverso de las plantas vasculares (Farrell, 1998).

La polinización por insectos y otros artrópodos, es un requisito fundamental para el 90 % de las plantas con flores, así como en una proporción mucho menor de otras plantas con semilla. Las abejas consumen el polen de las angiospermas y proveen de un beneficio directo a las plantas a través de sus actividades de colecta (Ollerton, 1999). Como muchos linajes de escarabajos, las abejas forman un grupo específico y como los escarabajos muchas especies de abejas tienen asociaciones ecológicas íntimas y a menudo especializadas con plantas de Géneros y especies particulares (Danforth y Ascher, 1999)

Hay un número reducido de experimentos que han explorado los rasgos de diversidad floral en plantas superiores, ya sea una abeja u otro polinizador y la preferencia a una flor u otra es el resultado de muchos factores como la preferencia innata, la experiencia pasada del polinizador sobre una flor con mas recompensa de néctar o polen que otra, familiaridad con una u otra clase de flor y limitaciones sensoriales que

pueden hacer que una flor sea mas detectable. Estos componentes han sido analizados para la abeja melífera y otras abejas, pero apenas se ha iniciado la integración de estos avances con la ecología de la polinización y la exploración de sus implicaciones en la aptitud de la planta (Waser y Chittka, 1998).

### Problemas para la polinización

En años recientes la llegada de dos ácaros parásitos como el ácaro de las tráqueas (Elzen *et al.*, 2000; Rice *et al.*, 2002) y el ácaro de la varroosis (Anderson y Trueman, 2000), el uso indiscriminado de plaguicidas (Abate *et al.*, 2000) la abeja africanizada (Hood, 2002; Pinto *et al.*, 2003) y el deterioro ambiental (Margules y Pressey, 2000) han reducido la disponibilidad de abejas melíferas para polinizar los cultivos.

Los tratamientos para éstos problemas están lejos de ser perfectos; los ácaros han empezado a mostrar resistencia a los químicos que se usan para controlarlos (Sammataro *et al.*, 1998), y los criadores también han fallado en el desarrollo de una abeja totalmente resistente a estos parásitos (Sammataro *et al.*, 2000). Una manera de reducir el impacto de estos ácaros y la africanización sería optimizar la eficiencia de las abejas disponibles haciendo a los cultivos mas atractivos a éstas (Ambrose *et al.*, 1995).

Muchas especies de ácaros son cosmopolitas aunque solo son ocasionalmente halladas en el nido de abejas, pero al menos 30 especies se han especializado en vivir con las abejas. La mayoría de las especies

son saprófagas y se alimentan de detritus de la colmena y de los hongos que se desarrollan en ella, o bien son cleptófagas, que comen polen y nutrientes almacenados por las abejas (Oldroy, 1999).

El ácaro de las tráqueas (*Acarapis woodi*) (Rennie) fue reportado por primera vez como un parásito de abejas en 1984 en los Estados Unidos (Sammataro *et al.*, 2000). Este es diseminado por las prácticas apícolas y la introducción de abejas reinas infectadas y colonias a las áreas previamente libres. Todos los instares del ácaro se alimentan de la hemolinfa perforando las paredes de las tráqueas con sus partes bucales. La tráqueas de las abejas viejas están llenas de ácaros, su materia fecal y otros restos (Sammataro *et al.*, 1999). En la actualidad lo que mata a las abejas es desconocido, pero se supone que es la transferencia de enfermedades microbianas por los ácaros y las toxinas, estrés o la alteración del comportamiento y metabolismo ó bloqueo de los tubos traqueales (Sammataro *et al.*, 1994). Las colonias de abejas resistentes a los ácaros de las tráqueas se mantienen productivas sin tratamiento, mientras que las colonias susceptibles tienden a infestarse a niveles dañinos (Danka y Villa, 2000).

El control de ácaros traqueales se puede llevara a cabo con productos químicos sintéticos (Mattila y Otis, 2000), con aceites minerales (Sammataro *et al.*, 1994) y con fumigantes que puedan alcanzarlos a través de los espiráculos respiratorios de las abejas sin dañarlas (Sammataro *et al.*, 2000).

La varroasis, es una parasitosis causada por el ácaro *Varroa destructor* (Anderson & Trueman) endémica de la abeja melífera Asiática *Apis cerana* Fabr. (Oldroy, 1999) raramente ataca a las reinas pero afecta a larvas, pupas y adultos de zánganos y obreras (Spivak y Reuter, 2001), a las cuales les succiona la hemolinfa, ocasionándoles deformaciones en alas, patas y abdomen, predisponiéndolas a otras enfermedades (Moretto y Mello, 2000).

El ácaro *V. destructor* inicialmente clasificado como *V. jacobsoni* (Oudemans) (Sammataro *et al.*, 2000; Cobey, 2001) fue descrito por Oudemans en 1904 al ser aislado por vez primera en celdillas de cría de *A. cerana* en Java. Es el único parásito de las abejas melíferas que pueden verse a simple vista y ser identificadas con una lupa (Sammataro *et al.*, 2000). Posee gran adaptación a diferentes climas y parasita tanto a las crías como a las abejas adultas (Sammataro *et al.*, 1994).

La *Varroa* fue registrada por primera vez en 1959 sobre *A. mellifera*, atacando la cría de zánganos, a los que prefiere, así como a las crías de obreras (Sammataro *et al.*, 2000). El parásito de la varroasis se ha extendido rápidamente en todas direcciones; Japón, Rusia, otros países de Europa, África del Norte, América del Sur y posteriormente la del Norte. Actualmente, pocos territorios escapan de la invasión de esta parasitosis, solamente Australia, Nueva Zelanda y el centro de África permanecen libres (Oldroy, 1999).

En América, su introducción ocurrió en 1971, cuando se importaron reinas y bastidores de cría infestados con *Varroa* de Japón a Uruguay. La

*A. mellifera* se introdujo a Japón en 1877, y la infección de *A. cerana* a *A. mellifera* pudo haber ocurrido alrededor de 1957, posiblemente de abejas introducidas de Indonesia (Oldroy, 1999). México se encontraba libre de este ácaro a principios de 1992, sin embargo, el 3 de Mayo del mismo año, se detectó una infestación por la varroa en un apiario del estado de Veracruz (Rodriguez *et al.*, 1992). La diseminación del ácaro de una colmena a otra o entre apiarios es propiciada por medio de los zánganos que entran libremente a las colmenas, al igual que las obreras que regresan del campo y se introducen a colmenas vecinas por el fenómeno de la deriva así como por el contacto de las abejas guardianas con abejas ladronas (Eckert y Shaw, 1960).

La varroa se adhiere a las abejas adultas entre los segmentos abdominales o entre la unión de las regiones corporales como cabeza, tórax y abdomen, por tanto son difíciles de detectar. Los síntomas se hacen aparentes cuando varios cientos de ácaros están presentes en una colonia (Fakhimzadeh, 2000a).

El ácaro hembra, de color rojo castaño oscuro, ovoposita hasta una docena de huevos en una celdilla de cría inmediatamente antes de ser cerrada, las ninfas de los ácaros se alimentan de la hemolinfa de las larvas y pueden matarla. Los ácaros se adhieren a las pupas y al emerger los adultos pueden presentar alas deformes. Los ácaros adheridos son hembras maduras y se encuentran fertilizadas, los ácaros machos, que son de menor tamaño y más pálidos que las hembras, mueren poco

después del apareamiento en el interior de las celdillas de cría operculada (Sammataro *et al.*, 2000).

El número de ácaros de varroa que se desprenden y caen en forma natural en el fondo de la colmena está directamente relacionado con el número total de ácaros en esa colonia (Szabo y Szabo, 2000). A partir de las primeras detecciones de *Varroa* en Europa en la década de los años 70 se iniciaron diversas investigaciones de campo tendientes a la búsqueda de productos que pudiesen ofrecer protección a las abejas contra el ataque del ácaro (Sammataro *et al.*, 2000).

Algunos apicultores han utilizado como tratamiento el acaricida sintético fluvalinato y el antibiótico terramicina. El acaricida disminuye el número de ácaros y el antibiótico ayuda a mantener la condición corporal de abejas maduras y a tener menor deformidad en las alas. La terramicina se recomienda como un control suplementario junto con un acaricida para colonias infestadas (DeLaplane y Mayer, 1996; Baxter *et al.*, 2000).

El plaguicida amitraz ha probado ser eficaz tanto para acariosis como para varroasis cuando es utilizado como fumigante. Sus principales inconvenientes son que crea resistencia y que se requiere de mucha labor para aplicarlo (Sammataro *et al.*, 2000).

En Estados Unidos de Norteamérica el ácido fórmico ha sido probado con bastante éxito a un 65% de concentración. Se empapa un material absorbente con 200 mililitros del producto y se coloca en la colmena. El tratamiento se repite por dos ocasiones más con un intervalo de siete días entre una y otra aplicación (Baxter *et al.*, 2000).

La *Varroa*. y el ácaro de las tráqueas se han vuelto el mayor obstáculo para la apicultura en los Estados Unidos. Sin embargo, solo dos compuestos sintéticos habían conseguido el registro de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA por sus siglas en inglés) entre 1996 y 1998: las tiras plásticas impregnadas de fluvalinato para control de *Varroa* y cristales de mentol para ácaros de las tráqueas. El cumafos, producto organofosforado recibió una autorización temporal, pues controla también el escarabajo pequeño de la colmena (*Aethina tumida* Murray) que en algunas regiones de Estados Unidos apareció en el año 2000, aunque este plaguicida ya contaba con reporte de resistencia en varroa (Spreafico *et al.*, 2001).

Hipotéticamente, cualquier residuo de productos naturales de plantas puede ser menos tóxico a la fisiología humana que los químicos de síntesis (Eischen, 2000), por lo que entre los tratamientos de origen natural se utilizan aceites y sustancias aromáticas que desorientan al ácaro y provocan su caída al fondo de la colmena (Baxter *et al.*, 2000; Elzen *et al.*, 2000; Fakhimzadeh, 2001) o azúcar finamente molida espolvoreada en las abejas para evitar que el ácaro se fije al cuerpo del insecto (Fakhimzadeh, 2000b).

Se encontró que hojas secas de toronja (*Citrus* sp.) causaron una rápida caída de *Varroa* después de que las abejas infestadas fueron expuestas a el humo de sus hojas quemadas en el ahumador apícola (Elzen *et al.*, 2001). El propóleo recolectado por las abejas de las yemas

de algunos árboles también ha sido evaluado a nivel de laboratorio para el control de la varroasis (Garedew *et al.*, 2002).

Un reciente producto bio-plaguicida, registrado como Sucrocide®, elaborado con azúcar de grado alimenticio y ácidos grasos de aceites vegetales los cuales provocan la asfixia a la varroa al ser cubierta con esta sustancia, ha sido autorizado en el 2004 por la EPA en los Estados Unidos (Barrington y Venis, 2005). La aspersión con el ester Sucrosa Octanato a las abejas directamente en los panales de cría ha sido evaluado experimentalmente y controla alrededor de un 75 % de la varroa, sin dañar larvas y adultas de abejas, pero requiere de mucha mano de obra y manejo de la colmena (Stanghellini *et al.*, 2005).

En Brasil, la *Varroa* ha estado en contacto con la abeja africanizada por mas de 20 años pero, desde el establecimiento de la varroa en las abejas africanizadas de Brasil, no se han usado productos químicos para el control de este parásito. La tolerancia de las abejas africanizadas a la *Varroa* se explica por la baja tasa reproductiva alcanzada por las hembras del ácaro en las celdas de cría de abejas africanizadas comparada con las de abejas europeas (Moretto y Mello, 2000), aunque existe información que indica que las abejas africanizadas tienen la capacidad de remover algunas varroas de la cría (Boecking *et al.*, 1992). Los niveles de infestación con *Varroa* entre abejas africanizadas en las condiciones climáticas de Brasil, fluctúa a través de los años con las condiciones de la colonia y condiciones del medio ambiente como factores importantes (Moretto y Mello, 2000).



Se han hecho grandes esfuerzos para determinar los mecanismos por los cuales las abejas pueden resistir o tolerar las infestaciones de *Varroa*. La presencia de ácaros mutilados en el fondo de la colmena parece demostrar que la abeja ataca a la varroa (Correa-Marques *et al.*, 2000), de lograr que esta característica se transmita genéticamente se podrá lograr una abeja tolerante que pueda propagarse a las crías de abejas reinas (Erickson *et al.*, 2000; Spivak y Reuter, 2001).

Las abejas tolerantes a *V. destructor* son esenciales para el desarrollo de cualquier programa de Manejo Integrado de Plagas. La tolerancia a la varroasis implica que las abejas puedan vivir con un bajo nivel de infestación así como vive comúnmente con bajos niveles de ácaros de las tráqueas (Erickson *et al.*, 2000).

Los plaguicidas representan el mayor peligro a los polinizadores porque, aún cuando los plaguicidas sintéticos son herramientas importantes en la producción agrícola, su uso es algunas ocasiones es incompatible con la polinización por insectos (Weick y Thorn, 2002). Irónicamente el mayor uso de plaguicidas es en las plantas cultivadas donde los polinizadores son a menudo limitados (Kearns y Inouye, 1997).

Los plaguicidas pueden ser clasificados de acuerdo a la plaga que controlan en insecticidas, herbicidas, funguicidas, etc. que en su mayoría son dañinos a las abejas polinizadoras. Las principales categorías químicas de insecticidas son organofosforados, carbamatos, piretroides sintéticos y organoclorados (NRCC, 1981). Además de estos, otros compuestos no se pueden ubicar en grupos químicos discretos, pero son

clasificados de acuerdo a su modo de acción como reguladores del crecimiento de insectos como el metopreno, o por su origen botánico como la rotenona, insecticidas microbianos como el *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Scott-Dupree, 1996) o baculovirus que son aplicados en gran escala (Goulson *et al.*, 2000).

La inclusión de algunos abrillantadores ópticos en las formulaciones de baculovirus puede tener importantes consecuencias ambientales pues los pétalos de las flores alterarán su color, aunque al ojo humano no tenga efectos perceptibles el reflejo de la luz ultravioleta se reduciría y aumentaría la emisión de la luz azul (Goulson *et al.*, 2000), si la aspersión se realiza en un cultivo que requieren polinización por insectos, como la mayoría de los frutales, la polinización podría ser interrumpida (Sanzol y Herrero, 2001; Cane y Schiffhauer, 2003). La contaminación a flores silvestres por deriva de insecticidas desde los cultivos o en aplicaciones en bosques, podrían resultar en impactos negativos tanto en las flores como en las poblaciones de polinizadores (Goulson *et al.*, 2000).

Los insecticidas que pertenecen al mismo grupo químico a menudo tienen propiedades similares que determinan toxicidad, persistencia y por tanto su toxicidad. Sin embargo, dentro de cada una de las clases hay compuestos que no presentan propiedades comunes y presentan daños que son difíciles de predecir (Bidleman, 1999).

La formulación influye grandemente en el daño de un insecticida a las abejas: los polvos y microencapsulados son más dañinos que los polvos humectables, los cuales son más dañinos que las formulaciones

líquidas, como los concentrados emulsificables (NRCC, 1981). Las formulaciones granuladas son las menos peligrosas, sin embargo los polvos y microencapsulados son particularmente tóxicos porque son aproximadamente del tamaño de los granos de polen y pueden ser recogidas por las abejas y trasladadas a la colonia (Russell *et al.*, 1998).

La mayoría de los insecticidas son neurotóxicos y son efectivos por contacto y vía oral. La abeja encuentra estos tóxicos en el campo sobre las superficies cubiertas por las moléculas, volando a través de las gotitas de las aspersiones, al consumir el agua contaminada, o pecoreando en plantas que han sido asperjadas con insecticidas, lo que resulta en mortalidad directa, imposibilidad de vuelo o disminución de la expectativa de vida (Bendahou *et al.*, 1999). Solamente las abejas obreras pecoreadoras tienen contacto con las aspersiones, pero las abejas de la colmena y la reina, son alcanzados por los insecticidas cuando las pecoreadoras acarrear los tóxicos junto con el néctar y el polen a la colonia (Alegria *et al.*, 2000).

La exposición de la colonia aún a bajas dosis de insecticida puede tener consecuencias muy serias, incluyendo la disminución de el número de abejas adultas del interior de la colmena seguida de la muerte de la cría por inanición o enfriamiento, pobre ovoposición de la reina, sustitución de la misma, (Kearns *et al.*, 1998) y la eventual pérdida o la muerte de la colmena completa (Scott-Dupree, 1996)

La implementación de un Manejo Integrado de Plagas, disminuirán la dependencia en los programas de aspersión de químicos y optimizarán

el momento de aplicación para reducir los daños a los polinizadores ya que éstos se enfocan en la resistencia de la planta hospedante, el control biológico, control químico y medidas de control cultural (Thomas, 1999). Una creciente preocupación sobre riesgos ambientales, ha ayudado a la reducción del envenenamiento de los polinizadores en naciones industrializadas, pero la disminución en la abundancia de abejas inducida por plaguicidas se sigue reportando en los países en desarrollo (Kearns *et al.*, 1998).

Los problemas de plagas y sus subsecuentes pérdidas se incrementarán durante las siguientes décadas como consecuencia de las técnicas intensivas de producción que se emplearán para encontrar alimentos adicionales que demanda la creciente población (Abate *et al.*, 2000) y la utilización de nuevos químicos que exacerbarán el problema de intoxicación de las abejas (Mayer *et al.*, 1997; Abate *et al.*, 2000).

Aunque la utilización de cultivos transgénicos disminuirán el uso de plaguicidas en los cultivos extensivos como algodónero (*Gossypium hirsutum*, L.) (Carriere *et al.*, 2001) el efecto en el mediano y largo plazo en el medio ambiente es incierto para muchas especies de polinizadores (Peterson *et al.*, 2000).

La aplicación de las distintas formulaciones de microorganismos benéficos puede ser realizada con las aspersoras estándar o con la ayuda de abejas. La abeja melífera ha sido utilizada para diseminar bacterias benéficas a las flores de manzano (*Malus spp*) y durazno (*Prunus persica* L.) y virus entomopatógenos en diversas especies de trébol (*Melilotus spp*,

*Trifolium* spp) (Kovach *et al.*, 2000). La distribución de *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn a flores abiertas de zarzamora (*Vaccinium ashei* Reade) en el campo reduce la infección por *Monilinia vaccinii-corymbosi* (Reade) (Dedeja *et al.*, 2004).

La efectividad de abejas o abejorros como vectores de la formulación comercial de *Trichoderma harzianum* (Rifai) cepa 1295-22 para el control del hongo *Botrytis cinerea* (Pers.:Fr). en fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), se comparó con aspersiones terrestres y se encontró que la mayoría del producto distribuido se encontraba adherido a las patas de las abejas (58%) y que el *T. harzianum* aplicado por las abejas controló mejor que el aplicado mediante las aspersiones (Kovach *et al.*, 2000).

La abeja africanizada *A. m. scutellata* (Lepeletier) llegó a México procedentes de Sudamérica en 1988 por el estado de Chiapas (Fierro *et al.*, 1988) y para 1990 arribó al vecino estado de Texas en los Estados Unidos para iniciar un período de colonización en ese país (Pinto *et al.*, 2003).

En su dispersión la abeja africanizada llegó a Arizona en 1993 Nuevo México y California en 1994, Nevada en 1998, no se ha reportado una dispersión mas al norte (Sanford, 2005) .

Un método para reducir el impacto de la africanización es hacer que las abejas sean atraídas al cultivo a polinizar (Ambrose *et al.*, 1995), o colocar las colonias en la cercanía, dado que es ampliamente conocido que los insectos polinizadores escogen las flores de acuerdo a la recompensa de polen o néctar, al consumo de energía (Levin, 1959; Lee,

1961; Waser *et al.*, 1996) y recientemente a la atracción relativa a las aromas florales, producción de néctar y color (Briscoe y Chittka, 2001; Varassini *et al.*, 2001).

La selección y el mejoramiento genético son prioritarios en la apicultura tecnificada para incrementar la productividad y docilidad de las colmenas ya que el proceso natural de reproducción da la facilidad al apicultor de mantener un control sobre las características genéticas de las colonias mediante el cambio de la reinas con abejas fecundadas. Este esfuerzo permite mantener las características deseable de las poblaciones de abejas (Breed *et al.*, 2004).

Los aspectos reproductivos toman gran relevancia con la introducción de la abeja africana, pues ésta tiene una capacidad defensiva en respuesta a los diferentes estímulos que perciban dentro del área, como vibraciones, olores, personas y animales en movimiento. Esta abeja defiende a mayor distancia su colonia que las abejas europeas y en mayor número debido a la gran prolificidad de postura de la reina africana la cual es mas reproductiva que productiva (Hood, 2002).

Las abejas africanizadas almacenan mas alimento pero lo consumen a mayor velocidad por su incremento en la densidad de población, además son menos eficientes en la termorregulación de la colonia por lo que no son muy aptas para climas fríos. Al terminar su alimento se desligan de la colmena, abandonando los apiarios para anidar en lugares mas favorables, mostrando en su peregrinar un comportamiento agresivo por hambre, aunque las condiciones

ambientales modifican su instinto defensivo (Hunt *et al.*, 2003). Ataques múltiples de estas abejas, no son raros en las áreas urbanas y en el campo, (Vetter y Visscher, 1998; Vetter *et al.*, 1999).

Las prácticas de cultivo están cambiando la calidad del medio ambiente, incluyendo la destrucción de los suelos y de los cauces de agua, interfiriendo negativamente en la cadena alimenticia y la contaminación del aire (Fedoroff y Cohen, 1999; Chapin *et al.*, 2000), por lo que muchos peligros de los sistemas de polinización se inician con la modificación del hábitat, que alguna vez fue estable. La modificación crea pequeñas poblaciones de las grandes, con los problemas de deriva genética, depresión por consanguinidad y, para poblaciones muy pequeñas, el riesgo de extinción. Mas aún, la modificación incrementa el aislamiento espacial y la barrera entre hábitat disturbados y sin disturbar (Gaston, 2000; Quesada *et al.*, 2003). Ambas condiciones pueden alterar la polinización en las que, si el aislamiento de las poblaciones fragmentadas se vuelve mas grande que el rango de pecoreo de los polinizadores y las poblaciones de los polinizadores se hacen suficientemente pequeñas, o los polinizadores de amplio alcance evitan las poblaciones pequeñas, la consecuencia puede ser la reducción de los servicios de polinización (Holden, 1998; Cane, 2001).

#### Polinizadores silvestres

La eliminación de polinizadores silvestres es un costo inapreciable que ha sido pagado para incrementar la producción en los últimos 50 años

(Kearns *et al.*, 1998) por el uso de diversas herramientas de control de patógenos y formas de labranza (Fedoroff y Cohen, 1999). Estos polinizadores que se han perdido son contribuyentes a la polinización de los ecosistemas naturales así como de cultivos (Kearns y Inouye, 1997).

Aún cuando las abejas melíferas se consideran los más importantes polinizadores de los cultivos, los polinizadores silvestres también son importantes y pueden ser manejados para proveer el servicio gratuitamente (Conner *et al.*, 1995; Miyake y Yahara, 1998).

Los polinizadores diurnos visitan las flores con mas frecuencia y contribuyen mas a la producción de frutos (Dedej y DeLaplane, 2003), a pesar de que los lepidópteros nocturnos son a menudo mas eficientes ya que consumen menos polen y distribuyen relativamente más polen al estigma por visita (Lingren *et al.*, 1993; Marr *et al.*, 2000).

Dado que la producción de fruta está limitada por la cantidad del polen en estas especies, la especialización a cualquier otro tipo de polinizador es no adaptativa. Si las flores abren al crepúsculo los polinizadores nocturnos pueden visitarlas. Por otro lado si las flores abren en la mañana los polinizadores diurnos las visitarán primero y entonces reducen la cantidad de polen disponible para los polinizadores nocturnos antes de que estos visiten las flores (Gegear y Lavery, 1998; Miyake y Yahara, 1998).

Algunos compuestos volátiles encontrados en esencias florales tienen funciones importantes en los procesos vegetativos como atrayentes para depredadores naturales de herbívoros o señales aerógenas que



activan resistencia a las enfermedades por la expresión de genes relacionados con la defensa en plantas vecinas y en los tejidos sanos de plantas infectadas y también pueden servir como repelentes contra herbívoros (Dudareva y Pichersky, 2000). Los herbívoros florales pueden impedir la reproducción de las plantas indirectamente por reducción en el servicio de polinización y su daño puede degradar las propiedades llamativas de cada flor, reducir el número de flores a mostrar y la disminución en la recompensa por la polinización (Krupnick *et al.*, 1999).

Los artrópodos interactúan con las plantas de formas muy variadas. Las interacciones antagonistas, en las cuales los artrópodos se alimentan de hojas, semillas o savia de las plantas, son probablemente las más conocidas para nosotros. Menos familiares, pero no menos importantes, resultan las alianzas mutualistas en las cuales tanto el artrópodo, como las plantas se benefician de la interacción. Como ejemplos pueden citarse la dispersión de las semillas por las hormigas, la protección de colonias de hormigas en tallos vegetales huecos y las interacciones polinizador-planta (Ollerton y Lack, 1998; Ollerton, 1999).

La evolución de las características florales y sistemas de reproducción en plantas han sido influenciadas en gran medida por los polinizadores. La mayoría de los estudios se han enfocado en los polinizadores como dispersores de polen, pero también de microorganismos que pueden ser potencialmente patógenos. Este doble papel de polinizador como transportador de gametos y vector de enfermedades crea una conflictiva selección en la evolución de caracteres

florales y reproducción de plantas (Marr, 1997).

La polinivoría (alimentación a base de polen) puede llegar a convertirse en un mutualismo, si está acompañado por la polinización, si el polinívoro puede esparcir el polen no consumido a los órganos reproductivos femeninos de su planta hospedante mas eficientemente que los dispersores alternativos como el viento, la lluvia o la gravedad (Labandeira *et al.*, 1994; Pellmyr y Leebens-Mack, 1999).

La interrelación entre la planta de yuca (*Yuca spp*) y las palomillas de la yuca (*Parategeticula* y *Tegeticula*) es uno de los clásicos ejemplos de un fuerte mutualismo en la biología de la polinización. En la manera mas simple de la relación, las más de 40 especies de *Yuca* son virtualmente dependientes de la actividad de cuatro especies de palomillas de la yuca (tres especies de *Parategeticula* y una especie de *Tegeticula*) para la reproducción sexual. La palomilla de la yuca del Género *Tegeticula* a su vez, es dependiente de las semillas de la planta de yuca, y la del Género *Parategeticula* de óvulos degenerados en quistes para su desarrollo larval. Este sistema de polinización denominado "polinización en el sitio de cría" es raro presumiblemente porque el balance que se impone entre parasitismo y mutualismo es delicado (Bogler *et al.*, 1995; Herre *et al.*, 1999; Marr *et al.*, 2000).

En los patrones globales de polinización el tiempo de floración es frecuentemente característico de una Familia o Género y es una característica de conservación aún entre continentes. Un alto grado de sincronización entre una población ha sido considerado adaptativo, a

través de la promoción de la polinización cruzada y el saciar a los consumidores de semillas (Ollerton y Lack, 1998).

#### La abeja melífera

Se ha determinado que las abejas seleccionan las flores de las especies de plantas a visitar por su producción de néctar, polen y distancia de éstas a la colonia (Eckert, 1933; Levin, 1959; Lee, 1961; Rush *et al.*, 1995; Waser *et al.*, 1996; Russell *et al.*, 1998) y mas recientemente la atracción relacionada a la simetría floral (Waser *et al.*, 1996; Neal *et al.*, 1998; Endress, 2001) aroma, producción de néctar y color (Briscoe y Chittka, 2001; Varassini *et al.*, 2001).

La abeja melífera, muestra un comportamiento alimenticio fácilmente manipulable asociado a una alta fidelidad nemotécnica (Meller y Davis, 1996; Hempel de Ibarra *et al.*, 2000).

La predominancia de los insectos como polinizadores sobre los restantes artrópodos se debe a varias causas, muchos insectos tienen una visión aguda que es capaz de reconocer los colores y formas florales. Algunos, en particular las abejas de mayor tamaño, tienen tasas metabólicas comparativamente altas y requieren alimentos ricos en energía de los cuales el néctar es una fuente ideal (Farina, 2000; Galizia *et al.*, 2005).

La compleja estructura social de algunos insectos ocasiona que un individuo debe recoger bastante más alimento del que puede consumir, para abastecer a la siguiente generación, además el sofisticado

comportamiento de búsqueda de alimento también puede ser explotado por las plantas. Los insectos poseen amplias capacidades de vuelo y pueden cubrir grandes distancias en un corto período de tiempo. Para una planta, todo esto significa que el polen puede ser dispersado a otro individuo, rápidamente y con precisión a menudo a distancias de cientos o miles de metros (Ollerton, 1999).

En una colmena, al mismo tiempo, diferentes grupos de abejas están cuidando crías, construyendo panales, defendiendo la colonia, manteniendo la temperatura del nido de cría así como colectando y procesando néctar y polen. Aún cuando hay cientos de individuos desarrollando diferentes labores algunas de esas faenas deben ser coordinadas para que la colonia sobreviva (Dreller y Tarpy, 2000; Amdam *et al.*, 2004).

La coordinación de actividades ocurren a dos niveles. En el primero, aquellas abejas que participan en una misma labor coordinan sus actividades y en el segundo, aquellas que efectúan labores complementarias de alguna manera deben establecer nexos de comunicación (Tautz *et al.*, 2001) que permitan sincronizar sus comportamientos (De Marco y Farina, 2003). Por ejemplo las obreras que colectan néctar deben coordinar sus actividades con las abejas nodrizas (DeGrandi-Hoffman y Hagler, 2000; Farina, 2000).

Estudios recientes de los procesos de abastecimiento de alimento, comportamiento de construcción y diferenciación social en sociedades de insectos o en sociedades de otros artrópodos gregarios, muestran la

importancia de los mecanismos de auto-organización (Farina y Wainelboim, 2001; Amdam *et al.*, 2004). En los sistemas de abastecimiento, la retroalimentación positiva tiene una función primordial. La respuesta de defensa colectiva en las abejas melíferas es un ejemplo de abastecimiento amplificado en insectos sociales (Millor *et al.*, 1999).

Es bien conocido que las abejas realizan vuelos repetidos y con precisión (Esch y Burns, 1996; Srinivasan *et al.*, 2000) a una fuente de alimento, así mismo comunican a sus compañeras la distancia y dirección hacia la cual volar para alcanzarla mediante la "danza del coleteo". La distancia de vuelo es estimada en términos de consumo de energía pero estudios mas recientes sugieren que el indicador es integral con el tiempo y el movimiento de imagen (tracking) que experimenta la abeja en la ruta de vuelo (Srinivasan *et al.*, 1998; Srinivasan *et al.*, 1999; Collet, 2000).

#### La polinización del melón

La abeja melífera, juega un papel importante en la polinización de plantas tanto en los ecosistemas naturales como agrícolas, aunque en la producción de cultivos nos resulta más familiar (NRCC, 1981). Las flores requieren de las visitas de abejas para desarrollar la columna sexual, de ahí que al proveer de polinización y la subsecuente dehiscencia se obtenga la semilla (Gorelick, 2001; Cane, 2002).

Estudios previos han comparado los valores de polinización de diferentes especies de abejas solamente por la velocidad con la cual visitan las flores y la proporción de flores visitadas por vuelo (Cane, 2002).

Muchas especies de insectos pueden ser encontrados en las flores (Kevan y Baker, 1983), las comunidades nativas de abejas son importante en la provisión de servicios de polinización pero se conoce que las fluctuaciones temporales en su densidad son altamente variables en el espacio y tiempo (Kremen *et al.*, 2002). Los plaguicidas y las prácticas culturales han reducido o eliminado las poblaciones silvestres de insectos (Kearns *et al.*, 1998a) hasta el punto de no haber suficientes densidades de población para polinizar los cultivos comerciales (DeLaplaine y Mayer, 1996).

Los agricultores deben considerar el incremento de las poblaciones de abejas como parte del manejo de campo (Ricketts *et al.*, 2004) el cual puede ser realizado reduciendo el uso de plaguicidas y mejorando la disponibilidad de polen y néctar para las abejas (Klein *et al.*, 2003). Las visitas florales pueden ser determinadas por las preferencias innatas de un grupo distintivo de señales florales o ser modificadas por el aprendizaje del polinizador dependiendo de la experiencia y recompensa (Pelz *et al.*, 1997; Kearns *et al.*, 1998; Lunau, 2004). Las flores que producen frutos están asociadas a un mayor rendimiento dependiendo del número de visitas y la duración acumulada de las visitas de las abejas (Gingras *et al.*, 1999).

La mayoría de las variedades de melón (*C. melo* L.), poseen flores estaminadas y flores hermafroditas, con ambos sexos en la misma planta, al aislar flores de melón del alcance de los insectos se ha encontrado que no existe formación de frutos pues el polen es pesado, se aglutina y no puede ser transportado por el viento (McGregor, 1976).

En un estudio en que se excluyeron las flores hermafroditas con capuchones de malla se encontró, además de la falta de producción, que aumentara desproporcionadamente el número de flores tanto de hermafroditas como estaminadas (Reyes-Carrillo *et al.*, 1982). En La Comarca Lagunera, las aplicaciones de insecticida en algodónero hicieron de la apicultura una actividad de alto riesgo por la cantidad y toxicidad de los productos utilizados que limitaron la expansión de la apicultura en general y la polinización comercial en lo particular (Reyes-Carrillo y Valdéz-Perezgasga, 1981).

La recomendación en cuanto al número de colmenas por hectárea para la polinización del melón es variable, el número mas bajo de colonias es de una a dos colonias (Hodges y Baxendale, 1995) y hasta seis colonias (Crane y Walker, 1984; Eischen y Underwood, 1991). La distribución de las colmenas es importante, ya que la producción y calidad tienden a ser mayores con colmenas mas dispersas (Eischen y Underwood, 1991), condición que se debe cumplir para distribuir en el cultivo a las abejas africanizadas por su tendencia a pecorear a menores distancias de su colmena que las europeas (DeLaplane y Mayer, 2004).

#### El polen

El polen es el principal atrayente en la mayoría de los polinizadores, una parte importante de la dieta de los visitantes de muchas plantas y un componente esencial de la reproducción sexual y flujo de genes. No es sorprendente que se haya dedicado tanto esfuerzo a desarrollar técnicas

para identificar, contar, analizar, marcar y seguir al polen. El grano de polen es un gametofito masculino reducido. El grano de polen de las angiospermas está conformado de la exina esculpida -predominantemente de lipoproteína-, intina o pared celular y el material celular interno (Kearns y Inouye, 1993).

Hay muchas razones por las que uno puede necesitar identificar el polen en un estudio de polinización. Las colectas de polen de visitantes florales pueden proveer de alguna evidencia sobre la variedad de especies visitadas (Bryant *et al.*, 1991; Goodwillie, 1999). La identificación del polen en estigmas, puede indicar cuando el polen depositado es conespecífico (Takayama *et al.*, 2000) o cuando existe un potencial bloqueo del estigma por polen de otras especies, alelopatía del polen u otros efectos similares (Tandon *et al.*, 2001).

La identificación del polen es también importante en estudios que miden los patrones temporales de polinización masculina y femenina. Los investigadores que estudian la anemofilia (polinización de flores de plantas por polen transportado por el viento) pueden necesitar identificar las especies presentes en muestras de polen con el objeto de conocer los diferentes porcentajes de éste y determinar las especies alergénicas en el aire (Cariñanos *et al.*, 2004). La identificación de polen fósil provee un registro de la flora y el clima en el pasado (Krassilov y Golovneva, 2001).

El polen en colecciones de referencia ha sido preparado generalmente por acetólisis, la cual remueve el protoplasma, dejando solamente la exina. Esta técnica fue desarrollada para su uso en la



Palinología (estudio de la estructura, formación, dispersión y preservación de los granos de polen) (Kearns y Inouye, 1993).

Existen una series de características que ayudan a diferenciar los diferentes tipos de polen de cada especie de planta como: el tamaño, la forma, el número de aperturas, el tipo de aperturas, la superficie, la sección de la exina, las características estructurales y el color (Sawyer, 1981).

Dependiendo del número de poros que tenga un grano de polen, se puede clasificar en monoporado, biporado, triporado, multiporado y si lo que tiene son surcos (colpos) en bicolporados, tricolporados. Con frecuencia los granos de polen pueden presentar a la vez poros y colpos y en este caso se denominan colporados (monocolporados, bicolporados). Algunos no tienen poros ni colpos visibles y se llaman "inaperturados" (Kapp *et al.*, 2000).

Lo anterior ayuda a distinguir al microscopio los distintos tipos de polen; espiculado (con espinas), reticulado (en forma de red), granulado, verrugoso. Además, la exina (superficie exterior) tiene una textura y un relieve superficial muy diverso, y se tiñe fácilmente con colorantes, lo cual sirve para distinguir los tipos de polen al microscopio. Hay muchas otras texturas como verrucosa, estriada, perforada, rugulada, entre otras. (McAndrews *et al.*, 1973; Roubik y Moreno, 1991).

La identificación del polen contenido en la miel, la cantidad y calidad de éste transportado en las patas de las abejas, abrió una nueva vía de acceso al conocimiento de las preferencias alimenticias de estos insectos

(Jones *et al.*, 1995). Además, la clasificación del polen contenido en la miel producida por las abejas melíferas, permite caracterizar y diferenciar los distintos tipos de mieles (Jones y Bryant, 1998). A esta determinación del origen del polen se la designa con el nombre de *origen botánico* de las mieles y su estudio corresponde a la Melisopalinología (Bryant y Jones, 2001).

### Literatura citada

- Abate, T., A. van Huis y J. K. O. Ampofo 2000. "Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective." *Annu Rev Entomol* 45: 631-659.
- Ackerman, J. D., E. J. Melendez-Ackerman y J. Salguero -Faria 1997. "Variation in pollinator abundance and selection on fragrance phenotypes in an epiphytic orchid." *Am J Bot.* 84: 1383-1390.
- Alarcon, R. y D. R. Campbell 2000. "Absence of conspecific pollen advantage in the dynamics of an *Ipomopsis* (Polemoniaceae) hybrid zone." *Am J Bot* 87: 819-824.
- Alegria, H. A., T. F. Bidleman y T. J. Shaw 2000. "Organochloride pesticides in ambient air of Belize, Central America." *Environ Sci Technol* 34: 1953-1958.
- Ambrose, J. T., J. R. Schultheis, S. B. Bambara y W. Mangum 1995. "An evaluation of selected commercial attractants in the pollination of cucumbers and watermelons." *Am Bee J* 134: 267-271.
- Amdam, G. V., K. Norberg, M. K. Fondrk y R. E. Page 2004. "Reproductive ground plan may mediate colony-level selection effects on individual foraging behavior in honey bees." *Proc Nat Acad Sci USA* 101: 11350-11355.
- Anderson, D. L. y J. W. H. Trueman 2000. "*Varroa jacobsoni* (Acari:Varroidae) is more than one species." *Exp Appl Acarol* 24: 165-189.

- Armbruster, W. S. y B. G. Baldwin 1998. "Switch from specialized to generalized pollination." *Nature* 394: 632.
- Barrington, A. y T. Venis 2005. "A new delivery method for Sucroside™, the safe varroa mite treatment." *Am Bee J* 145: 583-586.
- Baxter, J. R., M. D. Ellis y W. T. Wilson 2000. "Field evaluation of Apistan and five candidate compounds for parasitic mite control in honey bees." *Am Bee J* 140: 898-900.
- Bendahou, N., C. Fleche y M. Bounais 1999. "Biological and biochemical effects of chronic exposure to very low levels of dietary cypermethrin (Cymbush) on honeybee colonies (Hymenoptera: Apidae)." *Ecotox Environ Safe* 44: 147-153.
- Bernhardt, P., T. Sage, P. Weston, H. Azuma, M. Lam, L. B. Thien y J. Bruhl 2003. "The pollination of *Trimenia moorei* (Trimeniaceae): floral volatiles, insect/wind pollen vectors and stigmatic self-incompatibility in a basal angiosperm." *Ann Bot* 92: 445-458.
- Bidleman, T. F. 1999. "Atmospheric transport and air-surface exchange of pesticides." *Water Air Soil Poll.* 115: 115-166.
- Boecking, O., W. Rath y W. Drescher 1992. "*Apis mellifera* removes *Varroa jacobsoni* and *Tropilaelaps clareae* from sealed brood cells in the tropics." *Am Bee J* 132: 732-734.
- Bogler, D. J., J. L. Neff y B. B. Simpson 1995. "Multiple origins of the yucca-yucca moth association." *Evolution*: 6864-6868.
- Borror, D. J., C. A. Triplehorn y N. F. Johnson 1989. "An introduction to the study of insects." 6° ed. Saunders College Pub. USA.

- Breed, M. D., E. Guzmán-Novoa y G. J. Hunt 2004. "Defensive behavior of honey bees: Organization, genetics, and comparisons with other bees." *Annu Rev Entomol* 49: 271-298.
- Briscoe, A. y D. Chittka 2001. "The evolution of color vision in insects." *Annu Rev Entomol* 46: 471-510.
- Bryant, V. M., M. Pendleton, R. E. Murry, P. D. Lingren y J. R. Raulston 1991. "Techniques for studying pollen adhering to nectar-feeding corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) moths using scanning electron microscope." *J Econ Entomol* 84: 237-240.
- Bryant, V. M. y G. D. Jones 2001. "The R-values of honey: pollen coefficients." *Palynology* 25: 11-28.
- Buchmann, S. L. y G. P. Nabhan 1996. "The forgotten pollinators." Island Press. Shearwater Books Washington, D.C., Covelo, Cal. U.S.A.
- Cane, J. H. 2001. "(en línea) Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict?" *Conserv Ecol* 5: <http://www.consecol.org/vol5/iss1/art3> (consulta 6 de octubre de 2003).
- Cane, J. H. 2002. "Pollinating bees (Hymenoptera: Apiformes) of U.S. alfalfa compared for rates of pod and seed set." *J Econ Entomol* 95: 22-27.
- Cane, J. H. y D. Schiffhauer 2003. "Dose-response relationships between pollination and fruiting refine pollinator comparisons for cranberry (*Vaccinium macrocarpon* [Ericaceae])." *Am J Bot* 90: 1425-1432.

- Cariñanos, P., C. Galan, P. Alcázar y E. Domínguez 2004. "Airborne pollen records response to climatic conditions in arid areas of the Iberian Peninsula." *Environ Exp Bot* 52: 11-22.
- Carriere, Y., T. J. Dennehy, B. Pedersen, S. Haller, C. Ellers-Kirk, L. Antilla, L. Yong-Biao, E. Willot y B. E. Tabashnik 2001. "Large-scale management of insect resistance to transgenic cotton in Arizona: Can transgenic insecticidal crops be sustained?" *J Econ Entomol* 94: 315-325.
- Chapin, F. S., E. S. Zavaleta, V. T. Eviners, R. L. Naylor, P. M. Vitousek y H. Reynolds 2000. "review article: Consequences of changing biodiversity." *Nature* 405: 234-242.
- Cobey, S. 2001. "The *Varroa* species complex: Identifying *Varroa destructor* and new strategies of control." *Am Bee J* 141: 194-196.
- Collet, T. 2000. "Measuring bee lines to food." *Science* 287: 817-818.
- Comba, L., S. A. Corbet, A. Barron, A. Bird, S. Collinge, N. Miyazaki y M. Powell 1999. "Garden flowers: insect visits and the floral reward of horticulturally-modified variants." *Ann Bot* 83: 73-86.
- Conner, J. K., R. Davis y S. Rush 1995. "The effect of wild radish floral morphology on pollination efficiency by four taxa of pollinators." *Oecologia* 104: 234-245.
- Conner, J. K. y S. Rush 1996. "Effects of flower size and number on pollinator visitation to wild radish, *Raphanus raphanistrum*." *Oecologia* 105: 509-516.

- Corbet, S. A., J. Bee, K. Dasmahapatra, S. Gale, E. Gorringer, B. La Ferla, T. Moorhouse, A. Trevail, Y. Van Bergen y M. Vorontsova 2001. "Native or exotic? Double or single? Evaluating plants for pollinator-friendly gardens." *Ann Bot* 87: 219-232.
- Correa-Marques, M. R., M. R. Cavicchio y D. De Jong 2000. "Classification and quantification of damaged *Varroa jacobsoni* found in the debris of honey bee colonies as criteria for selection ?" *Am Bee J* 140: 820-824.
- Crane, E. y P. Walker 1984. "Pollination directory for World crops." Internatinal Bee Research Association London. England.
- Crepet, W. y K. V. Nixon 1998. "Fossil Clusiaceae from the Late Cretaceous (Turonian) of New Jersey and implications regarding the history of bee pollination." *Am J Bot* 85: 1122-1133.
- Cresswell, J. E. 1998. "Stabilizing selection and the structural variability of flowers within species." *Ann Bot* 81: 463-473.
- Creswell, J. E. 1999. "The influence of nectar and pollen availability on pollen transfer by individual flower of oilseed rape (*Brassica napus*) when pollinated by bumblebees (*Bombus lapidarius*)." *J Ecol* 87: 670-677.
- Culley, T. M., S. G. Weller y A. K. Sakai 2002. "The evolution of wind pollination in angiosperms." *Trends Ecol Evol* 17: 361-369.
- Danforth, B. N. y J. Ascher 1999. "Flowers and insect evolution." *Science* 283: 143.

- Danka, R. G. y J. D. Villa 2000. "A survey of tracheal mite resistance levels in U.S. commercial queen breeder colonies." *Am Bee J*: 405-407.
- De Marco, R. J. y W. M. Farina 2003. "Trophallaxis in forager honeybees (*Apis mellifera*): resource uncertainty enhances begging contacts?" *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* 189: 125-134.
- Dedej, S. y K. S. DeLaplane 2003. "Honey bee (Hymenoptera: Apidae) pollination of Rabbiteye Blueberry *Vaccinium ashei* var. 'Climax' is pollinator density-dependent." *J Econ Entomol* 94: 1215-1220.
- Dedeja, S., K. S. Delaplane y H. Schermb 2004. "Effectiveness of honey bees in delivering the biocontrol agent *Bacillus subtilis* to blueberry flowers to suppress mummy berry disease." *Biol Control* 31: 422-427.
- DeGrandi-Hoffman, G. y J. Hagler 2000. "How honey bees might use the placement of incoming nectar in a colony as a means of communication." *Am Bee J* 140: 892-894.
- DeLaplane, K. S. y D. F. Mayer 1996. "Principles and practices of bee conservation." *Bee Science* 4: 4-10.
- DeLaplane, K. S. y D. F. Mayer 2004. "Crop pollination by bees." University Press Cambridge, U.K.
- Dreller, C. y D. R. Tarpy 2000. "Perception of the pollen need by foragers in a honey bee colony." *Anim Behav* 59: 91-96.
- Dudareva, N. y E. Pichersky 2000. "Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents." *Plant Physiol* 122: 627-633.



- Eckert, J. E. 1933. "The flight range of the honeybee." J Agricult Res 47: 257-285.
- Eckert, J. E. y T. J. Shaw 1960. "Beekeeping." The MacMillan Company New York, USA.
- Eischen, F. y B. A. Underwood 1991. "Cantaloupe pollination trials in the lower Rio Grande Valley." Am Bee J 131: 775.
- Eischen, F. A. 2000. "Our natural bent: looking for *Varroa* medication in plants." Am Bee J 140: 457-458.
- Elzen, P. E., J. R. Baxter, G. W. Elzen, R. Rivera y W. T. Wilson 2000. "Evaluation of grapefruit essential oils for controlling *Varroa jacobsoni* and *Acarapis woodi*." Am Bee J 140: 666-668.
- Elzen, P. J., R. D. Stipanovic y R. Rivera 2001. "Activity of two preparations of natural smoke products on the behavior of *Varroa jacobsoni* Oud." Am Bee J 141: 289-291.
- Endress, P. K. 2001. "Evolution of floral symmetry." Curr Opin Plant Biol 4: 86-91.
- Erickson, E. H., L. H. Hines y H. Atmodwidjojo 2000. "Producing *Varroa*-tolerant honey bees from locally adapted stock: a recipe." Am Bee J 140: 659-666.
- Esch, H. E. y J. E. Burns 1996. "Distance estimation by foraging honeybees." J Exp Biol 199: 155-162.
- Fakhimzadeh, K. 2000a. "A rapid field and laboratory method to detect *Varroa jacobsoni* in the honey bee (*Apis mellifera*)." Am Bee J 140: 736.

- Fakhimzadeh, K. 2000b. "Potential of super-fine ground, plain white sugar dusting as an ecological tool for the control of varroasis in the honey bee (*Apis mellifera*).\" Am Bee J 140: 487-491.
- Fakhimzadeh, K. 2001. " Acute impact on the honey bee (*Apis mellifera*) after treatment with powdered sugar and CO2 for the control of *Varroa destructor*." Am Bee J 141: 817-820.
- Farina, W. M. 2000. "The interplay between dancing and trophallactic behavior in the honey bee *Apis mellifera*." J Comp Physiol 186: 239-245.
- Farina, W. M. y A. J. Wainelboim 2001. "Changes in the thoracic temperature of honeybees while receiving nectar from foragers collecting at different reward rates." J Exp Biol 204: 1653-1658.
- Farrell, B. D. 1998. "Inordinate fondness" explained: Why are there so many beetles?" Science 281: 550-555.
- Federle, W., E. L. Brainerd, T. A. McMahon y B. Holldobler 2001. "Biomechanics of the movable pretarsal adhesive organ in ants and bees." Proc Natl Acad Sci USA 11: 6215-6220
- Fedoroff, N. V. y J. E. Cohen 1999. "Plant and population: Is there time?" Proc Natl Acad Sci USA 96: 5903-5907.
- Fierro, M. M., M. J. Munoz, A. Lopez, X. Sumuano, H. Salcedo y G. Roblero 1988. "Detection and control of the Africanized bee in coastal Chiapas, Mexico." Am Bee J 128: 272-275.
- Franklin-Tong, V. E. 1999. "Signaling in pollination." Curr Opin Plant Biol 2: 490-495.

- Galizia, C. G., J. Kunze, A. Gumbert, A. K. Borg-Karlson, S. Sachse, C. Markl y R. Menzel 2005. "Relationship of visual and olfactory signal parameters in a food-deceptive flower mimicry system." *Behav. Ecol.* 16: 159-168.
- Garedew, A., I. Lamprecht, E. Schmolz y B. Schricker 2002. "The varroacidal action of propolis: a laboratory assay." *Apidologie* 32: 41-50.
- Gaston, K. J. 2000. "review article: Global patterns in biodiversity." *Nature* 405: 220-227.
- Gegear, R. J. y T. M. Lavery 1998. "How many flowers types can bumblebees work at the same time?" *Can J Zool.* 76: 1358-1365
- Gegear, R. J. y T. M. Lavery 2001. "The effect of variation among floral traits on the flower constancy of pollinators." In: Chittka, L. and J. D. Thomson, editors. *Cognitive ecology of pollination. Animal behavior and floral evolution.* Cambridge University Press. Cambridge, U.K. 1-20.
- Gingras, D., J. Gingras y D. De Oliveira 1999. "Visits of honeybees (Hymenoptera: Apidae) and their effects on cucumber yields in the field." *Hortic Entomol* 92: 435-438.
- Goodwillie, C. 1999. "Wind pollination and reproductive assurance in *Linanthus parviflorus* (Polemoniaceae), a self-incompatible annual." *Am J Bot* 86: 948-954.
- Gorelick, R. 2001. "Did insect pollination cause increased seed plant diversity?" *Biol J Linn Soc* 74: 407-427.

- Goulson, D., A. M. Martínez, W. O. H. Hughes y T. Williams 2000. "Effects of optical brighteners used in biopesticide formulations on the behavior of pollinators." *Biol Control* 19: 232-236.
- Gross, C. L., F. V. Bartier y D. R. Mulligan 2003. "Floral structure, breeding system and fruit-set in the threatened sub-shrub *Tetralochea juncea* Smith (Tremandraceae)." *Ann Bot* 92: 771-777.
- Hagler, J. R. y C. G. Jackson 2001. "Methods for marking insects: Current techniques and future prospects." *Annu Rev Entomol* 46: 511-543.
- Heard, T. A. 1999. "The role of stingless bees in crop pollination." *Annu Rev Entomol* 44: 183-206.
- Hempel de Ibarra, N., M. Vorovyev, R. Brandt y M. Guiurfa 2000. "Detection of bright and dim colours by honeybees." *J Exp Biol* 203: 3289-3298.
- Herre, E. A., N. Knowlton, U. G. Mueller y S. A. Rehner 1999. "The evolution of mutualisms: exploring the paths between conflict and cooperation." *Trends Ecol Evol* 14: 49-53.
- Hodges, L. y F. Baxendale 1995. "Bee pollination of cucurbit crops." University of Nebraska-Lincoln. Cooperative Extension. Institute of Agriculture and Natural Resources Bulletin NF91-5D.
- Holden, C. 1998. "Pollinators in peril." *Science* 279: 1459-1460.
- Hood, M. 2002. "The africanized honey bee in the United States." Clemson University Cooperative Extension Service. USA.
- Hubbell, S. 1997. "Trouble with honeybees." *Nat Hist* 106: 32-41.

- Hunt, G. J., E. Guzmán-Novoa, J. L. Uribe-Rubio y D. Prieto-Merlo 2003. "Genotype–environment interactions in honeybee guarding behaviour." *Anim Behav* 66: 459-467.
- Hurlbert, A. H., S. A. Hosoi y E. Temeles 1996. "Mobility of *Impatiens capensis* flowers: effect on pollen deposition and hummingbird foraging." *Oecologia* 105: 243-246.
- Johnson, S. D., A. Pauw y J. Midgley 2001. "Rodent pollination in the African lily *Massonia depressa* (Hyacinthaceae)." *Am. J. Bot.* 88: 1768-1773.
- Jones, G. D., V. M. Bryant, M. H. Lieux, E. D. Jones y P. D. Lingren 1995. "Pollen in the southeastern United States: with emphasis on Melissopalynology and Entomopatology." American Association of Statigraphic Palynologists Foundation. USA.
- Jones, G. D. y V. M. Bryant 1998. "Pollen recovery from honey." *In*: Bryant, V. M. and Wrenn, J. H. (eds.), *New Developments in Palynomorph Sampling, Extraction and Analysis* American Association of Statigraphic Palynologists Foundation: 107-114.
- Jousselin, E., M. Hossaert-McKey, E. A. Herre y F. Kjellberg 2003. "Why do fig wasps actively pollinate monoecious figs?" *Oecologia* 134: 381-387.
- Kapp, R., O. W. Davis y J. E. King 2000. "Pollen and spores." *The American Association of Statigraphic Palynologists*, 2nd edition, Dallas, Texas, USA.

- Kato, M. y A. Kawakita 2004. "Plant-pollinator interactions in New Caledonia influenced by introduced honey bees." *Am. J. Bot.* 91: 1814-1827.
- Kearns, C. A. y D. W. Inouye 1993. "Techniques for pollination biologists." University Press of Colorado, Niwot, Colorado, USA.
- Kearns, C. A. y D. W. Inouye 1997. "Pollinators, flowering plants, and conservation biology." *Bioscience* 47: 297-307.
- Kearns, C. A., D. W. Inouye y N. Waser 1998. "Endangered mutualism: The conservation of plant-pollinator interactions." *Ann Rev Ecol Syst* 29: 83-106.
- Kevan, P. G. y H. G. Baker 1983. "Insects as flower visitors and pollinators." *Ann Rev Entomol* 28: 407-453.
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter y T. Tschardt 2003. "Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae)." *Am J Botany* 90: 153-157.
- Kovach, J., R. Petzoldt y G. E. Harman 2000. "Use of honey bees and bumble bees to disseminate *Trichoderma harzianum* 1295-22 to strawberries for *Botrytis* Control." *Biol Control* 18: 235-242.
- Krassilov, V. A. y L. B. Golovneva 2001. "Inflorescence with tricolpate pollen grains from the Cenomanian of Tschulymo-Yenisey Basin West Siberian." *Rev Paleobot Palynol* 115: 99-106.
- Kremen, C., N. M. Williams y R. W. Thorp 2002. "Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification." *Proc Natl Acad Sci USA* 99: 16812-16816.

- Krupnick, G. A., A. E. Weis y D. R. Campbell 1999. "The consequences of floral herbivory for pollinator service to *Isomeris arborea*." *Ecology* 80: 125-134.
- Labandeira, C. C., D. L. Dilcher, D. R. Davis y D. L. Wagner 1994. "Ninety-seven million years of angiosperm-insect association: Paleobiological insights into the meaning of coevolution." *Proc Natl Acad Sci USA* 91: 12278-12282.
- Labandeira, C. C. 1998. "How old is the flower and the fly?" *Science* 280: 57-59.
- Larson, B. M. H. y S. C. H. Barrett 1999. "The ecology of pollen limitation in buzz-pollinated *Rhexia virginica* (Melastomataceae)." *J Ecol* 87: 371-381.
- Lee, W. R. 1961. "The nonrandom distribution of foraging bees between apiaries." *J Econ Entomol* 52: 928-933.
- Levin, M. D. 1959. "Distribution patterns of young and experienced honey bees foraging on alfalfa." *J Econ Entomol* 52: 969-971.
- Lingren, P. D., V. M. Bryant, J. R. Raulston, M. Pendleton, J. Westbrook y G. D. Jones 1993. "Adult feeding host range and migratory activities of corn earworm, cabbage looper, and celery looper (Lepidoptera: Noctuidae) moths as evidenced by attached pollen." *J Econ Entomol* 86: 1429-1439.
- Lord, E. M. y S. D. Russell 2002. "The mechanisms of pollination and fertilization in plants." *Annu Rev Cell Dev Biol* 18: 81-105.

- Lunau, K. 2004. "Adaptive radiation and coevolution — pollination biology case studies." *Org Divers Evol* 4: 207-224.
- Maloof, J. E. 2001. "The effects of a bumble bee nectar robber on plant reproductive success and pollinator behavior." *Am J Bot* 88: 1960-1965.
- Manetas, Y. y Y. Petropoulou 2000. "Nectar amount, pollinator visit duration and pollination success in the mediterranean shrub *Cistus creticus*." *Ann Bot* 86: 815-820.
- Margules, C. R. y R. L. Pressey 2000. "review article: Systematic conservation planning." *Nature* 405: 243-253.
- Marr, D. L. 1997. "Impact of a pollinator-transmitted disease on reproduction in healthy *Silene acaulis*." *Ecology* 78: 1471-1480.
- Marr, D. L., J. M. Leebens-Mack, L. Elms y O. Pellmyr 2000. "Pollen dispersal in *Yucca filamentosa* (Agavaceae): The paradox of self-pollination behaviour by *Tegeticula yuccasella*." *Am J Bot* 87: 670-677.
- Mattila, H. R. y G. W. Otis 2000. "The efficacy of Apiguard against *Varroa* and tracheal mites, and its effects on honey production: 1999 trial." *Am Bee J* 140: 969-973.
- Mayer, D. F., J. D. Lunden y G. Kovacs 1997. "Susceptibility of four bee species (Hymenoptera: Apoidea) to field weathered insecticide residues." *J Entomol Soc Brit* 94: 27-30.



- Mayfield, M. M., N. M. Waser y V. Price 2001. "Exploring the 'Most effective pollinator principle' with complex flowers: Bumblebees and *Ipomopsis aggregata*." *Ann Bot* 88: 591-596.
- McAndrews, J. H., A. A. Berti y G. Norris 1973. "Key to the cuaternary pollen and spores of the Great Lakes region." Royal Ontario Museum Life Sciences. Canada.
- McGregor, S. E. 1976. "Insect pollination of cultivated crop plants." *Agriculture Handbook No. 496*. United States Department of Agriculture Washington, D.C. USA.
- Melendez-Ackerman, E. J., D. R. Campbell y N. W. Waser 1997. "Hummingbird behaviour and mechanisms of selection on flower color in *Ipomopsis*." *Ecology* 78: 2532-2541.
- Meller, V. H. y R. L. Davis 1996. "Biochemistry of insect learning: lessons from bees and flies." *Insect Biochem Molec* 26: 327-335.
- Millor, J., M. Pham-Delegue, J. L. Deneuborg y S. Camazine 1999. "Self-organized defensive behavior in honeybees." *Proc Natl Acad Sci USA* 96: 1261-1265.
- Miyake, T. y T. Yahara 1998. "Why does the flower of *Lonicera japonica* open at dusk?" *Can J Bot* 76: 1806-1811.
- Molbo, D., C. A. Machado, J. G. Sevenster, L. Keller y E. A. Herre 2003. "Cryptic species of fig pollination wasps: implications for the evolution of the fig-wasp mutualism, sex allocation, and precision of adaptation." *Proc Natl Acad Sci USA* 100: 5867-5872.

- Molina-Freanera, F., A. Rojas-Martínez, T. H. Fleming y A. Valiente-Banuet 2004. "Pollination biology of the columnar cactus *Pachycereus pecten-aboriginum* in north-western México." *J Arid Environ* 56: 117–127.
- Moretto, G. y L. J. Mello 2000. "Resistance of africanized bees (*Apis mellifera* L.) as a cause of mortality of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in Brazil." *Am Bee J* 140: 895-897.
- Muchhala, N. 2003. "Exploring the boundary between pollination syndromes: bats and hummingbirds as pollinators of *Burmeistera cyclostigmata* and *B. tenuiflora* (Campanulaceae)." *Oecologia* 134: 373-380.
- Neal, P. R., A. Dafni y M. Giurfa 1998. "Floral symmetry and its role in plant-pollinator systems: Terminology, distribution and hypotheses." *Annu Rev Ecol Syst* 29: 345-373.
- NRCC 1981. "Pesticide-Pollinator interactions." Associate Committee on scientific criteria for environmental quality National Research Council Canada N°18471.
- O'Neil, S. D. 1997. "Pollination regulation of flower development." *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 48: 547-574.
- O'Callaghan, M., T. R. Glare, E. P. J. Burgess y L. A. Malone 2005. "Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms." *Annu Rev Entomol* 50: 271–292.
- Oldroyd, B. P. 1999. "Coevolution while you wait: *Varroa jacobsoni*, a new parasite of western honeybees." *Trends Ecol Evol* 14: 312-315.

- Ollerton, J. y A. J. Lack 1992. "Flowering phenology: an example of relaxation of natural selection?" *Trends Ecol Evol* 7: 274-276.
- Ollerton, J. y A. Lack 1998. "Relationships between flowering phenology, plant size and reproductive succes in *Lotus corniculatus* (Fabaceae)." *Plant Ecol* 139: 35-47.
- Ollerton, J. 1999. "The evolution of pollinator-plant relationships within the arthropods." *Bol Soc Entomol Aragon Vol. Monográfico*: 741-758.
- Ollerton, J. y S. Watts 1999. "Phenotype space and floral typology: towards an objective assessment of pollination syndromes." *Scand Assoc Pollin Ecol*: 1-11.
- Ollerton, J., S. D. Johnson, L. Cranmer y S. Kellie 2003. "The pollination ecology of an assemblage of grassland *Asclepiads* in South Africa." *Ann Bot* 92: 807-834.
- Pellmyr, O. y J. Leebens-Mack 1999. "Forty million years of mutualism: Evidence for Eocene origin of the yucca-yucca moth association." *Proc Natl Acad Sci USA* 96: 9178-9183.
- Pelz, C., B. Gerber y R. Menzel 1997. "Odorant intensity as a determinant for olfactory conditioning in honeybees: roles in discrimination, overshadowing and memory consolidation." *J Exp Biol*: 837-847.
- Perret, M., A. Chautems, R. Spichiger, M. Peixoto y V. Savolainen 2001. "Nectar sugar composition in relation to pollination syndromes in *Sinningieae* (Gesneriaceae)." *Ann Bot* 87: 267-273.
- Peterson, G., S. Cunningham, L. Deutch, J. Erickson, A. Quinlan, E. Raez-Luna, R. Tinch, M. Troell, P. Woodbury y S. Zens 2000. (en línea)

- "The risks and benefits of genetically modified crops: A multidisciplinary perspective." *Conserv Ecol* 4: 13  
<http://www.consecol.org/vol4/iss1/art13> (consulta 29 de septiembre de 2003).
- Pinto, A. M., J. S. Johnston, W. L. Rubink, R. N. Coulson, J. C. Patton y W. S. Sheppard 2003. "Identification of africanized honey bee (Hymenoptera: Apidae) mitochondrial DNA: validation of a rapid polymerase chain reaction-based assay." *Ann Entomol Soc Am* 96: 679-684.
- Quesada, M., K. E. Stoner, V. Rosas-Guerrero, C. Palacios-Guevara y J. A. Lobo 2003. "Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a dry tropical forest: implications for the reproductive success of the neotropical tree *Ceiba grandiflora*." *Oecologia* 135: 400-406.
- Raguso, R., R. A. Levin, S. E. Foose, M. W. Holmberg y L. A. McDade 2003. "Fragrance chemistry, nocturnal rhythms and pollination "syndromes" in *Nicotiana*." *Phytochemistry* 63: 265-284.
- Reyes-Carrillo, J. L. y M. T. Valdéz-Perezgasga 1981. "Beekeeping in the "Comarca Lagunera" a heavy pesticide-use area in the northern part of Mexico." *Am Bee J* 12: 653-655.
- Reyes-Carrillo, J. L., M. T. Valdéz-Perezgasga y D. M. Villa-Carrera 1982. "La polinización por abejas (*Apis mellifera* L.) en el cultivo del melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera." *ALCA* 17: 17-28.

- Rice, N. D., M. L. Winston, R. Whittington y H. A. Higo 2002. "Comparison of release mechanisms for botanical oils to control *Varroa destructor* (Acari:Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari:Tarsoemidae) in colonies of honey bees (Hymenoptera :Apidae)." J Econ Entomol 95: 221-226.
- Richards, A. J. 2001. "Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield?" Ann Bot 88: 165-172.
- Richardson, D. M., N. Allsop, C. A. D'Antonio, S. J. Milton y M. Rejmánek 2000. "Plant invasions-The role of mutualisms." Biol Rev 75: 65-93.
- Ricketts, T. H., G. C. Daily, P. R. Ehrlich y C. D. Michener 2004. "Economic value of tropical forest to coffee production." Proc Nat Acad Sci USA: 12759-12582.
- Rickson, F. R. y M. M. Rickson 1998. "The cashew nut *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae), and its perennial association with ants: Extrafloral nectary location and the potential for ant defense." Am J Bot 85: 835-849.
- Rodriguez, S. R., M. J. Moro y C. G. Otero 1992. " *Varroa* found in Mexico." Am Bee J 132: 728-729.
- Roubik, D. W. y P. J. E. Moreno 1991. "Pollen and spores of Barro Colorado Island." Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. USA.

- Rush, S., J. Conner y P. Jennetten 1995. "The effects of natural variation in pollinator visitation on rates of pollen removal in wild radish, *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae)." *Am J Bot* 82: 1522-1526.
- Russell, D., R. Meyer y J. Bukowski 1998. "Potential impact of microencapsulated pesticides on New Jersey apiaries." *Am Bee J* 138: 207-210.
- Sammataro, D., S. Cobey, B. H. Smith y G. R. Needham 1994. "Controlling tracheal mites (Acari: Tarsonemidae) in honey bees (Hymenoptera: Apidae) with vegetable oil." *J Econ Entomol* 87: 910-916.
- Sammataro, D., G. DeGrandi-Hoffman, G. Needham y G. Wardell 1998. "Some volatil plant oils as potential control agents for Varroa mites (Acari: Varridae) in honey bee colonies (Hymenoptera: Apidae)." *Am Bee J*: 681-685.
- Sammataro, D., J. Finley y S. Camazine 1999. "Shipping conditions of honey bee queens." *Am Bee J*: 713-716.
- Sammataro, D., U. Gerson y G. Needham 2000. "Parasitic mites of honey bees: life, history, implications, and impact." *Annu Rev Entomol* 45: 519-548.
- Sanford, M. T. 2005. "6th Brazilian Encontro and 8th International Conference on Tropical bees." *Am Bee J* 145: 569-571.
- Sanzol, J. y M. Herrero 2001. "The "effective pollination period" in fruit trees." *Sci Hortic-Amsterdam* 90: 1-17.
- Sawyer, R. 1981. "Pollen identification for beekeepers." University College Cardiff Press. Cardiff, U.K.

- Schmidt, R. H. 1989. "The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert." *J Arid Environ* 16: 241-256.
- Scott-Dupree, C. 1996. "Honey bee diseases and pests." Canadian Association of Professional Apiculturist. Dept. of Environmental Biology. Univ. of Guelph, Ontario, Canada.
- Sheffield, C. S., R. F. Smith y P. G. Kevan 2005. "Perfect syncarpy in apple (*Malus x domestica* 'Summerland McIntosh') and its implications for pollination, seed distribution and fruit production (Rosaceae: Maloideae)." *Ann Bot* 95: 583-591.
- Smith, C. E., J. T. Stevens, E. J. Temeles, P. W. Ewald, H. R.J. y R. L. Bonkovsky 1996. "Effect of floral orifice width and shape on hummingbird-flower interactions." *Oecologia* 106: 482-492.
- Smith, J. A. y C. L. Gross 2002. "The pollination ecology of *Grevillea beadleana* McGillivray, an endangered shrub from northern New South Wales, Australia." *Ann Bot* 89: 97-108.
- Spivak, M. y G. Reuter 2001. "*Varroa destructor* infestation in untreated honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies selected for hygienic behavior." *J Econ Entomol* 94: 326-331.
- Spreafico, M., F. R. Eordegh, I. Bernardinelli y M. Colombo 2001. "First detection of strains of *Varroa destructor* resistant to coumaphos. Results of laboratory tests and field trials." *Apidologie* 32: 49-55.
- Srinivasan, M. V., S. W. Zhang y M. Lehrer 1998. "Honeybee navigation: odometry with monocular input." *Anim Behav* 56: 1245-1259.

- Srinivasan, M. V., S. Zhang, M. Altwein y J. Tautz 2000. "Honeybee navigation: Nature and calibration of the "odometer"." *Science* 287: 851-852.
- Srnivasan, M. V., M. Poteser y K. Kral 1999. "Motion detection in insect orientation and navigation." *Vision Res* 39: 2749-2766.
- Stanghellini, M. S., J. Hayes, E. Burns, J. Diaz, P. Rayboldd y D. Westervelt 2005. "Varroa mite suppression with a simplified Sucrocide™ and the effects of Sucrose Octanate on honey bee eggs and larvae." *Am Bee J* 145: 587-590.
- Stpiczynska, A. M., K. L. Davies y A. Gregg 2004. "Nectary structure and nectar secretion in *Maxillaria coccinea* (Jacq.) L.O. Williams ex Hodge (Orchidaceae)." *Ann Bot* 93: 87-95.
- Szabo, T. I. y D. C. Szabo 2000. "Attempts to reduce the *Varroa jacobsoni* populations in honey bee colonies: Research report for 1999." *Am Bee J* 140: 654-657.
- Takayama, S., H. Shiba, M. Iwano, H. Shimosato, F. Che, N. Kai, M. Watanabe, G. Suzuki, K. Hinata y A. Isogai 2000. "The pollen determinant of self-incompatibility in *Brassica campestris*." *Proc Natl Acad Sci USA* 97: 1920-1925.
- Tandon, R., T. N. Manohara, B. H. M. Nijalingappa y K. R. Shivanna 2001. "Pollination and pollen-pistil interaction in oil palm, *Elaeis guineensis*." *Ann Bot* 87: 831-838.



- Tautz, J., J. Casas y D. Sandeman 2001. "Phase reversal of vibratory signals in honeycomb may assist dancing honey bees to attract their audience." *J Exp Biol*: 3737-3746.
- Thomas, M. B. 1999. "Ecological approaches and the development of "truly integrated" pest management." *Proc Natl Acad Sci USA* 96: 5944-5951.
- Thompson, J. N. 1997. "Evaluating the coevolution among geographically structured populations." *Ecology* 78: 1619-1623.
- Tian, J., K. Liu y G. Hu 2004. "Pollination ecology and pollination system of *Impatiens reptans* (Balsaminaceae) endemic to China." *Ann Bot* 93: 167-175.
- vanDoorn, W. G. 1997. "Effects of pollination on floral attraction and longevity." *J Exp Biol* 48: 1615-1622.
- Varassini, I. G., J. R. Trigo y M. Sazima 2001. "The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil." *Bot J Linn Soc* 136: 139-152.
- Vetter, R. S. y P. K. Visscher 1998. "Bites and stings of medically important venomous arthropods." *Int J Dermatol* 37: 481-496.
- Vetter, R. S., P. K. Visscher y S. Camazine 1999. "Mass envenomations by honey bees and wasps." *West J Med* 170: 223-227.
- Vetter, R. S., S. Camazine y P. K. Visscher 2000. "Multiple bee and wasp matings: what you need to know." *Ann Emerg Med*: 63-70.

- Villanueva, R. 2002. "Polliniferous plants and foraging strategies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in the Yucatan Peninsula, Mexico." *Rev Biol Trop* 50: 1035-1044.
- Waser, N. y L. Chittka 1998. "Evolutionary Ecology. Bedazzled by flowers." *Nature* 394: 835-836.
- Waser, N. M., L. Chittka, M. V. Price, N. M. Williams y J. Ollerton 1996. "Generalization in pollination systems, and why it matters." *Ecology* 77: 1043-1069.
- Weick, J. y R. S. Thorn 2002. "Effect of acute sublethal exposure to coumaphos or diazinon on acquisition and discrimination of odor stimuli in the honey bee (Hymenoptera: Apidae)." *J Econ Entomol* 95: 227-236.
- Wright, G. A. y B. H. Smith 2004. "Variation in complex olfactory stimuli and its influence on odour recognition." *Proc R Soc Lond B* 271: 147-152.
- Yumoto, T. 2000. "Bird-pollination of three *Durio* species (Bombacaceae) in a tropical rainforest in Sarawak, Malaysia." *Am J Bot* 87: 1181-1188.

**Artículo 1. Periodos de polinización del melón con *Apis mellifera*  
(Hymenoptera: Apidae) en la Comarca Lagunera**

Artículo enviado a la revista Folia Entomológica Mexicana el 28 de marzo del 2005

Fecha de recepción 14 de abril del 2005 número clave Manuscrito N°2005-011

(ver Apéndice, Anexo 1. Carta de recepción de la revista Folia Entomológica Mexicana)

Jose Luis Reyes-Carrillo<sup>1</sup>, Pedro Cano-Rios<sup>2</sup> and Urbano Nava-Camberos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Carr. Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila jlreyes54@yahoo.com.mx, <sup>2</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Apartado Postal 247, 27000 Torreón, Coahuila, México.

La mención de marcas registradas o nombres de productos comerciales en este artículo representan solamente información específica y no implican recomendación alguna por parte de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, U.L o el INIFAP.

**Periodos de polinización del melón con *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en la Comarca Lagunera**

**Resumen**

La presente investigación se realizó en la Comarca Lagunera, región que se encuentra situada en el suroeste de estado de Coahuila y en el noreste del estado de Durango en el norte de México, con el propósito de dar respuesta a las interrogantes de cuando introducir y cuando retirar las abejas para polinizar melón. Se utilizaron los híbridos Gold Rush (2001) y Cruiser (2002). Las fechas de siembra fueron en el 18 de abril para 2001 y el 26 de abril para 2002. Se usaron cuatro colmenas por hectárea para la polinización. En ambos años se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados, en 2001 se estudiaron nueve tratamientos: En los tratamientos 1, 2, 3, 4, y 5 la polinización empezó a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> y 5<sup>a</sup> semana de floración, respectivamente. Los tratamientos 6-9 fueron como sigue: tratamiento 6= polinización la 1<sup>a</sup> semana de floración y cubrimiento con Agribon® el resto del período de floración, y sucesivamente, así al tratamiento 9 se polinizó a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, y 4<sup>a</sup> semana de floración y cubierta con la malla Agribon® el resto del período. En 2002 fue agregado un décimo tratamiento que consistió en cubrir todo el período de floración. Los resultados indican una relación cuadrática significativa entre los primeros cinco tratamientos y el rendimiento comercial con un coeficiente de determinación de 92.5%. Este modelo cuadrático mostró que cuando la polinización empezó al principio de la floración el rendimiento puede alcanzar alrededor de 44.3 ton/ha y que se perderían 3.17 ton/ha por cada día de retraso en la polinización. También se encontró una relación cuadrática significativa entre el primer tratamiento + los últimos tratamientos (6-10) con el rendimiento comercial, con un coeficiente de determinación de 82.13%. El tratamiento cubierto todo el período de floración no

produjo ningún fruto. Estos datos indican que las colmenas polinizadoras deben permanecer en el campo de melón un tiempo no mayor de 28 días.

**Palabras Clave:** *Cucumis melo*, polinizadores, Agribon®

### **Pollination periods of muskmelon with *Apis Mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in the Comarca Lagunera region**

#### **Abstract**

This research was carried out in the Comarca Lagunera region, which is located at southwest of Coahuila state and northeast of Durango state, in order to answer the questions of when to introduce the beehives to the muskmelon fields and when to take them out. Muskmelon hybrids Gold Rush (2001) and Cruiser (2002) were used in this study. Planting dates were in April 18 in 2001 and April 26 in 2002. Four beehives per ha were used for pollination purposes. In 2001 nine treatments were studied: In treatments 1, 2, 3, 4, and 5 bee pollination began as followed: 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> week of blooming, respectively. For treatments 6-9, bee pollination was as followed: 6= bee pollination the 1<sup>st</sup> week and then covered with Agribon® net the rest of the blooming period, therefore, treatment 9 was pollinated during the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, and 4<sup>th</sup> week of blooming and then covered with Agribon® the rest of the blooming period. In 2002 a 10<sup>th</sup> treatment was added, which was covered all the blooming period. A significant quadratic relationship was found between the first five treatments and commercial yield with a determination coefficient of 92.5%. This quadratic model showed that when pollination began at the beginning of blooming the yield might be about 44.3 ton/ha and 3.17 ton/ha may be lost for each day in bee pollination delay. It was also found a significant quadratic relationship between the first treatment + the last treatments (6-10) and commercial yield with a determination coefficient of

82.13%. The treatment covered all the flowering period did not yield any fruit. This data indicates that beehives should remain in the muskmelon field no more than 28 days.

Keywords: *Cucumis melo*, pollinators, Agribon®

---

### **Introducción**

En la República Mexicana, el melón (*Cucumis melo* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia ya que la superficie ocupada por este cultivo a nivel nacional fue en promedio del año 1991 al 2002 de 33,387 hectáreas con una media nacional de 15.8 toneladas por hectárea. Se siembra en 14 estados de nuestro país en donde destacan por superficie Sonora, Michoacán, Coahuila, Colima y Durango. El melón es un cultivo de gran importancia tanto como generador de divisas como por ser un cultivo intensivo en mano de obra que genera empleos en cada uno de los estados en que se produce (SAGARPA, 2005a).

El melón es el cultivo de mayor importancia social y económica de el ciclo agrícola de primavera-verano en la Comarca Lagunera (Durango y Coahuila) y el tercer lugar de producción a nivel nacional que abastece en gran medida la demanda del país durante éstas estaciones (SAGARPA, 2005b; García, 2004).

Dentro del total de factores que integran un sistema de producción de melón, el uso de agentes polinizadores es el de mayor importancia, considerando las características florales de esta especie hortícola y el bajo aprovechamiento que los agricultores hacen de este recurso (Cano-Ríos *et al.*, 2000).

En la Comarca Lagunera, el melón presenta diferentes problemas para su producción, pero destaca el poco o nulo uso de agentes polinizadores para asegurar un volumen económico de cosecha dado que las flores del melón son

atractivas como fuente de alimento por su néctar y polen y la abeja puede trasladar el polen de las estructuras reproductivas (DeLaplane, K. S. y D. F. Mayer 2004). La región presenta condiciones favorables para el desarrollo y producción del cultivo por sus temperaturas durante la época de crecimiento (Baker y Ready, 2001).

Los cultivares e híbridos actuales de melón poseen flores estaminadas y flores hermafroditas en la misma planta, pero a pesar de que existe compatibilidad entre ellas no es posible la autofecundación dado que el polen del melón es pesado y pegajoso y solo puede ser trasladado por insectos. Al aislar flores de melón del alcance de los insectos con capuchones de malla se encontró que no existió producción de frutos (Reyes et al., 1982).

También el número de visitas a la flor tiene efecto sobre el rendimiento y calidad del fruto, entre mayor sea el número de visitas mayor será el número de semillas. Dado que la semilla produce las hormonas del crecimiento del fruto al menos se deben obtener 400 semillas para que el melón tenga aceptación comercial (McGregor, 1976).

Sabori-Palma *et al.* (1998) señalan que para lograr una buena polinización se requieren al menos cuatro puntos básicos:- 1) Realizar las aplicaciones de plaguicidas durante la noche para evitar daños a las abejas, 2) Colocar las abejas al inicio de la floración masculina, o ligeramente antes de la floración femenina. No es recomendable colocarlas con demasiada anticipación, ya que si no existe floración buscarán otros cultivos para mantenerse y cuando se necesiten será difícil regresarlas, 3) Colocar los cajones en sentido favorable a las corrientes de aire, para que a las abejas les sirva de ayuda en el vuelo y 4) Colocar los cajones en una ubicación opuesta a la fuente de abastecimiento de agua con respecto al melón, para forzarlas a sobrevolar el cultivo.

Lo anterior es una clara simplificación de un manejo eficiente para polinizar el cultivo del melón, un tratado mucho más completo se encuentra en los trabajos publicados por McGregor (1976) y Reyes-Carrillo y Cano-Ríos (2002), sin embargo aún en esos trabajos no se precisa cuanto se pierde en producción y calidad de fruto por una introducción tardía de las abejas y actualmente se desconoce de cuando se deban retirar las abejas de las áreas de cultivo de melón.

Con el propósito de dar respuesta a las interrogantes anteriores se realizaron dos experimentos con el melón (*Cucumis melo* L.) con diferentes periodos de polinización con abejas melíferas (*Apis mellifera* L.)

### **Materiales y métodos**

La presente investigación se realizó en el Campo Experimental La Laguna del INIFAP en Matamoros, Coahuila localizado en el meridiano 103° 14' de longitud oeste, y el paralelo 25° 31' de latitud norte enclavado en La Comarca Lagunera la cual tiene una precipitación pluvial promedio de 235 mm al año, una altura sobre el nivel del mar de 1,139 y una temperatura media anual de 18.6°C (Schmidt, 1989).

Ubicación de los trabajos. Los experimentos se establecieron en terrenos del Campo Agrícola Experimental durante el ciclo primavera verano de 2001 y 2002. A nivel campo los trabajos realizados fueron: preparación del terreno que consistió en barbecho, rastreo cruzado y nivelación. Las camas fueron de 1.80 de ancho, sembrando una hilera de plantas al centro de la cama, espaciadas cada 20 cm, de acuerdo a lo descrito por Cano-Ríos (1992). Los híbridos utilizados para la siembras fueron Cruiser para 2002 y Gold Rush para 2001. Las siembras se realizaron el 18 de abril y el 26 de abril para 2001 y 2002, respectivamente. El



cultivo se dejó a libre crecimiento vegetativo en los dos años. Los surcos fueron acolchados con plástico negro y fertirrigación por medio de cintilla. Para el suministro de insectos polinizadores, se colocaron cuatro colmenas de abejas tamaño Jumbo con una reina comercial nueva y estandarizadas a ca 24,000 obreras, población que se consideró suficiente para realizar una correcta polinización (Delaplane, 1994; Eischen y Underwood, 1991; Hodges y Baxendale, 1995; Hughes *et al.*, 1982 ), los diferentes tratamientos fueron cubiertos con la malla Agribon<sup>®</sup>, para aislar el cultivo de la acción de los polinizadores. Previamente se aplicaron los agroquímicos Mitac 20 CE y Endosulfán 35 (1.5 l/ha) en cada uno de los tratamientos para el control de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) y otros homópteros.

Tratamientos y diseño experimental. Los tratamientos de períodos de polinización para el experimento de 2001 fueron los siguientes:

Polinización a partir de la primera semana de floración (Testigo, sin cubrir).

Polinización a partir de la segunda semana de floración.

Polinización a partir de la tercera semana de floración.

Polinización a partir de la cuarta semana de floración.

Polinización a partir de la quinta semana de floración.

Polinización la primera semana y cubierto con Agribon<sup>®</sup> en las siguientes semanas.

Polinización hasta la segunda semana y cubierto con Agribon<sup>®</sup> en las siguientes semanas.

Polinización hasta la tercer semana y cubierto con Agribon<sup>®</sup> en las siguientes semanas.

Polinización hasta la cuarta semana y cubierto con Agribon<sup>®</sup> en las siguientes semanas.

Para el experimento del 2002 se agregó un décimo tratamiento, el cual permaneció cubierto con la malla Agribon® todo el período de floración.

El diseño experimental en los dos experimentos fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela útil para la toma de datos fue una cama de 10 m de largo por 1.8 m de ancho para el experimento del 2001, mientras que el experimento del 2002 tuvo una parcela útil de ocho m de largo por 1.8 m de ancho.

Variables evaluadas. Dentro de cada parcela útil se evaluó el rendimiento "exportación" (frutos con menos del 5% de manchado exterior), el rendimiento nacional (con un manchado en la cáscara mayor de 5% y menor del 15% o con cierta deformidad) "rezaga" o desecho (frutos manchados o dañados con más del 15%). Se determinó el tamaño de frutos en la categoría comercial de 9, 12, 15, 18, 23 y 30 frutos por reja de 30 kilogramos. Se estimó el rendimiento comercial, el cual es igual a la suma del rendimiento exportación más nacional. Durante el 2002 únicamente se estimó el rendimiento comercial.

Análisis de los datos. Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y técnicas de regresión para detectar diferencias significativas entre tratamientos (Steel y Torrie 1960 ). Se utilizó el paquete estadístico SAS para efectuar estos análisis.

### **Resultados y discusión**

Experimento 2001. El retraso en el inicio de polinización y por lo tanto, en la polinización oportuna de este cultivo afecta severamente la calidad de los frutos, especialmente la calidad tipo exportación dado que se redujo de un 41.1% que se observó en la primera semana de floración a 7.9%. En la quinta semana no se detectó diferencia significativa entre la primera y segunda semana de floración.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del efecto de la polinización en la calidad de la fruta.

Cuadro 1. Efecto del inicio de la polinización por abejas en la calidad de la cosecha del melón. CELALA, 2005.

Inicio de Polinización (Semana de floración)	% de Rendimiento por Categoría		
	Rezaga	Nacional	Exportación
1	25.7	33.2	41.1
2	24.9	30.0	45.1
3	35.3	26.0	38.7
4	38.0	33.1	28.9
5	63.7	28.3	7.9

El retraso en el inicio de la polinización también causó un retraso en la cosecha, observándose más marcada diferencia cuando la polinización se inició de la tercera semana en adelante, por ejemplo, para octubre 13, mientras que en las semanas primera y segunda se habían cosechado el 38.9 y el 31.6%, respectivamente, para la semanas tercera, cuarta y quinta se habían cosechado el 7.5, 0.8 y 0%, respectivamente(Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto del inicio de la polinización por abejas en el retraso de la cosecha del melón. CELALA, 2005.

Inicio de polinización (semana de floración)	% de Rendimiento por Fecha de Cosecha					
	Oct. 7	Oct. 11	Oct. 13	Oct. 18	Oct. 25	Nov. 1
1	9.7	30.2	38.9	68.3	88.6	100
2	12.8	23.6	31.6	61.2	79.7	100
3	0.8	1.9	7.5	34.3	75.8	100
4	0.4	0.8	0.8	12.0	57.2	100
5	0	0	0	0	0	100

Las Figuras 2 y 3 muestran que el retraso en el inicio de la polinización afecta la calidad de los frutos cosechados. El número y peso de frutos de categorías de tamaño más grande (9, 12 y 15 ) se redujeron severamente cuando el inicio de la polinización ocurrió más tardíamente. Lo anterior se debe a que para la obtención de un fruto comercial de melón se necesitaría que varios cientos de granos de polen se depositen en el estigma de cada flor hermafrodita. Similares efectos se han observado en la producción de otras cucurbitáceas como pepino y melón polinizados por las abejas y abejorros (Stanghellini et al., 1997.)

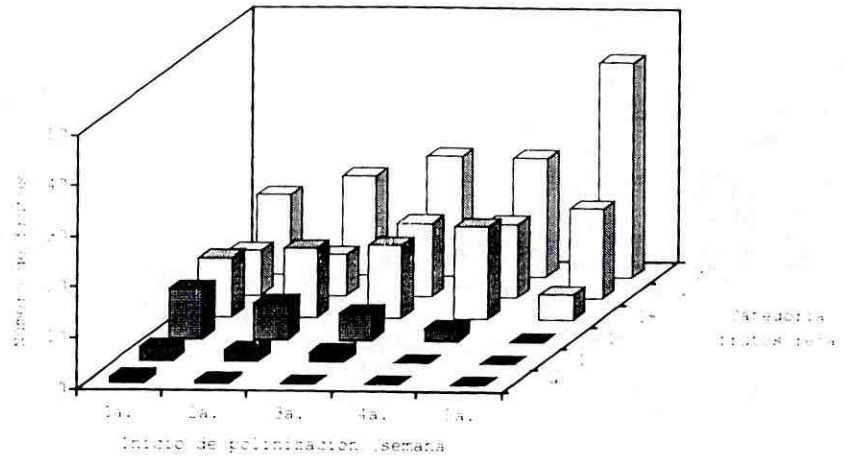


Figura 2. Efecto del inicio de la polinización en el número de frutos por parcela experimental de diferentes categorías de empaque. CELALA, 2005.

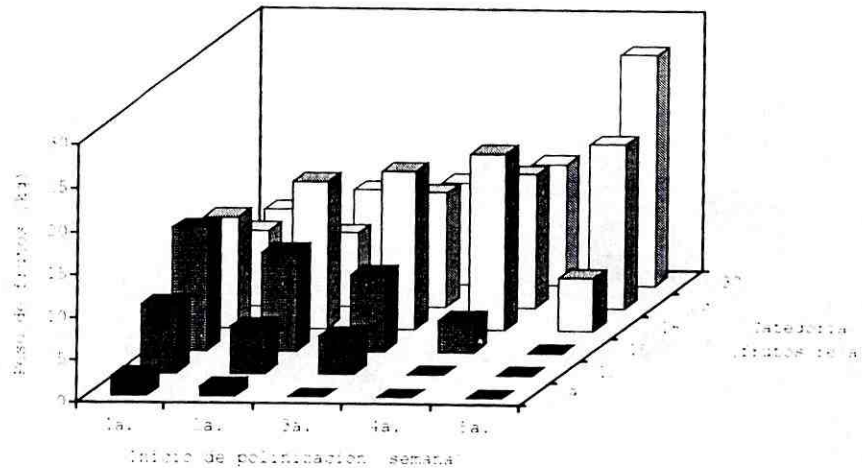


Figura 3. Efecto del inicio de la polinización en el peso de frutos por parcela experimental de diferentes categorías de empaque. CELALA, 2005.

Delaplane (2004) señala que si la polinización en melón resulta insuficiente, se obtienen frutos con menos semillas y en consecuencia, deformes o de menor tamaño. Similares resultados a este trabajo fueron encontrados por Eischen *et al.* (1994) quienes en una investigación realizada en Weslaco, Texas durante 1992 y

1993 con tratamientos de retraso en la polinización del melón (0, 6 y 12 días de retraso) encontraron que los híbridos Cruiser y Explorer produjeron frutos más pequeños cuando la polinización fue retrasada 12 días, sin embargo no encontraron efectos negativos cuando la polinización se retrasó seis días. En pepino, Gingras *et al.* en 1999 encontraron que en las flores que produjeron fruto se encontró una asociación entre un mayor número de visitas de las abejas y mayor tiempo acumulado de las visitas con la calidad comercial. El peso del fruto y las características relacionadas con la forma, como el diámetro ecuatorial y longitudinal están relacionados con la visita por insectos a la flor, dado que las flores con mayor número de visitas y el tiempo acumulado de visita mayor tienen también los mayores rendimientos (Gingras *et al.* 1999; McGregor 1976; Klein *et al.* 2003).

Rendimiento comercial 2001 y 2002. Los análisis de varianza practicados en los datos obtenidos durante 2001 y 2002 para la variable rendimiento comercial detectaron diferencias altamente significativas para los periodos de polinización estudiados. Considerando que se observaba una asociación entre los inicios de polinización y el rendimiento se sometieron los datos a análisis de regresión. Utilizando los tratamientos iniciales (1,2,3,4,5) se encontró una respuesta cuadrática significativa entre dichos tratamientos y el rendimiento comercial, con un coeficiente de determinación de 92.3%, el cual es estadísticamente aceptable (Figura 4). El modelo cuadrático indica que iniciar la polinización cuando se presentan las primeras flores hermafroditas, es decir con cero días de retraso en polinización se tendrá un rendimiento comercial de 44.5 ton/ha y se perderían 3.17 ton/ha por cada día de dilación en polinización.

Lo anterior implica que se perderían 22.19 ton/ha si se inicia la polinización a los 7 días de empezada la floración hermafrodita, esto en completa ausencia de polinizadores. Dado que se requieren varias visitas del polinizador a la flor, los productores necesitan proveer los polinizadores adecuados para alcanzar el nivel de carga en el momento requerido, ya que bajo ciertas condiciones la ventaja numérica de las abejas es reducida por la presencia de otras flores que atraigan a las abejas y las alejen del cultivo (Dogterom *et al.*, 2000).

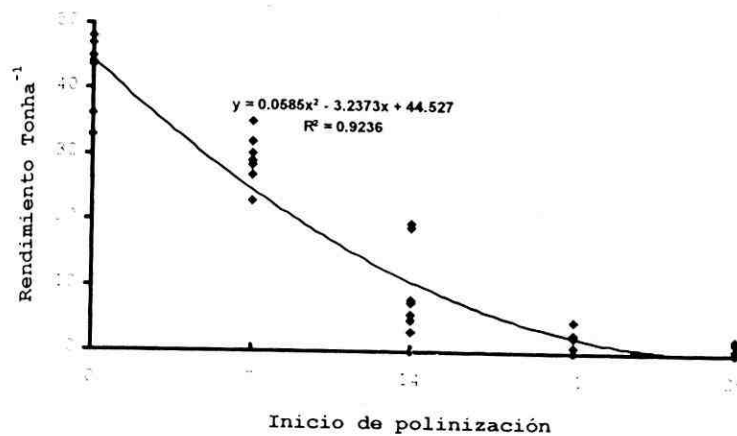


Figura 4. Relación entre el inicio de la polinización y el rendimiento comercial de melón, en los experimentos del 2001 y 2002. CELALA, 2005.

Para responder la pregunta ¿Cuanto tiempo se deben dejar las abejas en los terrenos de cultivo?, se utilizaron los tratamientos 1, 6, 7, 8, 9 y 10 en el experimento 2. El análisis de regresión detectó una tendencia cuadrática significativa para la relación días de permanencia de las abejas polinizando al cultivo y el rendimiento comercial de melón con un coeficiente de determinación de 82.13%, el cual es aceptable estadísticamente para efectos de predicción (Figura 5).

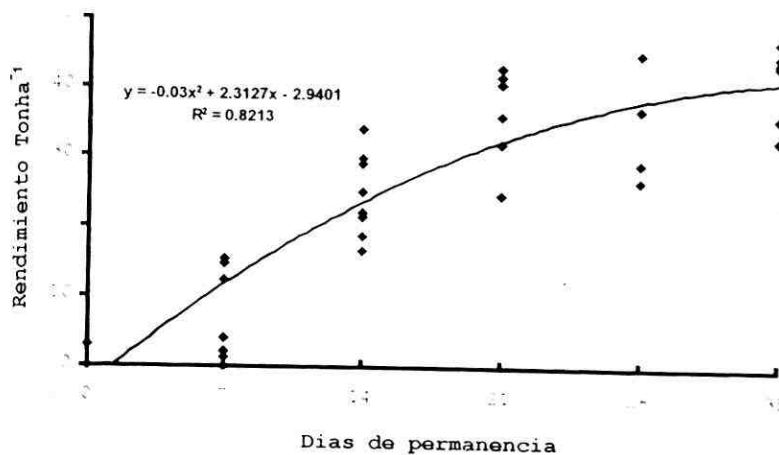


Figura 5. Relación entre los días de permanencia de las abejas en el cultivo y el rendimiento comercial de melón en los experimentos del 2001 y 2002. CELALA, 2005.

El modelo cuadrático indica que a los 28 días de permanencia de las abejas en el cultivo se tiene un rendimiento de 38.3 ton / ha, mientras que a los 35 días se tiene un rendimiento de 41.25 ton/ha. La diferencia estadística entre ambos tratamientos no es significativa, es decir, que desde el punto de vista de rendimiento, las abejas se pueden retirar alrededor de los 28 días después de haber aparecido las primeras flores hermafroditas. El tratamiento 10, que se mantuvo cubierto durante todo el periodo de floración no produjo fruto alguno. Este efecto en rendimiento es bien conocido en frutales y cultivos que son visitados por las abejas durante la floración (Klein *et al.*, 2003; McGregor 1976) y cultivos forrajeros polinizados para producir semilla (Levin 1959.).



Por otro lado, Rush *et al.* (1995) encontraron que en la polinización de *Raphanus raphanistrum* la remoción del polen de la flor por las abejas se relaciona positiva y linealmente con el número de visitas de abejas melíferas polinizadoras.

Será necesario en futuros trabajos determinar otras incógnitas que se generan con los resultados obtenidos, como son: la distribución de las abejas en el campo y su relación con la producción de melón, el patrón temporal y espacial en el cultivo y el número de colmenas a colocar por hectárea para optimizar la polinización.

### **Conclusiones**

Los anteriores resultados permiten establecer las siguientes conclusiones:

- 1.- El retraso en el inicio de la polinización causa un efecto significativo en la calidad de fruta, especialmente una fuerte reducción en la proporción de fruta del tipo "exportación", también se observó un significativo retraso en la época de cosecha.
- 2.- Se tiene un significativo decremento en el peso y el tamaño del fruto cuando se retrasa el inicio de la polinización con abejas.
- 3.- Existe una relación cuadrática significativa entre el inicio de polinización y el rendimiento comercial, de acuerdo al modelo matemático se pierden 3.17 ton/ ha por cada día de retraso en el inicio de la polinización.
- 4.- La relación entre rendimiento comercial y la permanencia de las abejas polinizando al cultivo presentó una tendencia cuadrática significativa. La permanencia las colonias de abejas alrededor de 28 días después de haber aparecido las flores hermafroditas es suficiente para lograr un rendimiento superior a las 38.3 ton /ha.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen a Fundación Produce Coahuila, A. C. por el financiamiento otorgado a este proyecto y al estudiante de Agronomía de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna Juan Carlos Zapata Rodríguez por su asistencia en el trabajo de campo.

### **Literatura citada**

- Baker, J. T. y V. R. Reddy 2001. "Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon." *Annals of Botany* 87: 605-613.
- Cano-Ríos, P. 1992. Nuevo sistema melonero para la Comarca Lagunera. *Revista de Hortalizas, Frutas y Flores*. Dic. 1992. pp. 19-24
- Cano-Ríos, P., U. Nava-Camberos y J. L. Reyes-Carrillo. 2000. La polinización de las cucurbitáceas por la abeja melífera. Memorias del 7º Congreso Internacional de Actualización Apícola. Veracruz, Ver. México. pp. 38-55.
- Delaplane, K. S. 1994. Bee pollination of Georgia. Crop plants. *University of Georgia*. College of Agricultural and Environmental Science. Cooperative Extension Service Bulletin 1106. pp. 37.
- DeLaplane, K. S. y D. F. Mayer 2004. "Crop pollination by bees." *University Press Cambridge*, U.K.
- Dogterom, M. H., M. L. Winston y A. Mukai. 2000. Effect of pollen load size and source (self, outcross) on seed and fruit production in high-bush blueberry cv. "Bluecrop" (*Vaccinium corinbosum*, Ericaceae). *American Journal of Botany*, 87(11) 1584-1591.
- Eischen, F. A. y B. A. Underwood. 1991. Cantaloupe pollination trials in the lower Rio Grande valley. *American Bee Journal*, 131(12): 775.

- Eischen, F. A., B. A. Underwood y A. M. Collins. 1994. The effect of delaying pollination on cantaloupe production. *Journal of Apicultural Research*, 33(3):180-184.
- García N, E. 2004.(en línea) El manejo del agua en La Laguna. Cuarto Foro Mundial del Agua.(<http://www.bancomundial.org/cuartofoforo/text/D-CASO-RecursosNaturales.pdf>) (recuperado 12 de enero de 2005)
- Gingras, D., J. Gingras y D. De Oliveira, 1999. Visits of honeybees (Hymenoptera: Apidae) and their effects on cucumber yields in the field. *Horticultural Entomology*, 92(2): p. 435-438.
- Hodges, L. y Y F. Baxendale. 1995. Bee pollination of cucurbit crops. University of Nebraska-Lincoln. Cooperative Extension. *Institute of Agriculture and Natural Resources*. Bulletin NF91-5D. pp. 2.
- Hughes, G. R., K. A. Sorensen y J. T. Ambrose. 1982. Pollination in vine crops, *North Carolina Agric. Ext. Svc.*, AG-84.
- Klein, A.M., I. Steffan-Dewenter y T. Tschardt, 2003. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany*, 90(1) 153-157.
- Labandeira, C. C., 1998. How old is the flower and the fly? *Science*. 280(5360) 57-59.
- Levin, M. D. 1959. Distribution patterns of young and experienced honey bees foraging on alfalfa. *Journal of Economical Entomology*, 52: 969-971.
- McGregor, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. *USDA, Agricultural Handbook* 496:1-411. U.S. Government Printing office, Washington, D.C.
- Podoler, H., I. Galon y S. Gazit. 1985. The effect of *Atemoya* flowers on their pollinators: *Nitidulid* beetles. *Acta Ecológica*, 6(3) 251-258.

- Rush, S., J. Conner y P. Jenetten. 1995. The effects of natural variation in pollinator visitation on rates of pollen removal in wild radish, *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, 82(12) 1522-1526.
- Reyes-Carrillo, J. L., Ma. T. Valdéz-Perezgasga y D. Ma. Villa-Carrera. 1982. La polinización por abejas (*Apis mellifera* L) en el cultivo del melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera. *ALCA*, 17(1) 17-28.
- Reyes-Carrillo, J. L. y P. Cano-Ríos. 2002. Manual de Polinización Apícola. Programa Nacional para el Control de la abeja africana PNCAA -Instituto Interamericano para la Cooperación Agrícola (IICA). Manual N° 7.
- Sabori-Palma, R., J. Grageda-Grageda., M. Chávez-Cajigas y A. A. Fu-Castillo. 1998. Guía para la producción de cucurbitáceas en la Costa de Hermosillo. *Folleto Técnico 16, INIFAP-CIRNO-CECH*. ISSN-1405-597X.
- SAGARPA, 2005a (en línea). Melón. II. Producción nacional. Superficie sembrada. Volumen de producción. (<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/modelos/Cadenas/melon/prodnal.pdf>) (recuperado 12 de enero de 2005)
- SAGARPA, 2005b. (en línea). Análisis del melón. (<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/InfoMer/analisis/anmelon.html>) (recuperado 12 de enero de 2005)
- Schmidt , R. H., 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *Journal of Arid Environment*, 16: 241-256.
- Stanghellini, M. S., J. T. Ambrose y J. R. Schultheis 1997. The effects of honey bee and bumble bee pollination on fruit set and abortion of cucumber and watermelon. *American Bee Journal* 137: 386-391.

Steel, R. G. D. y J. H. Torrie 1960. "Principles and procedures of statistics."

*McGraw-Hill Book Company, Inc.* New York, U.S.A.

**Artículo 2. Effect of apiary distance on cantaloupe (*Cucumis melo* L.) yield and fruit quality**

Artículo enviado a la revista Folia Entomológica Mexicana el 20 de mayo del 2005

Fecha de recepción 9 de junio del 2005 número clave Manuscrito N°2005-15

(ver Apéndice, Anexo 2. Carta de recepción de la revista Folia Entomológica Mexicana)

by

Jose Luis Reyes-Carrillo<sup>1</sup>, Pedro Cano-Rios<sup>2</sup>, Frank A. Eischen<sup>2</sup>, Rafael Rodríguez-Martínez<sup>1</sup> and Urbano Nava-Camberos<sup>3</sup>

Mention of trade names or commercial products in this article is solely for the purpose of providing specific information and does not imply recommendation or endorsement by the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, U.L or the U.S. Department of Agriculture.

## Effect of apiary distance on cantaloupe (*Cucumis melo* L.) yield and fruit quality

### Abstract

In order to evaluate the effect of the apiary distance in muskmelon (*Cucumis melo* L.) yield and fruit quality was carried out this trial in the Comarca Lagunera located in northern México in the spring and summer of 2002 in a commercial six-ha hybrid Cruiser cantaloupe crop and 18 beehives Jumbo size with Italian bees (*Apis mellifera ligustica* L.), a new commercial queen bee and standardized to ca 24,000 workers. Colonies were uniformly distributed adjacent to the field. In four randomly-selected rows of 105 m long were marked 10 m transects at 25, 50, 75 and 100 m distances from the apiary. In each transect in the crop, it was determined the distance of the vine crown to the fruits, the number, longitudinal diameter, equatorial circumference, weight and juice % Brix of cantaloupe fruit. The number of melons per plant and average weight were not statistically different; similar results were found with melon weight, equatorial circumference, and longitudinal diameter relative to the distance of the vine crown to the fruit. The dissolved solids in juice (% Brix) were slightly lower at shorter distances from the bee colonies ( $P \leq 0.05$ ). Since, not significant differences were found on the evaluated yield variables, we concluded that pollination was carried out uniformly at the studied distances.

**Key words:** Muskmelon pollination, pollinator, honey bee , *Apis mellifera*.

## **Efecto de la distancia del apiario sobre el rendimiento y calidad de fruta del melón (*Cucumis melo* L.)**

### **Resumen**

Para evaluar el efecto de la distancia del apiario sobre el rendimiento y la calidad de fruta en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) se llevó a cabo este experimento en la Comarca Lagunera, México, durante la primavera y verano de 2002, en un lote comercial de seis hectáreas del híbrido Cruiser y 18 colmenas tamaño Jumbo con abejas italianas (*Apis mellifera ligustica* L.), una nueva abeja reina comercial y estandarizadas a ca 24,000 obreras. Las colonias fueron uniformemente distribuidas adyacentes al campo de cultivo. En cuatro surcos de 105 m de longitud, seleccionados al azar fueron marcados transectos de 10 m a 25, 50, 75 y 100 m de distancia del apiario. En cada transecto en el cultivo se determinó la distancia de la corona de la planta al fruto, el número, diámetro longitudinal, circunferencia ecuatorial, peso y sólidos solubles de la pulpa del melón. Los resultados encontrados para las variables número de melones por planta y peso promedio no mostraron diferencia estadística; resultados similares se encontraron para el peso del melón, circunferencia ecuatorial, diámetro longitudinal y distancia de la corona de la planta al fruto. Los sólidos disueltos del jugo (°Brix) fueron ligeramente mas bajos a las distancias más cortas del apiario ( $P \leq 0.05$ ). Dado que ninguna diferencia significativa se encontró en los componentes de rendimiento y de calidad de fruta evaluadas se puede concluir que la polinización se llevó acabo uniformemente a las distancias estudiadas.

**Palabras clave:** melón, polinización, polinizador, abeja melífera , *Apis mellifera*



## Introduction

A plant's pollination performance is largely determined by three factors: (i) the number of pollinators that visit the plant (ii) the number of flowers each pollinator probes during its visit to the plant and (iii) the effectiveness of the pollinator in transferring appropriate pollen to each flower (Cresswell, 1999). Plants imported into a new environment by humans may be especially in disadvantage in this regard, as they have not co-evolved with the local pollinators. Even if a local pollinator is attracted to the flowers, it may not be physically suitable to be an effective pollinator. On the other hand, pollinators that may have the appropriate characteristics for pollination (by chance) may not be successfully attracted to the plants (Dudareva y Pichersky, 2000). Flower-visitors have search strategies that may be determined either by innate preferences for one distinct set of floral signals, or by modifiable learned preferences dependent on experience and reward (Pelz *et al.*, 1997; Kearns *et al.*, 1998; Lunau, 2004). Flowers that produced fruits were associated with higher numbers of visits and higher cumulative durations of these visits by honey bees (Gingras *et al.*, 1999).

In 1990, with the arrival of Africanized bees in Texas a new period of honey bee colonization began (Pinto *et al.*, 2003). In Mexico, Africanized bees arrived from south America in the southern state of Chiapas (Fierro *et al.*, 1988). One method of reducing the impact of Africanized honey bees that are available by making the target crops more attractive to honey bees (Ambrose *et al.*, 1995), and to locate the colonies nearby the crop, since is well known that the foraging pollinator choose the flowers according the reward and energy waste (Levin, 1959; Lee, 1961; Waser *et al.*, 1996) and more recently attractiveness related to floral scents, nectar production and color (Briscoe y Chittka, 2001; Varassini *et al.*, 2001). In the Comarca Lagunera region, Mexico irrigation and weed control are

hand labor activities that the africanization risk does not allow to place the beehives into the crop, and growers only permit the apiary to be located in the nearby to prevent problems related to the presence of bees pollinating the crop.

Since in this region it is not known the effect of the apiary distance in yield and fruit quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.), the purpose of this field study was to evaluate crop production and fruit quality at different distances from the apiary, when pollinated by honeybees (*Apis mellifera ligustica* L.).

### **Materials and method**

This research was carried out during the spring and summer of 2002, in a commercial six-ha hybrid Cruiser muskmelon crop, which was located near the Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila (103° 14' west longitude, and 25° 31' north latitude) within the Comarca Lagunera region, Mexico. This region has a 235 mm mean annual rainfall, an altitude of 1139 m above sea level and 18.6°C annual mean temperature (Schmidt 1989). In order to pollinate the crop eighteen beehives Jumbo size with Italian honey bees (*Apis mellifera ligustica* L.) a new queen (Miel de La Laguna® queen breeder), and each colony equalized to ca 24,000 workers. Colonies were uniformly distributed adjacent to the field. In four randomly-selected rows of 105 m were marked 10 m transects at 25, 50,75 and 100 m from the apiary. In each transect in the crop, it was determined the distance of the vine crown to the fruits, the number, longitudinal diameter, equatorial circumference, weight and juice % Brix (refractometer model 33074, Kikuchi-Tokyo) of cantaloupe fruit.

Data were examined with analysis of variance and linear regression, assuming the apiary distance as independent variable (Steel y Torrie, 1960) Differences were evaluated with the Least Significant Difference test.

## Results

The characteristics of the cantaloupe crop related to the beehives distances and fruit production are shown in the Table 1. Although we observed a slight tendency to have more fruits per plant at 75 meters from the apiary the mean at the different apiary distances were not significantly different ( $P > 0.05$ ). The  $R^2$  value showed a insignificant relationship between the distance and the cantaloupe number per plant. The mean individual melon weights among treatments were not statistically different ( $P > 0.05$ ; Table 1).

Table 1. Effect of the apiary distance and yield and quality variables in the Cruiser cantaloupe crop. La Laguna, México. 2002.

distance	crown-melon dist	circumf	long	melons/plant	weight
25 m	25.36a	41.10a	20.89a	1.38a	1.41a
50 m	29.12a	39.49a	20.12a	1.52a	1.42a
75 m	38.98a	44.48a	23.04a	2.05a	1.58a
100 m	28.73a	40.82a	20.94a	1.7a	1.72a
r	0.1750	0.0360	0.0640	0.2120	0.2640

means with the same letter are statistically equal ( $P: 0.05$ )

No significant correlation was found between crown to fruit distance and apiary distance ( $r = 0.175$ ,  $n = 44$ ;  $P > 0.05$ ; Table 1). The equatorial circumference and longitudinal diameter related to the distance of the beehives kept similarity ( $P > 0.05$ ; Table 1). In the other hand the dissolved solids in cantaloupe juice expressed as °Brix (Table. 2) had statistical significance ( $P \leq 0.05$ ).

Table 2. Apiary distance and soluble solid percentage in the Cruiser cantaloupe fruit. La Laguna, México 2002.

distance	°Brix
25 m	9.6c
50 m	10.0ab
75 m	10.7ab
100 m	11.2a

means with the same letter are equal (P: 0.05)

## Discussion

Our main challenge in this trial was related to the distance influence of pollinator bee-hives on fruit production and quality muskmelon. Honey bees frequently visit sequentially the flowers of a species, though flight over other available ones, in function of the recompense. This "floral constancy" of foraging behavior have been described in many taxa, mainly honey bees, bumblebees, and butterflies, but also very recently in solitary bees, scarabs, and dipterous (Gegear y Laverty, 1998; Labandeira, 1998; Gegear y Laverty, 2001). A honey bee can fly a considerable distance to collect nectar or pollen, but once there, it will tend to forage in a small area (Levin, 1959), and for this reason we did not observed a difference among the cantaloupe fruit and also because in La Laguna area cantaloupe furrows are not longer than 120 m.

The honey bee exhibits easily manipulated feeding behavior coupled with high fidelity (Meller y Davis, 1996), this can explain their foraging activities in the vicinity of the apiary at the evaluated distances. In our experience, beekeepers and growers try to locate the bee-hives near the target crop to reduce flight time. A longer time spent on foraging reduces their life span (Hrassnigg y Crailsheim, 1998).

The crown to fruit distance and apiary distance is a measure related to the time of pollination and fruit set, and is a powerful tool to estimate the synchrony among blooming plants in pollination and fertilization.

Fruit weight and characteristics related to shape-like equatorial and longitudinal diameter are related to the flower visitation by insects, since flowers that had the greatest number of visits and highest cumulative durations of visits also had the greatest yields (McGregor, 1976; Gingras *et al.*, 1999; Richards, 2001). Cantaloupe flowers are attractive as a food source (McGregor, 1976; Eischen *et al.*, 1994), and the bee can take the pollen to the reproductive flower structures (McGregor, 1976; Eischen *et al.*, 1994; Labandeira, 1998). The rate of pollination is correlated positively with the weight and maximum circumference of cucumbers, but not with fruit length (Gingras *et al.*, 1999). This effect on yield is well known in fruit trees and crops that are frequently visited by bees during flowering (Klein *et al.*, 2003), and forage crops pollinated to produce seed (Levin, 1959).

Sugar percentage in the juice of the cantaloupe fruit was different but this may be more related to the water surplus as longer irrigation time over the rows at lesser distances. Water stress produce higher % Brix in the juice due to dilution effect (Gaudillère *et al.*, 2002). The juice %Brix can change in the muskmelon fruit at different storage stages (Lamikanra *et al.*, 2000), but in this experiment the fruits were harvested at the same time and were analyzed simultaneously in the field crop, thus the differences can be more related to irrigation than pollination by honey bees.

Honeybees may provide the pollination service for many crops and ornamentals competing with other insects for food (Comba *et al.*, 1999) and in this work the presence of honeybee visits to the flowers were important to pollination

and influence both the quality and the quantity of cantaloupe production as were found in cucumbers (Gingras *et al.*, 1999).

## **Conclusion**

Under the research conditions and the data collected, no significant differences were found in the evaluated yield variables, therefore, we concluded that pollination was carry out uniformly at the studied distances. It may be speculate, that at the apiary distances evaluated to the cantaloupe crop the bees are distributed uniformly in the field as shown by the observed uniformity in yield distribution, length of the fruit to the crown vine, cantaloupe weight and size. Unless the unexpected % Brix among the different distances evaluated we can observed a uniform bee induced pollination, but, irrigation and related cultural practices in the crop must be considered in trials to come.

**Acknowledgements:** We thank Fundación Produce Coahuila, A.C. for the financial support and Ing. Rubi Muñoz-Soto from University Biology lab and Agronomy students Lorena Colín,, Pedro Murillo and Aldo Ortega for their technical assistance.

## **References**

- Ambrose, J. T., J. R. Schultheis, S. B. Bambara y W. Mangum 1995. "An evaluation of selected commercial attractants in the pollination of cucumbers and watermelons." *Am Bee J* 134: 267-271.
- Briscoe, A. y D. Chittka 2001. "The evolution of color vision in insects." *Annu Rev Entomol* 46: 471-510.

- Comba, L., S. A. Corbet, A. Barron, A. Bird, S. Collinge, N. Miyazaki y M. Powell 1999. "Garden flowers: insect visits and the floral reward of horticulturally-modified variants." *Ann Bot* 83: 73-86.
- Cresswell, J. E. 1999. "The influence of nectar and pollen availability on pollen transfer by individual flower of oil seed rape (*Brassica napus*) when pollinated by bumblebees (*Bombus lapidarius*)." *J Ecol* 87: 670-677.
- Dudareva, N. y E. Pichersky 2000. "Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents." *Plant Physiol* 122: 627-633.
- Eischen, F., B. A. Underwood y A. Collins 1994. "The effect of delaying pollination on cantaloupe production." *J Apic Res* 33: 180-184.
- Fierro, M. M., M. J. Munoz, A. Lopez, X. Sumuano, H. Salcedo y G. Roblero 1988. "Detection and control of the Africanized bee in coastal Chiapas, Mexico." *Am Bee J* 128: 272-275.
- Gaudillère, J. P., C. Van Leeuwen y N. Ollat 2002. "Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrated indicator of vineyard water status." *J Exp Bot* 53: 757-763.
- Gegear, R. J. y T. M. Laverty 1998. "How many flowers types can bumblebees work at the same time?" *Can J Zool*. 76: 1358-1365
- Gegear, R. J. y T. M. Laverty 2001. "The effect of variation among floral traits on the flower constancy of pollinators." In: Chittka L, Thomson J D. editors. *Cognitive ecology of pollination. Animal behavior and floral evolution*. Cambridge, U.K. Cambridge University Press: 1-20.
- Gingras, D., J. Gingras y D. De Oliveira 1999. "Visits of honeybees (Hymenoptera: Apidae) and their effects on cucumber yields in the field." *Hortic Entomol* 92: 435-438.

- Hrassnigg, N. y K. Crailsheim 1998. "The influence of brood on the pollen consumption of worker bees (*Apis mellifera* L.)." *J Insect Physiol* 44: 393-404.
- Kearns, C. A., D. W. Inouye y N. Waser 1998. "Endangered mutualism: The conservation of plant- pollinator interactions." *Ann Rev Ecol Syst* 29: 83-106.
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter y T. Tschardt 2003. "Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae)." *Am J Botany* 90: 153-157.
- Labandeira, C. C. 1998. "How old is the flower and the fly?" *Science* 280: 57-59.
- Lamikanra, O., J. C. Chen, D. Banks y P. A. Hunter 2000. "Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed cantaloupe." *J Agric Food Chem* 48: 5955-5961.
- Lee, W. R. 1961. "The nonrandom distribution of foraging bees between apiaries." *J Econ Entomol* 52: 928-933.
- Levin, M. D. 1959. "Distribution patterns of young and experienced honey bees foraging on alfalfa." *J Econ Entomol* 52: 969-971.
- Lunau, K. 2004. "Adaptive radiation and coevolution — pollination biology case studies." *Org Divers Evol* 4: 207-224.
- McGregor, S. E. 1976. "Insect pollination of cultivated crop plants." *Agriculture Handbook No. 496*. United States Department of Agriculture Washington, D.C. USA.
- Meller, V. H. y R. L. Davis 1996. "Biochemistry of insect learning: lessons from bees and flies." *Insect Biochem Molec* 26: 327-335.



- Pelz, C., B. Gerber y R. Menzel 1997. "Odorant intensity as a determinant for olfactory conditioning in honeybees: roles in discrimination, overshadowing and memory consolidation." *J Exp Biol*: 837-847.
- Pinto, A. M., J. S. Johnston, W. L. Rubink, R. N. Coulson, J. C. Patton y W. S. Sheppard 2003. "Identification of africanized honey bee (Hymenoptera: Apidae) mitochondrial DNA: validation of a rapid polymerase chain reaction-based assay." *Ann Entomol Soc Am* 96: 679-684.
- Richards, A. J. 2001. "Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield?" *Ann Bot* 88: 165-172.
- Schmidt, R. H. 1989. "The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert." *J Arid Environ* 16: 241-256.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie 1960. "Principles and procedures of statistics." McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, U.S.A.
- Varassini, I. G., J. R. Trigo y M. Sazima 2001. "The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil." *Bot J Linn Soc* 136: 139-152.
- Waser, N. M., L. Chittka, M. V. Price, N. M. Williams y J. Ollerton 1996. "Generalization in pollination systems, and why it matters." *Ecology* 77: 1043-1069.

**Artículo 3. Plant competition for honey bee pollinators during cantaloupe bloom in La Laguna, México**

Artículo enviado a la revista Southwestern Entomologist el 15 de julio 2005

Fecha de recepción 12 de septiembre del 2005

(ver Apéndice, Anexo 3. Carta de recepción de la revista Southwestern Entomologist)

by

Jose Luis Reyes-Carrillo<sup>1</sup>, Frank A. Eischen<sup>2</sup>, Pedro Cano-Rios<sup>3</sup>, Rafael Rodríguez-Martínez<sup>1</sup> and Urbano Nava-Camberos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Carr. Santa Fe y Periférico, cp 27000 Torreón, Coahuila, México phone. 871-7331210  
jlreyes54@yahoo.com.mx, <sup>2</sup>Honey Bee Unit USDA-ARS-SARC 2413 E. Hwy 83  
Weslaco, Texas 78596 USA, <sup>3</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP,  
Matamoros, Coahuila, México.

Mention of trade names or commercial products in this article is solely for the purpose of providing specific information and does not imply recommendation or endorsement by the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, U.L or the U.S. Department of Agriculture

## Abstract

The purposes of this research was to determine 1) the surrounding brush/crop plants visited by honeybees (*Apis mellifera* L.) during cantaloupe (*Cucumis melo* C. Linnaeus) pollination, and 2) those plants which compete for the honeybee pollinators. This work was conducted in La Laguna Region, (states of Coahuila and Durango), Mexico during the spring of 2002. During the first 31 days of cantaloupe bloom a six ha field was pollinated by 18 honey bee colonies, nine of which had a bottom pollen trap. The pollen was collected twice per a week, weighed and frozen. Through the year, anthers of wild and cultivated flowering plant species around the cantaloupe field and in La Laguna Region were collected to preserve the pollen which was identified, using the acetolization technique. Corbicular pollen from the 5<sup>th</sup>, 9<sup>th</sup>, 12<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, 24<sup>th</sup> and 31<sup>th</sup> sampling dates after initiation of staminate bloom was processed and counted. Pollen volume was calculated using the formula  $V=pa^2b$  ("a" = the major axis, "b" = the minor axis and multiplied by the number of pollen grains to get the total volume (V)). Cantaloupe pollen (number of pollen grains) made up 8.7 %, 9.8%, 17.6 %, 9.3 %, 28.1% and 83.5% of the pollen collected on the sample dates, respectively. The percentage of pollen (volume basis) for cantaloupe was: 51.6%, 85.0%, 66.6 %, 84.4 %, 68.9% and 95.0% (respectively). We conclude that cantaloupe was the main pollen source for honeybees. Other pollen from the surrounding plant, .i.e., mesquite (*Prosopis juliflora* A.P. de Candolle), alfalfa (*Medicago sativa* C.Linnaeus), creosote bush (*Larrea tridentata* M.Sessé y Lacasta & Mociño ex A.P. de Candolle) F.Coville, cucumber (*Cucumis sativus* C.Linnaeus), London rocket (*Sysimbrium irio* C.Linnaeus) and sorghum (*Sorghum bicolor* (C.Linnaeus) C.Moench) were supplementary sources

## Introduction

Cantaloupe flowers require visiting bees to transfer pollen for seed set (Gorelick, 2001; Cane, 2002). Flowers that produce fruits had greater yield and quality indirect proportion to higher numbers of visits and cumulative duration of visits by honeybees (*Apis mellifera* L.) (Gingras *et al.*, 1999). Many kinds of insects are found on flowers (Kevan y Baker, 1983) and previous studies have compared the pollination values of different bee species solely by the speed with which they handle flowers and the proportion of visited flowers tripped (Cane, 2002). Native bee communities are important in providing crop pollination services, but temporal fluctuations in these bee populations are highly variable across space and time (Kremen *et al.*, 2002). Insecticides, herbicides and cultural practices have reduced or eliminated the wild population of pollinators (Kearns *et al.*, 1998b) to the point that not enough are available to pollinate commercial crops (DeLaplaine y Mayer, 1996). This is of economic importance, and farmers should therefore consider the crop management enhancement of bee populations as part of their field management (Ricketts *et al.*, 2004). This could be including the reduction of pesticide use and by improving pollen and nectar availability for bees (Klein *et al.*, 2003) can help increase native insect populations.

Scented wild flowers (Dieringer y Cabrera, 2002; Bernhardt *et al.*, 2003), ornamentals (Corbet *et al.*, 2001) and blooming crops (Cane y Schiffhauer, 2003b) with pollen and nectar reward pollinator and helps increase native populations. On the other hand, a study on foraging behavior of commercially kept honeybees in cucumber (*Cucumis melo* C. Linnaeus) and zucchini (*Cucurbita pepo* C. Linnaeus), found that bees collected 40% more pollen from target crops (Pankiw, 2004). Thus, many crops depend of the pollination by honey bees that at the same time the bees are attracted to other flowers.

The purpose of the research was to determine the surrounding brush/crop plants visited by honeybees during cantaloupe pollination, and if other plant species compete for honeybee visitation.

### **Materials and methods**

This work was conducted in La Laguna Region, located in the Mexico states of Coahuila and Durango (101°40' and 104°45' W L and 25°05' y 26°54' N L), during the spring of 2002 (Fig. 1). In the first blooming month (Eischen *et al.*, 1994), a six ha commercial cantaloupe crop, were pollinated by 18 bee colonies that were located adjacent to the field. Every other colony had a modified-Ontario pollen trap (Waller, 1980)). The corbicular pollen was collected twice a week, weighed, and frozen until processed. Through the year, anthers of wild, and cultivated flowering plant species around the cantaloupe crop and in La Laguna Region were collected in order to identify other pollen types anthers were acetolyzed (Kearns y Inouye, 1993; Kapp *et al.*, 2000). Plants were photographed, collected, dried in a plant press and stored in our herbarium (Roubik y Moreno, 1991; Kearns y Inouye, 1993). Pollen was examined with an (microscope) Olympus model BH-2, connected to a TV screen and measured with ocular micrometer at 1000X (using immersion oil). Pollen was photographed at 400X and 1000X with a reflex Minolta SRT 101 camera, Rokkor lens PF 58 mm mounted on a tripod with color slide film (ASA 100). At least two images at different view were taken and scanned into a 3500C HP computer. An aliquot of the corbicular pollen from the 5<sup>th</sup>, 9<sup>th</sup>, 12<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, 24<sup>th</sup> and 31<sup>th</sup> sample dates after start of staminate bloom was acetolyzed and , mounted to identify the pollen then pollen was counted at 400X (Jones y Bryant 1998). Pollen volume was calculated with the formula:  $V=pa^2b$ , where "a" is the major axis and "b" the minor axis and multiplied by the number of

pollen grains of that species (Kearns y Inouye, 1993b). In order to normalize the variances of the original data, they were transformed by arcsine of the sample proportion (Ott, 1988). Pollen weight was correlated with the blooming cantaloupe sample day (Steel y Torrie, 1960).

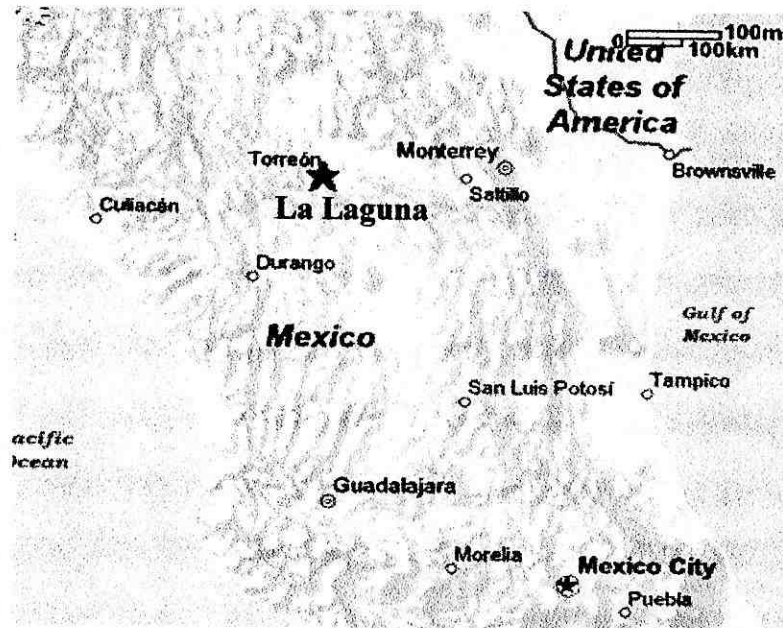


Fig. 1. La Laguna Region in northern Mexico.

### Results and discussion

The corbicular pollen collected by honeybees during the study period showed that alfalfa (*Medicago sativa* C. Linnaeus), and mesquite (*Prosopis juliflora* A. P. de Candolle), were the main pollen types collected during the first three sample dates. On the 20<sup>th</sup> blooming day, creosote (*Larrea tridentata* M. Sessé y Lacasta & Mociño ex A. P. de Candolle F. Coville) reached its highest percentage then declined in the 24<sup>th</sup> sample date set at this time the main pollen numerically came from sorghum (*Sorghum bicolor* (C.Linnaeus) C. Moench). Cantaloupe pollen, numerically had its highest percentage only on the 31<sup>st</sup> day of bloom. Other plant

species, grouped as "other species," showed a low percentage of the total (Table 1).

TABLE 1. Percentage of honeybee corbicular pollen during the first 31 days of cantaloupe bloom ) based on the number of grains

Plant Species	Sample dates after start of staminate cantaloupe bloom						X ± SD
	5 <sup>th</sup>	9 <sup>th</sup>	12 <sup>th</sup>	20 <sup>th</sup>	24 <sup>th</sup>	31 <sup>th</sup>	
Mesquite	64.5	29.3	30.5	-	-		20.7±25.9 <sup>ab*</sup>
Alfalfa	25.4	26.5	45.2	3.2	0.04	0.3	16.7±18.5 <sup>abc</sup>
Cantaloupe	8.7	9.8	17.6	9.3	28.1	83.5	26.1±29.0 <sup>a</sup>
Creosote bush	0.8	8.3	1.6	82.8	23.2	0.6	19.5±32.1 <sup>abc</sup>
Cucumber	0.1	20.2	0.1	0.4	0.3	0.2	3.5±8.1 <sup>c</sup>
London rocket	0.1	2.4	2.9	0.3	0	0.1	0.9±1.3 <sup>c</sup>
Sorghum	-	-	-	-	42.0	12.7	9.1±16.8 <sup>abc</sup>
Other species	0.2	3.4	2.3	4.1	6.3	2.7	3.1±2.0 <sup>bc</sup>
Nospp sample <sup>-1</sup>	7	11	13	17	21	15	

\*Means followed by the same letter are not significantly different (P=.0671, LSD=23.53)

Honeybees responded not only to the flower attributes but also to higher number of flowers and often to bigger inflorescences (Pankiw, 2004). Flowers with a higher nectar content and pollen reward can also receive more visits from pollinators. This sensitiveness to the flower condition plus external factors can alter the flower "fitness" and its competitiveness (Krupnick *et al.*, 1999).

The diameter of creosote and London rocket (*Sysimbrium irio* C.Linnaeus) pollen is very small ( $\leq 20 \mu\text{m}$ ), cucumber is small ( $\leq 30 \mu\text{m}$ ), mesquite and alfalfa are medium ( $\leq 50 \mu\text{m}$ ), and cantaloupe is large ( $\leq 100 \mu\text{m}$ ) (Sawyer, 1981). More than the half of the total pollen collected during the first 31 days of bloom came from cantaloupe. Cantaloupe had the higher pollen percentage varying from 51.55% in the first sample day to higher in subsequent samplings (Table 2). Similar results were found in cucumber and zucchini (Pankiw, 2004).

Honeybees adjust their pollen foraging activity according to the need for pollen within the colony, (Dreller y Tarpy, 2000). Because the honey bee foragers in our study were free to choose among the available species, we suspect that cantaloupe offered the greatest reward for amount effort expended (Lee, 1961; Waser *et al.*, 1996).



TABLE 2. Percentage of honeybee corbicular pollen during the first 31 days of cantaloupe bloom (volumetric basis)

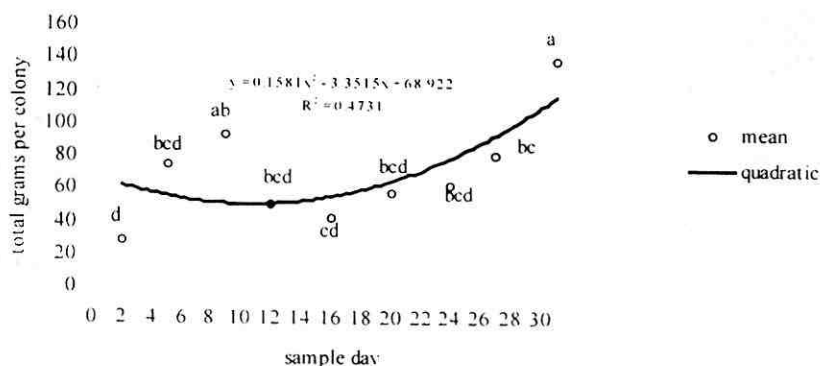
Plant species	Sample dates after start of staminate cantaloupe bloom						
	5 <sup>th</sup>	9 <sup>t</sup>	12 <sup>th</sup>	20 <sup>th</sup>	24 <sup>th</sup>	31 <sup>th</sup>	X± SD
Mesquite	34.8	2.5	10.5	0	0	0	7.9±13.8 <sup>b</sup>
Alfalfa	11.7	1.9	13.3	2.2	0.02	0.02	4.9±6.0 <sup>bcd</sup>
Cantaloupe	51.5	85.0	66.6	84.4	68.9	95.0	75.2±15.8 <sup>a</sup>
Creosote bush <i>L.</i>	0.03	9.2	0.1	8.8	0.5	0.01	3.1±4.6 <sup>bcd</sup>
Cucumber	0.01	0.4	0.01	0.1	0.01	0	0.1±0.2 <sup>d</sup>
London rocket	0.1	0.01	0.1	0.02	0	0	0.1±0.1 <sup>cd</sup>
Sorghum	0.1	0	0	0	26.8	3.7	5.1±10.7 <sup>bc</sup>
Other species	1.9	0.9	9.4	4.5	5.6	1.3	3.9±3.3 <sup>bcd</sup>
No. spp sample <sup>-1</sup>	7	11	13	17	21	15	

\*Means followed by same letter are not significantly different (P=.0001, LSD=10.28)

The number of different plant species including cantaloupe in the samples dates varied from 7 to 21, but the percentage for the "other species" group remained low in every sample (Table 1 & 2).

The amount of pollen collected varied significantly (F =3.5, df =8, P =.002) with the blooming periods of the plants and cantaloupe growth (Fig. 2). In La Laguna Region, mesquite has a short flowering period that ended about the 12th day of cantaloupe flowering. The same occurred with the alfalfa which is not a reliable

pollen and nectar source because growers harvest it prior to peak bloom (see Tables 1 and 2). This is probably the cause for the reduction of pollen collection during the middle of the cantaloupe bloom, from the 9<sup>th</sup> to the 27<sup>th</sup>. The supplemental pollen came from creosote and sorghum from an undetermined distance.



Means with the same letter are not significantly different (P = .05)

FIG. 2. Corbicular Pollen Through The First Blooming Month In Cruiser Cantaloupe

Environmental conditions can affect pollen production and its availability for honey bees by altering flower number, pollen and nectar production per flower (Delph *et al.*, 1997). Selection for the amount of stored pollen in honeybee colonies (pollen hoarding) changes the probability that worker bees will forage for pollen (Amdam *et al.*, 2004). Honey bees exhibit easily manipulated feeding behavior coupled with extremely high fidelity (Meller y Davis, 1996a), and olfactory learning (Wright y Smith, 2004). The amounts of pollen ingested by worker bees varies with age. Pollen ingestion rapidly increases during the first three days adult life, reaches its

maximum around eight days and then decreases continuously to the lowest values in foraging bees (Hrassnigg y Crailsheim, 1998; Pankiw, 2004). At the end of the month the maximum incoming pollen quantities occurred to the beehives this incident occurred with the maximum percentages of pollen from the target crop. At this moment cantaloupe vines were long enough to maintain a larger number of flowers than during earlier season Correlation between pollen amount and blooming period had an insignificant  $r^2$  value.

In this research , the distances to has-crop flowering plants partially were not considered. Distance to wild nectar and pollen plants may play an important role in arid zones like the La Laguna Region, and this may explain the differences among pollen collected. It is important to include vegetative aspects as well as the relationship among the bee-density, foraging-distance and pollen-nectar amount available from target crop and competitor plants.

We conclude that the cantaloupe based on volume was the main pollen source for pollinator honey bees, so until the 31<sup>th</sup> day of sampling the main pollen grain-number basis. Plants present at the crop site competing for honeybee pollination included: mesquite, alfalfa, creosote bush, cucumber, London rocket and sorghum. However, based on volume, they were only secondary importance.

### **Acknowledgement**

We thank Fundación Produce Coahuila, A.C. and Cámara Agrícola y Ganadera de Torreón for financial support, Lic. Abel Juárez cantaloupe grower and Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna Laboratorio de Biología Ing. Rubi Muñoz-Soto and Agronomy students Lorena Colín, Pedro

Murillo and Aldo Ortega for their technical assistance. Dr Gretchen Jones and Dr Gene Lester from U.S.D.A. for his manuscript review and valuable suggestions.

#### Literature cited

- Amdam, G. V., K. Norberg, M. K. Fondrk and R. E. Page 2004. "Reproductive ground plan may mediate colony-level selection effects on individual foraging behavior in honey bees." *Proc Nat Acad Sci* 101: 11350-11355.
- Bernhardt, P., T. Sage, P. Weston, H. Azuma, M. Lam, L. B. Thien and J. Bruhl 2003. "The pollination of *Trimenia moorei* (Trimeniaceae): floral volatiles, insect/wind pollen vectors and stigmatic self-incompatibility in a basal angiosperm." *Ann Bot* 92: 445-458.
- Cane, J. H. 2002. "Pollinating bees (Hymenoptera: Apiformes) of U.S. alfalfa compared for rates of pod and seed set." *J Econ Entomol* 95: 22-7.
- Cane, J. H. and D. Schiffhauer 2003. "Dose-response relationships between pollination and fruiting refine pollinator comparisons for cranberry (*Vaccinium macrocarpon* [Ericaceae])." *Am. J. Bot.* 90: 1425-1432.
- Corbet, S. A., J. Bee, K. Dasmahapatra, S. Gale, E. Gorringer, B. La Ferla, T. Moorhouse, A. Trevail, Y. Van Bergen and M. Vorontsova 2001. "Native or exotic? Double or single? Evaluating plants for pollinator-friendly gardens." *Ann Bot* 87: 219-232.
- DeLaplaine, K. S. and D. F. Mayer 1996. "Principles and practices of bee conservation." *Bee Science* 4: 4-10.
- Delph, L. F., M. H. Johannsson and A. G. Stephenson 1997. "How environmental factors affect pollen performance: Ecological and evolutionary perspectives." *Ecology* 78: 1632-1639.

- Dieringer, G. and R. L. Cabrera 2002. "The interaction between pollinator size and the bristle staminode of *Penstemon digitalis* (Scrophulariaceae)." *Am J Bot* 89: 991-997.
- Dreller, C. and D. Tarpay 2000. "Perception of the pollen need by foragers in a honeybee colony." *Anim Behav* 59: 91-96.
- Eischen, F., B. A. Underwood and A. Collins 1994. "The effect of delaying pollination on cantaloupe production." *J Apic Res* 33: 180-184.
- Gingras, D., J. Gingras and D. De Oliveira 1999. "Visits of honeybees (Hymenoptera: Apidae) and their effects on cucumber yields in the field." *Hortic Entomol* 92: 435-438.
- Gorelick, R. 2001. "Did insect pollination cause increased seed plant diversity?" *Biol J Linn Soc* 74: 407-427.
- Hrassnigg, N. and K. Crailsheim 1998. "The influence of brood on the pollen consumption of worker bees (*Apis mellifera* L.)." *J Insect Physiol* 44: 393-404.
- Jones, G. D. and V. M. Bryant 1998. "Are all counts created equal?" *In*: Bryant, V.M. and Wrenn, J.H.(eds.), *New Developments in Palynomorph Sampling, Extraction and Analysis*. American Association of Statigraphic Palynologists Foundation. U.S.A.: 115-120.
- Kapp, R., O. W. Davis and J. E. King 2000. "Pollen and spores." *The American Association of Statigraphic Palynologists*, 2nd edition, Dallas, Texas, U.S.A.
- Kearns, C. A. and D. W. Inouye 1993. "Techniques for pollination biologists." *University Press of Colorado, Niwot, Colorado, U.S.A.*: 78-82.

- Kearns, C. A., D. W. Inouye and N. Waser 1998. "Endangered mutualism: The conservation of plant- pollinator interactions." *Ann Rev Ecol Syst* 29: 83-106.
- Kevan, P. G. and H. G. Baker 1983. "Insects as flower visitors and pollinators." *Ann Rev Entomol* 28: 407-453.
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter and T. Tscharntke 2003. "Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae)." *Am J Botany* 90: 153-157.
- Kremen, C., N. M. Williams and R. W. Thorp 2002. "Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification." *Proc Natl Acad Sci U S A* 99: 16812-6.
- Krupnick, G. A., A. E. Weis and D. R. Campbell 1999. "The consequences of floral herbivory for pollinator service to *Isomeris arborea*." *Ecology* 80: 125-134.
- Lee, W. R. 1961. "The nonrandom distribution of foraging bees between apiaries." *J Econ Entomol* 52: 928-933.
- Meller, V. H. and R. L. Davis 1996. "Biochemistry of insect learning: lessons from bees and flies." *Insect Biochem Molec* 26: 327-335.
- Ott, L. 1988. "An introduction to statistical methods and data analysis." third edition PWS-KENT Publishing Co. Boston, Massachusetts, U.S.A.: 945p.
- Pankiw, T. 2004. "Brood pheromone regulates foraging activity of honey bees (Hymenoptera: Apidae)." *J Econ Entomol* 97: 748-51.
- Ricketts, T. H., G. C. Daily, P. R. Ehrlich and C. D. Michener 2004. "Economic value of tropical forest to coffee production." *Proc Nat Acad Sci*: 12759-12582.

- Roubik, D. W. and P. J. E. Moreno 1991. "Pollen and spores of Barro Colorado Island." Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. U.S.A. 36: 270 p.
- Sawyer, R. 1981. "Pollen identification for beekeepers." Cardiff, U.K. University College Cardiff Press, London: 111p.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie 1960. "Principles and procedures of statistics." McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, U.S.A.
- Waller, G. D. 1980. "A modification of the O.A.C. pollen trap." Am Bee J 120: 119-121.
- Waser, N. M., L. Chittka, M. V. Price, N. M. Williams and J. Ollerton 1996. "Generalization in pollination systems, and why it matters." Ecology 77: 1043-1069.
- Wright, G. A. and B. H. Smith 2004. "Different thresholds for detection and discrimination of odors in the honey bee (*Apis mellifera*)." Chem Senses 29: 127-135.

**Artículo 4. Pollen collection and honey bee forager distribution in cantaloupe**

Artículo enviado a la revista Acta Zoológica Mexicana el 3 de agosto del 2005

Fecha de recepción 8 de septiembre del 2005

(ver Apéndice, Anexo 4. Carta de recepción del artículo enviado a Acta Zoológica Mexicana)

José Luis Reyes-Carrillo<sup>1</sup>, Frank A. Eischen<sup>2</sup>, Pedro Cano-Rios<sup>3</sup>, Rafael Rodríguez-Martínez<sup>1</sup> and Urbano Nava Camberos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Carr. Santa Fe y Periférico, cp 27000 Torreón, Coahuila, México phone. 871-7331210 jlreyes54@yahoo.com.mx, <sup>2</sup>Honey Bee Unit USDA-ARS-SARC 2413 E. Hwy 83 Weslaco, Texas 78596 USA, <sup>3</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México.

Mention of trade names or commercial products in this article is solely for the purpose of providing specific information and does not imply recommendation or endorsement by the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, U.L or the U.S. Department of Agriculture.



## **Colecta de polen y distribución de las abejas pecoreadoras en el cultivo de melón**

### **Resumen**

Durante el verano del 2002 la colecta de polen y distribución de las abejas (*Apis mellifera* L.) pecoreadoras fueron estudiados en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L., cv. Cruiser ) bajo condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. El lote experimental estuvo localizado cerca del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, en el municipio de Matamoros, Coahuila, México.

Dos experimentos se realizaron en el mismo predio, en lotes separados a 800 m de distancia por una huerta de nogal. Ambas superficies de melón fueron sembradas en la misma fecha. Experimento N° 1. Al inicio de la floración se colocaron nueve colmenas en tres hectáreas de cultivo. Cada colmena contó con una trampa de polen tipo Ontario modificada. El polen se colectó cada hora de cada colmena un día por semana de las 8:30 hr a las 14:30 hr.

Experimento N° 2. Tres semanas después del inicio de la floración se colocaron 30 colmenas en un campo de melón de diez hectáreas. En cuatro surcos de 105 m de longitud se marcaron transectos de diez metros a 25, 50, 75 y 100 metros de distancia del apiario. Las abejas pecoreadoras fueron contadas simultáneamente en cada transecto cada media hora de las 7:30 hr hasta las 20:30 horas, el mismo día en que fue colectado el polen de la tercera semana de floración. La colecta de polen fue mayor temprano por la mañana (22.6 gramos por colmena), disminuyendo a una cantidad media de las 9:30 hr (13.7 g), 10:30 hr (12.5 g) a las 11:30 hr (9.5 g) y permaneciendo baja desde las 12:30 hasta el mediodía (menos de 2.6 g por colmena;  $p \leq 0.05$ ). El patrón de distribución mostró que las abejas se presentaron en el cultivo de melón después de las 8:00 hr y alcanzaron su máximo a las 10:30 hr ( $p=0.05$ ). El número máximo de abejas se

mantuvo hasta las 14:30 hr en que las abejas iniciaron su disminución hasta el cese de los vuelos a las 20:30 hr. No se encontraron diferencias estadísticas en el número de abejas pecoreadoras a las distancias del apiario evaluadas ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, las abejas se distribuyeron uniformemente en el cultivo de melón.

**Palabras clave:** *Apis mellifera*, *Cucumis melo*, pecoreo-abejas, dispersión-abejas, polinización

## Abstract

Honey bee (*Apis mellifera* L.) pollen collection and forager distribution was examined during the 2002 summer in a cantaloupe (*Cucumis melo* L., cv. Cruiser) field with plastic mulch and drip irrigated. The experimental site was located near the INIFAP Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila within La Laguna region, Mexico. Two trials were conducted in the same location, but were separated by a 800 m wide pecan orchard, both cantaloupe trials were planted the same date.

Trial 1. Nine honey bee colonies were placed in three hectare field at the start of bloom. Each colony was fitted with a modified-Ontario pollen trap. The pollen was collected one day a week from each colony every hour beginning from 8:30 hr to 14:30 hr. Trial 2. Three weeks after the start of bloom, in a ten-ha field 30 honey bee colonies were located. In four randomly-selected rows of 105 m long, 10 m transects at 25, 50, 75 and 100 m distances from the apiary were marked. The foraging bees were counted simultaneously at the transects every half an hour from 7:30 hr until 20:30 hr at the same pollen collection-day during the third week of cantaloupe bloom. Pollen collection was higher early in the morning (22.6 grams per colony), dropping to medium amount from 9:30 hr (13.7 g), 10:30 hr (12.5 g) to 11:30 hr (9.5 g) and remaining low from 12:30 through the afternoon (lesser than 2.6 g per colony;  $p \leq 0.05$ ). The distribution pattern showed that bees were in the cantaloupe after 8:00 hr, reaching a maximum at 10:30 hr ( $p=0.05$ ). Their maximum number was maintained up to 14:30 hr when the bees began to decrease from this hour and as light faded, until ceased foraging flights at 20:30 hr. No statistical differences were found in the number of foraging bees among the evaluated distances from the apiary ( $p > 0.05$ ), thus the foraging bees were uniformly distributed in the field.

**Keywords:** *Apis mellifera*, *Cucumis melo*, bee foraging, bee-dispersion, pollination

## Introduction

For many crops, yield and fruit quality would be greatly reduced without honey bee pollination (de Vries, 2000). In vegetables, poor fruit quality is usually attributed to problems with pollination, e.g. as low pollinator numbers or ineffective pollinators (Ricketts *et al.*, 2004; Sheffield *et al.*, 2005).

Selection on the amount of stored pollen in honey bee colonies changes the probability that worker bees will forage for pollen (Amdam *et al.*, 2004). Foraging pollinators choose flowers according with the reward and energy foraging waste. (Eckert, 1933; Levin, 1959; Lee, 1961; Rush *et al.*, 1995; Waser *et al.*, 1996; Russell *et al.*, 1998). Recently, flower symmetry (Waser *et al.*, 1996; Endress, 2001), floral scents, nectar production and color have been found to be factors in attractiveness (Briscoe y Chittka, 2001; Varassini *et al.*, 2001). Cantaloupe pollen is insect transferred (McGregor, 1976), for such a reason this crop requires pollination by bees. Foraging activity of honey bees can be determined by different ways (Hagler y Jackson, 2001). In some arid and semi-arid areas of Mexico wild pollinators are too scarce to assure an adequate pollination.

We conducted this study to determine how much cantaloupe pollen honey bees collect and how they are temporal and spatial distributed during different times of the day throughout the bloom.

## Materials and method

This research was carried out during July and August of 2002, near INIFAP Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila. This region receives, on average 235 mm rainfall, an altitude of 1139 m above sea level and 18.6°C annual mean temperature (Schmidt 1989). Cantaloupe (cultivar Cruiser) rows were plastic mulched and drip irrigated. The 13 ha cantaloupe field was pollinated using three Italian honey bees (*Apis mellifera ligustica* L.) colonies per hectare (McGregor, 1976; Eischen y Underwood, 1991). Jumbo-sized colonies, headed by with a new queen bee (Miel de La Laguna® queen breeder), were equalized to ca 24,000 workers. Colonies were uniformly distributed adjacent to the field. Two trials were done in the same location using fields that were separated (by a pecan orchard) by 800 m. Both fields had the same planting date.

Field N° 1. In a three-hectare cantaloupe were placed nine pollinator bee-hives in order to determine pollen amount collection pattern in the first blooming month which is considered optimum for pollination and fruit-set (Eischen *et al.*, 1994) Each colony had a modified-Ontario pollen trap (Waller, 1980). On one day, in the middle of the blooming week, pollen was collected from each colony every hour 8:30 - 14:30 hours. Pollen was fresh weighed. Field temperatures, relative humidities and rainfall were recorded with a portable digital weather station (Radio Shack®).

Field N° 2. Honey-bee spatial and temporal distribution patterns were evaluated in a ten-ha cantaloupe crop with thirty pollinator bee-colonies. In four randomly-selected 105 m long rows, 10 m transects were marked (McGregor, 1976) at 25, 50,75 and 100 m distances from the apiary. The foraging bees were counted

simultaneously in the transects at the selected rows every 30 minutes from 8:00 hr to 20:30 hr the same pollen collection-day at the third week of bloom. Data were examined with analysis of variance, and whenever significant differences were found among means, they were separated using the Least Significance Difference (Steel y Torrie, 1960).

## Results

### Field N° 1. Pollen collection pattern

We found that corbicular pollen collection varied significantly ( $f = 22.62$ ,  $df = 224$   $p = 0.0001$ ) through weeks of cantaloupe bloom (Table 1). During the first week pollen amount (weight basis) was low , but it was clearly higher early in the morning until 12:30 hr when it dropped. Low collection was observed through afternoon until 14:30 hr. During the second week collection increased compared with the previous week (Table 1). In the third week, at 8:30 hr, higher corbicular pollen weight was obtained but it dropped from this hour gradually to minimum at 14:30. Throughout our study, pollen collect was highest in the morning, and generally falling to low levels shortly after 11:30.

Table 1. Pollen collection by honey bees in the cantaloupe crop during the first blooming month. La Laguna, México 2002.

week/hour	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	week mean
1	8.4b	5.9b	8.3b	5.3c	0.9a	0.4a	0.4a	<b>4.26b</b>
2	27.9a	19.1a	22.8a	19.8a	2.8a	0.8a	0.7a	<b>13.42a</b>
3	29.9a	23.5a	16.2a	11.0b	5.3a	1.8a	1.2a	<b>12.27a</b>
4	27.0a	6.5b	2.9c	2.1c	1.5a	1.2a	0.9a	<b>6.03b</b>
hour mean	<b>22.60a</b>	<b>13.76b</b>	<b>12.55b</b>	<b>9.56b</b>	<b>2.64c</b>	<b>1.06c</b>	<b>.81c</b>	

means with different letter are significantly different. For week  $LSD=3.47$ , for hour= 4.59 and for interaction= 9.16,  $p=0.05$  respectively

A large reduction in pollen collected was observed in the 4<sup>th</sup> week (Table 1.). After 8:30 hr collection suddenly dropped and remained low. This was an unexpected observation. because in this period the cantaloupe vines are long enough to maintain a plentiful bloom and therefore a higher pollen amount. Statistical differences were observed in the pollen amount at the different day hours as it can be observed in Table 1. The highest pollen quantity was harvested at 8:30 hr , intermediate amount between 9:30 hr and 11:30 hr and lesser amount from 12:30 hr to the last sample hour (p=0.05; Table 1).

It was observed during the sample days, water drops coming from the brood chamber into the pollen-trap trays, from 11:30 hr to the last pollen harvest hour. This pollen and water foraging behavior might be temperature and humidity based (Fig.1), since, during the third week, early in the morning in the first hour pollen collection, temperature was about 26°C, increasing during the morning and reaching the highest at 13:30 hr (39.5°C).

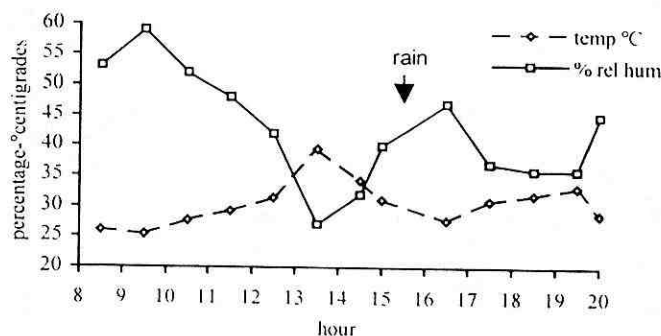


FIG.1. Temperature and relative humidity during the third blooming week sample day in the cantaloupe crop. La Laguna, México. 2002.

## Field N° 2. Bee distribution in the field crop

Honey bees began their foraging flights after 8:00 am, their numbers grew as the morning progressed (Fig.2). They reached the highest number at about 10:30 hours (11.5 bees per 10 m transect;  $p=0.05$ ) and foragers showed a sustainable presence until 14:30 hr (12.9 bees;  $p=.05$ ). From this hour, bees began to diminish but rain at 15:30 hr stopped flight. After that rainy period they did recover the number but continued decreasing until evening. Foraging activity ceased totally at 20:30 hr. Sunset occurred at 20:01 hr to 19:59 hr, during this time.

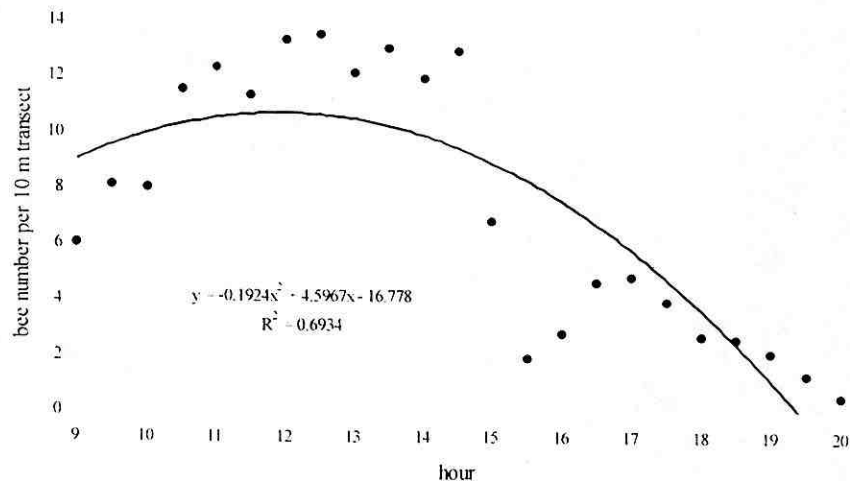


Fig. 2. Number of bees in the cantaloupe crop during the day the third week of bloom. La Laguna, Mexico. 2002.

Any statistical differences were found in the number of foraging bees among the evaluated distances from the apiary ( $p>0.05$ ), thus the foraging bees were uniform distributed in the field crop.



## Discussion

Pollen is the main attractant for most pollinators and an important part of the diet of the plant visitors and an essential component on sexual reproduction and gene flow of plants (Kearns y Inouye, 1993). Seed plants that are animal pollinated generally have pollen that it is large, sculptured, and coated with an adhesive wax or oily substance, that causes pollen grains to clump to each other and to pollinating animals, deters herbivores, attracts pollinators, and it is a food source primarily for pollinators (Gorelick, 2001). Honey bees, adjust their pollen foraging activity according to the need for pollen within the colony, determined by the amount of stored pollen and young brood present in the hive (Dreller y Tarpy, 2000). Pollen-foraging behavior is correlated with the responsiveness to sucrose (Amdam *et al.*, 2004). In our trial, in the warmest day hours, the honey gather-bees modify their foraging behavior carrying water to the colony. Water collection by bees is well known (vonFrisch, 1976; Kuhnholz y Seeley, 1997) as it is their effective communication among them to adjust foraging behavior (Seeley, 2002; Pankiw, 2004; Wright y Smith, 2004).

Returning nectar foragers could rapidly modify their threshold of dancing through direct physical contacts with their hive-mates during the stay in the hive. Thus, the social context may modify behavioral displays of returning foragers introducing temporal changes in their motivational levels during the stay at the hive (Farina, 2000). In our trial relative humidity dropped as the morning past, but a sudden five-minutes shower increased its value at 16:30 hr, but due the raindrop scarcity any water amount was recorded by the pluviometer however it affected bee flights. In La Laguna July and August high temperatures and low relative humidities are a common environmental conditions (Schmidt 1989).

A honey bee can flight a considerable distance to collect nectar or pollen (Eckert, 1933; vonFrisch, 1976) , but once there , it will tend to be confined in a small area mainly if the selected species are a good food source (Levin, 1959). In our study the  $R^2$  value (0.69) had an acceptable confidence~~for~~ for predicting the number of bees at a certain hour but maybe this value was not enough higher due to the bee population loss in the cantaloupe field because of the shower. In this trial we can observed that honey-bees were present in the cantaloupe flower-vines all day long. Some crops, including blueberries and cherries are 90% dependent on honey bee pollination. One crop, almonds, depends entirely on honey bee for pollination. Honey bees, therefore, are an integral part of the modern agricultural success story (de Vries, 2000).

The results of the trials showed that the foraging-bees were collecting pollen early in the morning and a few pollen amount from noon to the days end, and forager-bees were in the field all day long in a well defined spatial and temporal pattern. This is an important knowledge to schedule pesticide sprays in the field crop. The peak period of honey-bee in the cantaloupe crop activity is usually mid morning (McGregor, 1976) and bees learned where reward was offered (Hempel de Ibarra *et al.*, 2000).

We conclude that honey bees collected the main pollen quantity during the second and third week of bloom and during the first hours in the morning and continued foraging in a small amount from noon to late afternoon. Foraging bees in the blooming cantaloupe crop had a well defined pattern beginning from 8:30 hr with increasing number until 14:00 when the bee number declined to cease totally before sunset.

## **Acknowledgement**

We thank Fundación Produce Coahuila, A.C. for the financial support and Agronomy students from the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Fernando Castrejón, Pedro Murillo, José Alfredo Jiménez and Aldo Ortega for their technical assistance.

## **Literature cited**

- Amdam, G. V., K. Norberg, M. K. Fondrk and R. E. Page 2004. "Reproductive ground plan may mediate colony-level selection effects on individual foraging behavior in honey bees." *Proc Nat Acad Sci* 101: 11350-11355.
- Briscoe, A. and D. Chittka 2001. "The evolution of color vision in insects." *Annu Rev Entomol* 46: 471-510.
- de Vries, G. E. 2000. "Essential task for honeybees." *Trends Plant Sci* 5: 277.
- Dreller, C. and D. R. Tarpay 2000. "Perception of the pollen need by foragers in a honey bee colony." *Anim Behav* 59: 91-96.
- Eckert, J. E. 1933. "The flight range of the honeybee." *J Agricult Res* 47: 257-85.
- Eischen, F. and B. A. Underwood 1991. "Cantaloupe pollination trials in the lower Rio Grande Valley." *Am Bee J* 131: 775.
- Eischen, F., B. A. Underwood and A. Collins 1994. "The effect of delaying pollination on cantaloupe production." *J Apic Res* 33: 180-184.
- Endress, P. K. 2001. "Evolution of floral symmetry." *Curr Opin Plant Biol* 4: 86-91.
- Farina, W. M. 2000. "The interplay between dancing and trophallactic behavior in the honey bee *Apis mellifera*." *J Comp Physiol* 186: 239-245.
- Gorelick, R. 2001. "Did insect pollination cause increased seed plant diversity?" *Biol J Linn Soc* 74: 407-427.

- Hagler, J. R. and C. G. Jackson 2001. "Methods for marking insects: Current techniques and future prospects." *Annu Rev Entomol* 46: 511-543.
- Hempel de Ibarra, N., M. Vorovyev, R. Brandt and M. Giurfa 2000. "Detection of bright and dim colours by honeybees." *J Exp Biol* 203: 3289-3298.
- Kearns, C. A. and D. W. Inouye 1993. "Techniques for pollination biologists." University Press of Colorado, Niwot, Colorado, USA.
- Kuhnholz, S. and T. D. Seeley 1997. "*The control of water collection by bees.*" *Behav Ecol Sociobiol* 41: 407-422.
- Lee, W. R. 1961. "The nonrandom distribution of foraging bees between apiaries." *J Econ Entomol* 52: 928-933.
- Levin, M. D. 1959. "Distribution patterns of young and experienced honey bees foraging on alfalfa." *J Econ Entomol* 52: 969-971.
- McGregor, S. E. 1976. "*Insect pollination of cultivated crop plants.*" Agriculture Handbook No. 496. United States Department of Agriculture Washington, D.C.
- Pankiw, T. 2004. "Brood pheromone regulates foraging activity of honey bees (Hymenoptera: Apidae)." *J Econ Entomol* 97: 748-51.
- Ricketts, T. H., G. C. Daily, P. R. Ehrlich and C. D. Michener 2004. "Economic value of tropical forest to coffee production." *Proc Nat Acad Sci*: 12759-12582
- Rush, S., J. Conner and P. Jennetten 1995. "The effects of natural variation in pollinator visitation on rates of pollen removal in wild radish, *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae)." *Am J Bot* 82: 1522-1526.
- Russell, D., R. Meyer and J. Bukowski 1998. "Potential impact of microencapsulated pesticides on New Jersey apiaries." *Am Bee J* 138: 207-210.

- Schmidt, R. H. 1989. "The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert." *J Arid Environ* 16: 241-256.
- Seeley, T. D. 2002. "When is self-organization used in biological systems?" *Biol Bull* 202: 314-318.
- Sheffield, C. S., R. F. Smith and P. G. Kevan 2005. "Perfect syncarpy in apple (*Malus x domestica* 'Summerland McIntosh') and its implications for pollination, seed distribution and fruit production (Rosaceae: Maloideae)." *Ann Bot* 95: 583-591.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie 1960. "*Principles and procedures of statistics.*" McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, U.S.A.
- Varassini, I. G., J. R. Trigo and M. Sazima 2001. "The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil." *Bot J Linn Soc* 136: 139-152.
- vonFrisch, K. 1976. "*Bees their vision, chemical senses, and language.*" Rev. ed. Second printing. Cornell University Press, Ithaca, New York, U.S.A.
- Waller, G. D. 1980. "A modification of the O.A.C. pollen trap." *Am Bee J* 120: 119-121.
- Waser, N. M., L. Chittka, M. V. Price, N. M. Williams and J. Ollerton 1996. "Generalization in pollination systems, and why it matters." *Ecology* 77: 1043-1069.
- Wright, G. A. and B. H. Smith 2004. "Variation in complex olfactory stimuli and its influence on odour recognition." *Proc R Soc Lond B* 271: 147-152.

**Artículo 5. Spatial and temporal distribution of honey bee foragers in a cantaloupe field with different colony densities**

Artículo enviado a la revista Agricultura Técnica en México el 3 de agosto del 2005

Fecha de recepción 12 de agosto del 2005

(ver Apéndice, Anexo 5. Carta de recepción del artículo enviado a Agricultura Técnica en México)

Jose Luis Reyes-Carrillo<sup>1</sup>, Pedro Cano-Rios<sup>3</sup>, Frank A. Eischen<sup>2</sup>, Rafael Rodriguez-Martínez<sup>1</sup> and Urbano Nava-Camberos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Carr. Santa Fe y Periférico, cp 27000 Torreón, Coahuila, México phone. 871-7331210 jlreyes54@yahoo.com.mx, <sup>2</sup>Honey Bee Unit USDA-ARS-SARC 2413 E. Hwy 83 Weslaco, Texas 78596 USA, <sup>3</sup>Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México.

Mention of trade names or commercial products in this article is solely for the purpose of providing specific information and does not imply recommendation or endorsement by the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, U.L, the INIFAP or the U.S. Department of Agriculture

## Summary

The objective of this work was to determine the temporal and spatial honey bee distribution in cantaloupe fields with different colony densities. The trial was done in La Laguna (near Torreón, Coahuila) in northern Mexico, during June 2003. Colonies were uniformly distributed adjacent to the field. In five randomly selected rows, 10 m transects at 25, 50, 75 and 100 m distances from the center of the apiary were marked, and foraging bees counted every 30 minutes from 7:30 to 19:30 hr. Significant differences ( $P \leq 0.001$ ) in the number of bee pollinators were found among the distances evaluated, 50m had the highest number (7.2a), intermediate 25m (6.6ab) and 75m (6.7ab) and the lowest number at 100m (5.3c). Forager numbers varied temporally, reaching the highest level between 10:00 hr to 15:00 hr and peaking at 11:00 hr ( $P \leq 0.0001$ ). The maximum bee number per transect (6.08a) was observed with three colonies per hectare. Therefore, this number of bee colonies should be the optimum number for cantaloupe pollination.

**Key words:** *Cucumis melo*, honey bee behavior, pollination, honey bee density

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la distribución temporal y espacial de las abejas melíferas en el cultivo de melón con diferente densidad de colmenas. El experimento se realizó en La Laguna (cerca de la ciudad de Torreón, Coahuila) en el norte de México, durante el mes de junio de 2003. Las colmenas se distribuyeron uniformemente adyacentes al cultivo. En cinco surcos elegidos al azar se marcaron transectos de diez metros de longitud a las distancias del centro del apiario de 25, 50, 75 y 100 metros y en cada transecto se contaron las abejas pecoreadoras cada 30 minutos de las 7:30 hr a las 19:30 hr. Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.001$ ) en el número de abejas

polinizadoras entre las distancias evaluadas; a los 50 m se tuvo el mayor número (7.2a), intermedio a los 25 m (6.6ab) y 75 m (6.7ab) y el número mas bajo a los 100m (5.3c). El número de abejas pecoreadoras varió en el tiempo, alcanzando su mayor valor de las 10:00 hr a 15:00 hr y un máximo a las 11:00 hr ( $P \leq 0.0001$ ). El máximo número de abejas por transecto (6.08a) se observó con tres colmenas por hectárea. Por lo tanto, tres colonias por hectárea deben de ser el numero óptimo para polinizar el cultivo de melón.

**Palabras clave:** *Cucumis melo*, comportamiento abejas melíferas, polinización, densidad de abejas

### Introduction

Flowering plants that require insect pollination typically show increased seed set with increased visitation by honey bees (Gingras *et al.*, 1999) and insect pollinators increasing yields at different percentages depending upon the plant species (Heather *et al.*, 2004; Ricketts *et al.*, 2004). Cross pollination by bees causes a significant increase in fruit set of not only the self-sterile, but also the self-fertile coffee species (Klein *et al.*, 2003). Poor fruit quality is usually attributed to problems with pollination, such as low bee numbers and/or ineffective pollinators within agro-ecosystems (Ricketts *et al.*, 2004; Sheffield *et al.*, 2005). Foraging pollinators choose flowers according the reward and energy waste (Eckert, 1933; Levin, 1959; Lee, 1961; Rush *et al.*, 1995; Waser *et al.*, 1996; Russell *et al.*, 1998) and more recently attractiveness related to flower symmetry (Waser *et al.*, 1996; Endress, 2001), floral scents, nectar production and color (Briscoe y Chittka, 2001; Varassini *et al.*, 2001).

Cantaloupe pollen can only be transferred by insects since it is sticky and is not suitable for wind pollination (McGregor, 1976), for this reason extensive



cantaloupe plantings requires honey bee pollination. Since, wild pollinators are often too scarce, providing honey bees is a requirement for the crop production. This scarcity has often been caused by agrichemicals and other modern farming methods (Kearns y Inouye, 1997; Kearns *et al.*, 1998). These factors have even damaged commercial honey bee colonies (DeLaplaine y Mayer, 1996). There is further interest in whether the presence of honey bees in the field crop relies upon in a relationship density-dependent.

Though much is known about honey bee pollination, how foragers are distributed spatially and to some extent temporally in cantaloupe fields is poorly understood. This is especially true when colony density is varied.

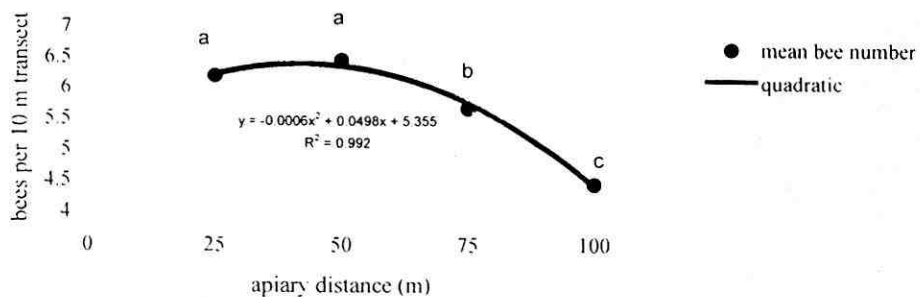
### **Material and methods**

This research was carried out during June of 2003 in a commercial five-ha hybrid Cruiser cantaloupe crop, which was located near the INIFAP-Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila -103° 14' west longitude, and 25° 31' north latitude- within the Comarca Lagunera region, Mexico, this region has a 235 mm mean annual rainfall, an altitude of 1139 m above sea level and 18.6°C annual mean temperature (Schmidt 1989). Crop irrigation was done by furrows. Twenty five colonies (Jumbo) stocked with Italian honey bees (*Apis mellifera ligustica* L.) with a new commercial queen bee, and equalized to ca 24,000 workers- were used. Colonies were uniformly distributed adjacent to the field. In five randomly-selected rows of 105 m long were marked 10 m transects at 25, 50,75 and 100 m distances from the apiary (i.e. there were five replications for each distance).

During the second blooming week (considered optimum for pollination (Eischen *et al.*, 1994)), colonies were increased by adding one to five colonies per hectare one day before every observation (i.e. there were five replications for each density). In the observation day, one day per-colony density, the foraging bees were counted in the transects simultaneously every half an hour from 7:30 am until 19:30 . Data were examined with analysis of variance, and evaluated with least significance difference (LSD). Apiary distance was treated as the independent variable (Steel y Torrie, 1960).

### Results

Significantly higher number of foragers were found in plots 50m ( $x = 6.4a$  ) from the apiary compared with those 100m distant ( $x = 4.4c$   $P < 0.001$ ;  $LSD=0.31$ ; Fig. 1).

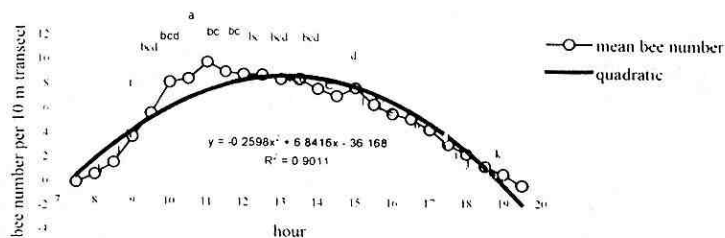


Means followed by the same letter are statistically equal

Figure 1. Mean number of pollinator bees in the cantaloupe crop at different apiary distances. La Laguna, 2003.

Forager numbers in other plots were at intermediate densities. The high significant  $R^2$  of the quadratic curve, means that there is an strong relationship between apiary distance and the numbers of bees per transect.

The temporal pattern showed that the total number of bees present in the cantaloupe field crop varied with the hour during the day reaching the highest between 10 to 15 hours and the peak at eleven (Fig.2). Statistical differences were observed at different hour during the day with the lesser number of foraging bees early in the morning and late afternoon ( $P \leq 0.0001$ ). The foraging activities in the field cantaloupe crop ceased at sunset.



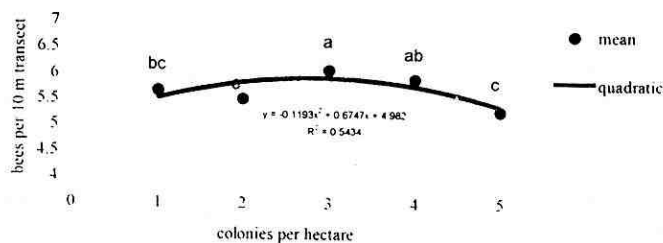
Means followed by the same letter are statistically equal

Fig 2. Mean bee number during the day in the cantaloupe crop. La Laguna, 2003.

Despite the fact that maximum bee density was maintained in the field cantaloupe crop with three and four colonies per hectare ( $P \leq .0001$ ), wild bees and wasps and other pollinator insects were observed. In this study it was not evaluated the relative importance of the wild pollinators contribution, but this and related aspects might be considered in future pollination works.

Foraging usually peaked by mid morning (McGregor, 1976). There were bee-colony density effects for the rate of foragers bee visits as the number of foragers

tended to increase with increasing number of colonies until three ( $x = 6.08$   $P \leq 0.0001$ ;  $LSD=0.34$ , Fig. 3) and four colonies per hectare. Increasing density to five bee colonies per ha showed a significantly declining bee number ( $x = 5.28$   $P \leq 0.0001$ ;  $LSD=.034$ ).



Means followed by the same letter are statistically equal

Figure 3. Mean number of pollinator bees in the cantaloupe crop with increasing number of colonies per hectare. La Laguna, México.2003.

## Discussion

This was an expected result because a honey bee can flight a considerable distance to collect nectar or pollen (Eckert, 1933; vonFrisch, 1976) , but once there , it will tend to be confined in a small area mainly if the selected species are a good food source (Levin, 1959). Using pollination experiments along replicated distance gradients in the coffee crop, it was found that forest-based pollinators increased the yields by 20% within at approximately one kilometer of forest (Ricketts *et al.*, 2004). Honeybee exhibits easily manipulated feeding behavior coupled with extremely high mnemotecnic fidelity (Meller y Davis, 1996), this can explain their foraging activities in the vicinity of the apiary at the evaluated distances.

Similar effects of bee density were observed in the Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei*) on rate of legitimate flower visits when pollinated by honeybee, and increased densities produced evasive behavior, reduced the bee pollen load average and fruit size (Dedej y DeLaplane, 2003). In this work it was observed a lesser number of bees with the highest bee-hive number suggested an altered bee performance when the pollinator bees must substitute the target crop by alternative food source. In *Impatiens reptans* its pollination system was studied using different pollination methods, marking and counting pollen grains, assessing pollen viability and observing pollinator behaviour and it was concluded that the primary pollinators were honey-bees and bumble-bees (Tian *et al.*, 2004). Different authors reported a variable suggested bee-colony number to pollinate cantaloupe from one (O.S.U., 1999) to six (Atkins *et al.*, 1997) colonies per hectare. In this work it was found coincidence in the bee hives number with different trials in cantaloupe pollination with three (Eischen y Underwood, 1991) and four colonies per ha (McGregor, 1976; U.S.D.A., 1986; Atkins *et al.*, 1997). The lower recommended bee-hives number varied from one (O.S.U., 1999) to two (Hodges y Baxendale, 1995; O.S.U., 1999), and the higher number was six colonies per ha (Crane y Walker, 1984; Eischen y Underwood, 1991; Atkins *et al.*, 1997). The mean number of bee colonies per hectare from the cited references is 3.7.

The pollinators such as bees are attracted to flowers by their visual display and their scent. Although most flowers reinforce visits by providing pollen and/or nectar (Galizia *et al.*, 2005), The general manageability of honey bees, considered with their demonstrated variety-specific efficacy as pollinators argue

for renewed attention to the plant side of the pollination management syndrome (Dedej y DeLaplane, 2003).

We conclude, that there are significant differences in the number of bee pollinators existing among the distances evaluated. The number of foraging bees present in the cantaloupe field varied as the day last, reaching the highest between 10:00 hr to 15:00 hr and disappearing at sunset. The maximum bee number per transect (6.08a) was observed with three colonies per hectare. Therefore, this number of bee colonies should be the optimum number for cantaloupe pollination.

#### **Acknowledgements:**

We thank Fundación Produce Coahuila, A.C. and Cámara Agrícola y Ganadera de Torreón for financial support, Lic. Abel Juárez cantaloupe grower and Elías Gaona-González, Oscar Barajas-Arcos, Santiago Espitia-Villalva and Fernando Castrejón-Lozano, Veterinary and Agronomy students of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro for their technical assistance.

#### **References Cited**

- Atkins, E. L., L. D. Anderson, D. Kellum y K. W. Neuman 1997. "Protecting honey bees from pesticides." University of California. Division of Agricultural Sciences. . Leaflet 2883.
- Briscoe, A. y D. Chittka 2001. "The evolution of color vision in insects." *Annu Rev Entomol* 46: 471-510.
- Crane, E. y P. Walker 1984. "Pollination directory for World crops." International Bee Research Association London.

- Dedej, S. y K. S. DeLaplane 2003. "Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Pollination of Rabbiteye Blueberry *Vaccinium ashei* var. 'Climax' is Pollinator Density-Dependent." *J Econ Entomol* 94: 1215-1220.
- DeLaplane, K. S. y D. F. Mayer 1996. "Principles and practices of bee conservation." *Bee Science* 4: 4-10.
- Eckert, J. E. 1933. "The flight range of the honeybee." *J Agricult Res* 47: 257-85.
- Eischen, F. y B. A. Underwood 1991. "Cantaloupe pollination trials in the lower Rio Grande Valley." *Am Bee J* 131: 775.
- Eischen, F., B. A. Underwood y A. Collins 1994. "The effect of delaying pollination on cantaloupe production." *J Apic Res* 33: 180-184.
- Endress, P. K. 2001. "Evolution of floral symmetry." *Curr Opin Plant Biol* 4: 86-91.
- Galizia, C. G., J. Kunze, A. Gumbert, A. K. Borg-Karlson, S. Sachse, C. Markl y R. Menzel 2005. "Relationship of visual and olfactory signal parameters in a food-deceptive flower mimicry system." *Behav. Ecol.* 16: 159-168.
- Gingras, D., J. Gingras y D. De Oliveira 1999. "Visits of honeybees (Hymenoptera: Apidae) and their effects on cucumber yields in the field." *Hortic Entomol* 92: 435-438.
- Heather, H. A., N. D. Rice, M. L. Winston y R. Lewis 2004. "Honey bee (Hymenoptera: Apidae) distribution and potential for supplementary pollination in commercial tomato greenhouses during winter." *J Econ Entomol* 97: 163-170.
- Hodges, L. y F. Baxendale 1995. "Bee pollination of cucurbit crops." University of Nebraska-Lincoln. Cooperative Extension. Institute of Agriculture and Natural Resources Bulletin NF91-5D.
- Kearns, C. A. y D. W. Inouye 1997. "Pollinators, flowering plants, and conservation biology." *Bioscience* 47: 297-307.

- Kearns, C. A., D. W. Inouye y N. Waser 1998. "Endangered mutualism: The conservation of plant- pollinator interactions." *Ann Rev Ecol Syst* 29: 83-106.
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter y T. Tschamntke 2003. "Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae)." *Am J Botany* 90: 153-157.
- Lee, W. R. 1961. "The nonrandom distribution of foraging bees between apiaries." *J Econ Entomol* 52: 928-933.
- Levin, M. D. 1959. "Distribution patterns of young and experienced honey bees foraging on alfalfa." *J Econ Entomol* 52: 969-971.
- McGregor, S. E. 1976. "Insect pollination of cultivated crop plants." *Agriculture Handbook No. 496*. United States Department of Agriculture Washington, D.C. USA.
- Meller, V. H. y R. L. Davis 1996. "Biochemistry of insect learning: lessons from bees and flies." *Insect Biochem Molec* 26: 327-335.
- O.S.U. 1999. "Bee pollination of crops in Ohio." *Ohio State University Bulletin* 559: 22p.
- Ricketts, T. H., G. C. Daily, P. R. Ehrlich y C. D. Michener 2004. "Economic value of tropical forest to coffee production." *Proc Nat Acad Sci USA*: 12759-12582.
- Rush, S., J. Conner y P. Jennetten 1995. "The effects of natural variation in pollinator visitation on rates of pollen removal in wild radish, *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae)." *Am J Bot* 82: 1522-1526.
- Russell, D., R. Meyer y J. Bukowski 1998. "Potential impact of microencapsulated pesticides on New Jersey apiaries." *Am Bee J* 138: 207-210.



- Schmidt , R. H. 1989. "The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert." *J Arid Environ* 16: 241-256.
- Sheffield, C. S., R. F. Smith y P. G. Kevan 2005. "Perfect syncarpy in apple (*Malus x domestica* 'Summerland McIntosh') and its implications for pollination, seed distribution and fruit production (Rosaceae: Maloideae)." *Ann Bot* 95: 583-591.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie 1960. "Principles and procedures of statistics." McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, U.S.A.
- Tian, J., K. Liu y G. Hu 2004. "Pollination ecology and pollination system of *Impatiens reptans* (Balsaminaceae) endemic to China." *Ann Bot* 93: 167-175.
- Varassini, I. G., J. R. Trigo y M. Sazima 2001. "The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil." *Bot J Linn Soc* 136: 139–152.
- vonFrisch, K. 1976. " Bees their vision, chemical senses, and language." Rev. ed. Second printing. Cornell University Press, Ithaca, New York, U.S.A.
- Waser, N. M., L. Chittka, M. V. Price, N. M. Williams y J. Ollerton 1996. "Generalization in pollination systems, and why it matters." *Ecology* 77: 1043-1069.

## Discusión general

El inicio del pecoreo, durante el transcurso de la vida de las abejas es de interés central en la división del trabajo en los insectos sociales, un tema central en Sociobiología e investigación del comportamiento (Rueppell *et al.*, 2004).

El presente trabajo tuvo como objetivo general, estudiar los principales factores relacionados con la polinización por la abeja melífera en el cultivo del melón, y en el primer estudio de polinización (Artículo 1) se determinaron los periodos en el que se deben introducir y retirar las colmenas en el cultivo de melón, y se corroboró la información científica sobre la necesidad del uso de polinizadores. Los resultados coinciden con información previa (Gingras *et al.*, 1999; Klein *et al.*, 2003), en la que la reducción en los rendimientos de los cultivos, es el resultado de los pobres servicios de los polinizadores, sin embargo la mayoría de la investigación no cubría nuevos aspectos. En la mayoría de los casos registrados, la baja actividad de los polinizadores adecuados aparentemente ha sido consecuencia de los sistemas intensivos de producción, con la correspondiente pérdida del hábitat apropiado para los polinizadores asociados a los cultivos (Richards, 2001). Los cultivos agrícolas, no solo proveen alimento para las abejas melíferas, sino también para las abejas silvestres, tales como abejorros y otros polinizadores (O'Callaghan *et al.*, 2005).

Por otra parte, actualmente no existe un ejemplo claro de disminución en el rendimiento de los cultivos debido a falta de polinizadores como consecuencia de la utilización de insecticidas y plantas transgénicas, y solo se documentan casos en que se involucra a herbicidas sin embargo, las situaciones mencionadas de manera integrada afectan la densidad de población de los polinizadores (Richards, 2001)

Los resultados del segundo estudio (Artículo 2), muestran que, cuando

por el problema de la africanización, las abejas se colocan en la periferia del cultivo y no en el interior del mismo, no se observan deficiencias en producción de fruto, ni se modifica la calidad del mismo por efecto de la distancia. Esto es más observable con el proceso de africanización ya que en climas similares al nuestro se ha comprobado que en comparación a las abejas europeas la abeja africanizada, pecorea a distancias más cercanas al apiario (DeLaplane y Mayer, 2004), lo que puede ser explicado porque la coevolución de las plantas y sus polinizadores, ha garantizado el proceso reproductivo y así mismo asegura una provisión de alimento para el futuro (Labandeira *et al.*, 1994; Labandeira, 1998), relación mutua de la cual se benefician tanto las plantas como los insectos (Bogler *et al.*, 1995; Kearns *et al.*, 1998; Danforth y Ascher, 1999). Dado que se requiere mas de una visita del polinizador a la misma flor para obtener los máximos niveles de producción de fruta y tamaño los productores requieren la utilización de polinizadores adecuados para alcanzar los niveles de carga del estigma. Como ejemplo de lo anterior, se ha reportado que en el cultivo de chile, *Capsicum annuum* L. cada abeja visitó 18 hasta 47 veces a la flor y de una a ocho plantas para completar una carga (Raw, 2000) y que en zarzamora algunos polinizadores llegan a distribuir una cantidad de polen mayor al necesario para maximizar la fruta y la producción (Cane y Schiffhauer, 2003a). Por otra parte se ha reportado en fresas colectadas de tratamientos con polinización por abejas , un 22% mas de semillas y un peso del fruto entre 26 y 40% más que las bayas no polinizadas (Kovach *et al.*, 2000).

En la determinación de la existencia de plantas potencialmente competidoras del cultivo de melón con la polinización de las abejas melíferas (Artículo 3), se encontró con base en el volumen de su polen, que la planta de melón es la principal fuente polinífera para las abejas y que otras plantas

visitadas por ellas durante la polinización del cultivo son de importancia secundaria. Esta información coincide con el reporte de que bajo ciertas circunstancias la ventaja numérica de las abejas puede disminuir al ser atraídas por flores alejadas del cultivo (Dogterom *et al.*, 2000). Al realizar el análisis microscópico se observaron las características diferenciales del polen encontrándose que las plantas competidoras fueron en su mayoría silvestres (ver Anexos 6 al 11), con tamaños de polen de mediano a pequeño. Esto exige a las abejas pecoreadoras un mayor consumo de energía en su colecta como se reporta en trabajos de recompensa floral de néctar y polen colectados por las abejas (Feuerbacher *et al.*, 2003; Galetto y Bernardello 2004). Por otra parte el polen de diferentes angiospermas puede ser diferenciado y la identificación basada en características tales como el tamaño, el esculpido, y el número y la posición de los poros, pudiendo ser identificado a partir de material fresco o preparado (Kearns e Inouye, 1993). Las plantas que producen semilla que son polinizadas por artrópodos tienen polen grande, esculpido y recubierto por una cera adhesiva o sustancia aceitosa que hace que los granos se peguen unos con otros y al artrópodo polinizador. Esta característica también desanima a los herbívoros, atrae a los polinizadores y es la fuente principal de alimento para los polinizadores (Gorelick, 2001).

El patrón de distribución de las abejas en el cultivo del melón (Artículo 4.) fue definido en espacio y tiempo. Las abejas se observaron durante todo el día con una actividad máxima alrededor de las 10:30 de la mañana y, la captura del polen mostró una tendencia matutina de acarreo a la colmena. Es conocido que tiempos de pecoreo mas prolongados reducen la vida de la abeja y que las cargas excesivas de polen además de reducir también su longevidad, afectan los diferentes niveles de cría al cambiar su fisiología y que de acuerdo con las

necesidades de la colonia se aumenta o disminuye el consumo de polen, su fuente primaria de proteína (Hrassnigg y Crailsheim, 1998). Los polinizadores no solo responden a los atributos de las flores por, sino también al número y tamaño de las mismas, y aquellas con grandes inflorescencias usualmente son las más atractivas. Las flores ricas en néctar y polen, también pueden recibir más visitas que aquellas con bajos niveles de estos elementos. También los factores externos que alteran el despliegue floral o la recompensa pueden modificar la oportunidad que tenga una planta de ser servida (Krupnick *et al.*, 1999).

Otro elemento importante para la polinización es el aroma: muchas plantas emiten fragancias florales, y tales aromas pueden atraer una variedad de artrópodos polinizadores, la mayoría insectos. Las fragancias florales varían ampliamente entre las especies en términos de número, identidad (Dudareva y Pichersky, 2000) y cantidad relativa de los constituyentes de compuestos volátiles (Wenner, 1998). En este estudio de la distribución y patrón de captura de polen se pudo observar el fenómeno de acarreo de agua a las colmenas observadas. Esta actividad había sido reportada con mucha anterioridad (vonFrisch, 1976) y relacionada con el control del acopio de agua en la colonia (Kuhnholz y Seeley, 1997) para el enfriamiento, dado que la abeja melífera mantiene la temperatura del nido de cría de 33 a 36 °C. También las obreras contribuyen a la regulación de la temperatura del nido de cría produciendo calor mientras se posicionan sin moverse en los opérculos de las crías alternando periodos de calentamiento y enfriamiento (Kleinhenz *et al.*, 2003).

En el último experimento, al determinar el número de abejas que visitan las flores de melón al variar el número de colmenas en el campo, (Artículo 5), se encontró que la población de abejas pecoreadoras depende de la densidad de colmenas por hectárea. Este fenómeno había sido observado en otros cultivos

(Dedej y DeLaplane, 2003 ). Se sabe que cada polinizador tiene variaciones en cuanto a las características de cantidad de polen colectado, eficiencia, tiempo en la flor, y potencial geitonogamia (deposición fraccionada de polen) y que el comportamiento del polinizador en el tiempo dedicado al pecoreo puede jugar un papel muy importante en la determinación de su eficacia (Ivey *et al.*, 2003).

Debido a las altas temperaturas que se presentan durante la floración, el tiempo de pecoreo puede llegar a ser muy importante en la polinización del melón en La Laguna, ya que las flores de melón abren temprano por la mañana y su estigma es receptivo durante pocas horas; bajo estas condiciones el estigma puede ser receptivo por solo unos pocos minutos (DeLaplane y Mayer, 2004) y la oportunidad de polinizar estará en función de la presencia constante de las abejas pecoreadoras.

Un elemento de conflicto en los sistemas de polinización es la interacción entre el comportamiento ideal del polinizador desde el punto de la planta y la divergencia que hay en el propio interés del polinizador. Debido a su inmovilidad, las plantas con polinización cruzada requieren un mensajero confiable que tenga una alta probabilidad de colocar su polen y una alta posibilidad de fertilizar un óvulo específico. El polen que encuentra un estigma inapropiado se desperdicia, y la deposición de polen inespecífico puede bloquear los sitios receptivos en el estigma y reducir la producción de semilla (Gegear y Laverty, 2001). Las propuestas de explicación para acotar la constancia floral de los polinizadores sugieren que ésta tiene múltiples causas y la explicación más común invoca alguna limitación en las habilidades cognoscitivas de los polinizadores para procesar, almacenar o registrar información acerca de múltiples tipos de flores al mismo tiempo (Goulson, 2003).

En la producción moderna de melón, las abejas se colocan en los cultivos trasladándolas generalmente al anochecer o al amanecer momento en que están confinadas. Entre las características que hacen a las abejas polinizadores importantes se encuentran: su diversidad y ubicuidad, el que tanto los adultos como las larvas se alimentan de polen y néctar, su estructura social y capacidad de comunicación, un sistema visual ajustado al espectro de color de las flores, su movilidad y habilidad en el vuelo y su tendencia a especializarse en flores concretas durante sus vuelos de colecta (Ollerton, 1999).

Las futuras investigaciones en relación a la polinización con la abeja melífera del cultivo del melón bajo las condiciones de aridez de la región, deberán abordar preguntas científicas que aporten información para evaluar el efecto del número de visitas por la abeja pecoreadora a cada flor hermafrodita sobre el crecimiento del fruto; la comparación del tamaño y calidad del fruto de lotes comerciales con y sin polinización inducida; la determinación de insectos distintos a la abeja que visitan las flores del melón y que puedan tener actividad polinizadora y; el aislamiento e identificación continuos del polen de plantas para tener un patrón de referencia regional.

#### **Literatura citada**

- Bogler, D. J., J. L. Neff y B. B. Simpson 1995. "Multiple origins of the yucca-yucca moth association." *Evolution*: 6864-6868.
- Cane, J. H. y D. Schiffhauer 2003. "Dose-response relationships between pollination and fruiting refine pollinator comparisons for cranberry (*Vaccinium macrocarpon* [Ericaceae])." *Am. J. Bot.* 90: 1425-1432.
- Danforth, B. N. y J. Ascher 1999. "Flowers and insect evolution." *Science* 283: 143.

- Dedej, S. y K. S. DeLaplane 2003. "Honey bee (Hymenoptera: Apidae) pollination of Rabbiteye Blueberry *Vaccinium ashei* var. 'Climax' is pollinator density-dependent." *J Econ Entomol* 94: 1215-1220.
- DeLaplane, K. S. y D. F. Mayer 2004. "Crop pollination by bees." University Press Cambridge, U.K.
- Dogterom, M. H., M. L. Winston y A. Mukai 2000. "Effect of pollen load size and source (self, outcross) on seed and fruit production in highbush blueberry cv. "Bluecrop" (*Vaccinium corymbosum*; Ericaceae)." *Am J Bot* 87: 1584-1591.
- Dudareva, N. y E. Pichersky 2000. "Biochemical and molecular genetic aspects of floral scents." *Plant Physiol* 122: 627-633.
- Feuerbacher, E., J. H. Fewell, S. P. Roberts, E. F. Smith y J. F. Harrison 2003. "Effects of load type (pollen or nectar) and load mass on hovering metabolic rate and mechanical power output in the honey bee *Apis mellifera*." *J Exp Biol* 206: 1855-1865.
- Galetto, L. y G. Bernardello 2004. "Floral nectaries, nectar production dynamics and chemical composition in six *Ipomoea* species. (Convolvulaceae) in relation to pollinators." *Ann Bot* 94: 269-280.
- Gegear, R. J. y T. M. Laverty 2001. "The effect of variation among floral traits on the flower constancy of pollinators." In: Chittka, L. and J.D. Thomson, editors. *Cognitive ecology of pollination. Animal behavior and floral evolution*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- Gingras, D., J. Gingras y D. De Oliveira 1999. "Visits of honeybees (Hymenoptera: Apidae) and their effects on cucumber yields in the field." *Hortic Entomol* 92: 435-438.



- Gorelick, R. 2001. "Did insect pollination cause increased seed plant diversity?"  
Biol J Linn Soc 74: 407-427.
- Goulson, D. 2003. "Effects of introduced bees on native ecosystems." Ann Rev  
Ecol Evol Syst 34: 1-26.
- Hrassnigg, N. y K. Crailsheim 1998. "The influence of brood on the pollen  
consumption of worker bees (*Apis mellifera* L.)." J Insect Physiol 44: 393-  
404.
- Ivey, C. T., P. Martinez y R. Wyatt 2003. "Variation in pollinator effectiveness in  
swamp milkweed, *Asclepias incarnata* (Apocynaceae)." Am J Bot 90: 214-  
225.
- Kearns, C. A y D. W. Inouye 1993. "Techniques for pollination biologists."  
University Press of Colorado, Niwot ,Colorado, USA.
- Kearns, C. A., D. W. Inouye y N. Waser 1998. "Endangered mutualism: The  
conservation of plant- pollinator interactions." Ann Rev Ecol Syst 29: 83-  
106.
- Klein, A. M., I. Steffan-Dewenter y T. Tschardt 2003. "Bee pollination and fruit  
set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae)." Am J Botany 90:  
153-157.
- Kleinhenz, M., B. Bujok, S. Fuchs y J. Tautz 2003. "Hot bees in empty broodnest  
cells: heating from within." J Exp Biol 206: 4217-4231.
- Kovach, J., R. Petzoldt y G. E. Harman 2000. "Use of honey bees and bumble  
bees to disseminate *Trichoderma harzianum* 1295-22 to strawberries for  
*Botrytis* Control." Biol Control 18: 235-242.
- Krupnick, G. A., A. E. Weis y D. R. Campbell 1999. "The consequences of floral  
herbivory for pollinator service to *Isomeris arborea*." Ecology 80: 125-134.

- Kuhnholz, S. y T. D. Seeley 1997. "The control of water collection by bees."  
Behav Ecol Sociobiol 41: 407-422.
- Labandeira, C. C. 1998. "How old is the flower and the fly?" Science 280: 57-59.
- Labandeira, C. C., D. L. Dilcher, D. R. Davis y D. L. Wagner 1994. "Ninety-seven million years of angiosperm-insect association: Paleobiological insights into the meaning of coevolution." Proc Natl Acad Sci USA 91: 12278-12282.
- O'Callaghan, M., T. R. Glare, E. P. J. Burgess y L. A. Malone 2005. "Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms." Annu Rev Entomol 50: 271-92.
- Ollerton, J. 1999. "The evolution of pollinator-plant relationships within the arthropods." Bol Soc Entomol Aragon Vol. Monográfico: 741-758.
- Raw, A. 2000. "Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination." Ann Bot 85: 487-492.
- Richards, A. J. 2001. "Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield?" Ann Bot 88: 165-172.
- Rueppell, O., T. Pankiw, D. I. Nielsen, M. K. Fondrk, M. Beye y R. E. Page, Jr. 2004. "The genetic architecture of the behavioral ontogeny of foraging in honeybee workers." Genetics 167: 1767-1779.
- vonFrisch, K. 1976. "Bees their vision, chemical senses, and language." Rev. ed. Second printing. Cornell University Press, Ithaca, New York, U.S.A.
- Wenner, A. M. 1998. "Odors, wind and colony foraging: The role of wind direction." Am Bee J 138: 807-810.

## Apéndice

Anexo 1. Carta de recepción del artículo enviado a Folia Entomológica Mexicana



**FOLIA ENTOMOLOGICA MEXICANA**

Xalapa, Veracruz, a 14 de abril del 2005  
Manuscrito N° 2005-011

Dr. Pedro Cano Ríos  
Campo Experimental La Laguna-INIFAP  
Apdo. Postal 247, 27000  
Torreón, Coahuila, México


Estimado Dr. Cano-Ríos:

Por este conducto me permito informarle que su trabajo titulado: "Periodos de polinización del melón con *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en la Comarca Lagunera", cuyos autores son Reyes-Camilo J.L., P. Cano-Ríos y U. Nava-Camberos, enviado a esta revista para su posible publicación, fue recibido con fecha de 13 de abril del presente año, siendo registrado con el número que aparece en el ángulo superior derecho. En lo futuro, para cualquier asunto relacionado con este trabajo, sírvase citar el número clave de su manuscrito.

Dicho trabajo será sometido a la valoración por parte de dos especialistas, así como por un miembro del Comité Editorial de la Revista *Folia Entomológica Mexicana*, quienes harán las recomendaciones pertinentes.

Sin más por el momento no me resta más que agradecer la distinción otorgada por usted a esta revista para la difusión de sus resultados de investigación.

ATENTAMENTE

  
Dr. Sergio Ibáñez-Bernal  
Editor General  
*Folia Entomológica Mexicana*

Roxana Acosta



Asamblea Pol. de la  
Xalapa 1  
Sicoo 17 00

Dr. Sergio Ibáñez-Bernal / Instituto de Ecología, A.C. / Departamento de Biodiversidad y Ecología Animal/ Km 2.5 antigua carretera a Coatepec N° 351, Congregación el Haya, CP 91070, Xalapa, Veracruz, México. / Correo electrónico: [ibanez@ecologia.edu.mx](mailto:ibanez@ecologia.edu.mx)

Anexo 2. Carta de recepción del artículo enviado a *Folia Entomológica Mexicana*



**FOLIA ENTOMOLOGICA MEXICANA**

Xalapa, Veracruz, a 9 de junio del 2005  
Manuscrito N° 2005-015

Dr. Pedro Cano Ríos  
Monte Santo 164  
Col. Valle Dorado, 27290,  
Torreón, Coahuila,


Estimado Dr. Cano-Ríos:

Por este conducto me permito informarle que su trabajo titulado: "Effect of apiary distance on cantaloupe (*Cucumis melo* L.) yield and fruit quality", cuyos autores son Reyes-Carrillo, J.L., P. Cano-Ríos, F. A. Eischen, R. Rodríguez-Martínez y U. Nava-Camberos, enviado a esta revista para su posible publicación, fue recibido con fecha de 30 de mayo del presente año, siendo registrado con el número que aparece en el ángulo superior derecho. En lo futuro, para cualquier asunto relacionado con este trabajo, sírvase citar el número clave de su manuscrito.

Dicho trabajo será sometido a la valoración por parte de dos especialistas, así como por un miembro del Comité Editorial de la Revista *Folia Entomológica Mexicana*, quienes harán las recomendaciones pertinentes.

Sin más por el momento no me resta más que agradecer la distinción otorgada por usted a esta revista para la difusión de sus resultados de investigación.

ATENTAMENTE

  
Dr. Sergio Ibáñez-Bernal  
Editor General  
*Folia Entomológica Mexicana*



Agencia de Postales 55  
Xalapa, Ver.  
C. P. 91070

Dr. Sergio Ibáñez-Bernal / Instituto de Ecología, A.C. / Departamento de Biodiversidad y Ecología Animal / Km 2.5 antigua carretera a Coatepec N° 351, Congregación el Haya, CP 91070, Xalapa, Veracruz, México. / Correo electrónico: [ibanez@ecologia.edu.mx](mailto:ibanez@ecologia.edu.mx)

**Anexo 3. Carta de recepción del artículo enviado a Southwestern  
Entomologist**

**From: "Darrell Bay" <dbay@ag.tamu.edu>**

**Date: Mon Sep 12, 2005 12:37:32 PM US/Central**

**To: <feischen@WESLACO.ARS.USDA.GOV>**

**Subject: manuscript**

**As per your request, this to notify you that the manuscript "Plant  
competition for honey bee pollinators during cantaloupe bloom in La  
Laguna, Mexico" by Jose Luis Reyes *et al.* has been received for  
consideration for publication in the Southwestern Entomologist. It  
has been send out for peer review and should be recieved a letter of  
notification of receipt in the near future.**

**Dr. Darrell E. Bay**

**Professor, and Assistant Head for Undergraduate Programs**

**Department of Entomology**

**Texas A&M University**

**College Station, TX**

**979/845-9731**

**d-bay@tamu.edu**

## Anexo 4. Carta de recepción del artículo enviado a Acta Zoológica Mexicana

Yahoo! Mail - jlreyes54@yahoo.com.mx

Página 1 de 2

**YAHOO!** CORREO  
MÉXICO

Imprimir - Cerrar ventana

**Asunto:** DE ACTA ZOOLOGICA MEXICANA

**Fecha:** Fri, 9 Sep 2005 15:58:00 -0500

**De:** "Imelda Martínez Morales" <imelda@ecologia.edu.mx>

**A:** jlreyes54@gmail.com, jlreyes54@yahoo.com.mx

**MANUSCRITO No. AZM05-44**

Xalapa, Veracruz. A 8 de septiembre del 2005

Prof. José Luis Reyes Carrillo

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Torreón, Coahuila

Presente

Por este conducto me dirijo a Usted para comunicarle que su trabajo científico titulado:

**Pollen collection and honey bee forager distribution in cantaloupe** elaborado en colaboración con F. A. Eischen, P. Cano Rios, R. Rodríguez Martínez y U. Nava Camberos, ha sido recibido el 2 de septiembre del presente año

Su manuscrito ha sido sometido a la revisión de dos revisores y de un editor asociado del Comité Editorial quienes determinarán lo más pronto posible las recomendaciones pertinentes. Para toda correspondencia futura relacionada con su manuscrito, le rogamos citar el número del ángulo superior derecho.

Agradecemos la distinción que hace al considerar nuestra revista para difundir los resultados de su investigación.

Atentamente

Dra. Imelda Martínez M.

Editora Ejecutiva

Dra. Imelda Martínez Morales

Jefa del Departamento de Biodiversidad y Ecología Animal

Instituto de Ecología, A. C.

km. 2.5 Antigua Carretera a Coatepec No. 351

[http://mx.f526.mail.yahoo.com/vm/ShowLetter?box=Inbox&MsgId=3687\\_2036105\\_210...](http://mx.f526.mail.yahoo.com/vm/ShowLetter?box=Inbox&MsgId=3687_2036105_210...) 12/09/2005

**Anexo 5. Carta de recepción del artículo enviado a Agricultura Técnica en México**



**REVISTA AGRICULTURA TÉCNICA EN MÉXICO**  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y  
PECUARIAS  
Km 18.5 Carr. Los Reyes-Lechería 56230 Texcoco, Edo. de Méx.  
Apdo. Postal 10. 56230 Chapingo, Texcoco, Edo. de Méx.  
e-mail: revista\_atm@yahoo.com.mx  
Tel. y Fax: 01 595 95 4 29 64

**inifap**

Chapingo, Edo. de México, 12 de agosto de 2005  
Ref.: 324-05

**M.C. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO**  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**ANTONIO NARRO**  
**PRESENTE:**

Por este medio agradezco y acuso recibo de su artículo: **"Spatial and temporal distribution of honey bee foragers in a cantaloupe field with different colony densities"**, que fue enviado para su publicación en la revista Agricultura Técnica en México.

Así mismo, me permito informarle que su contribución será sometida a revisión técnica por los árbitros asignados y posteriormente se le notificará sobre las observaciones correspondientes.

Agradezco su colaboración y le envío un cordial saludo.

**Atentamente**

**DR. JORGE A. ACOSTA GALLEGOS**  
**EDITOR EN JEFE DE LA REVISTA**  
**AGRICULTURA TÉCNICA EN MÉXICO**

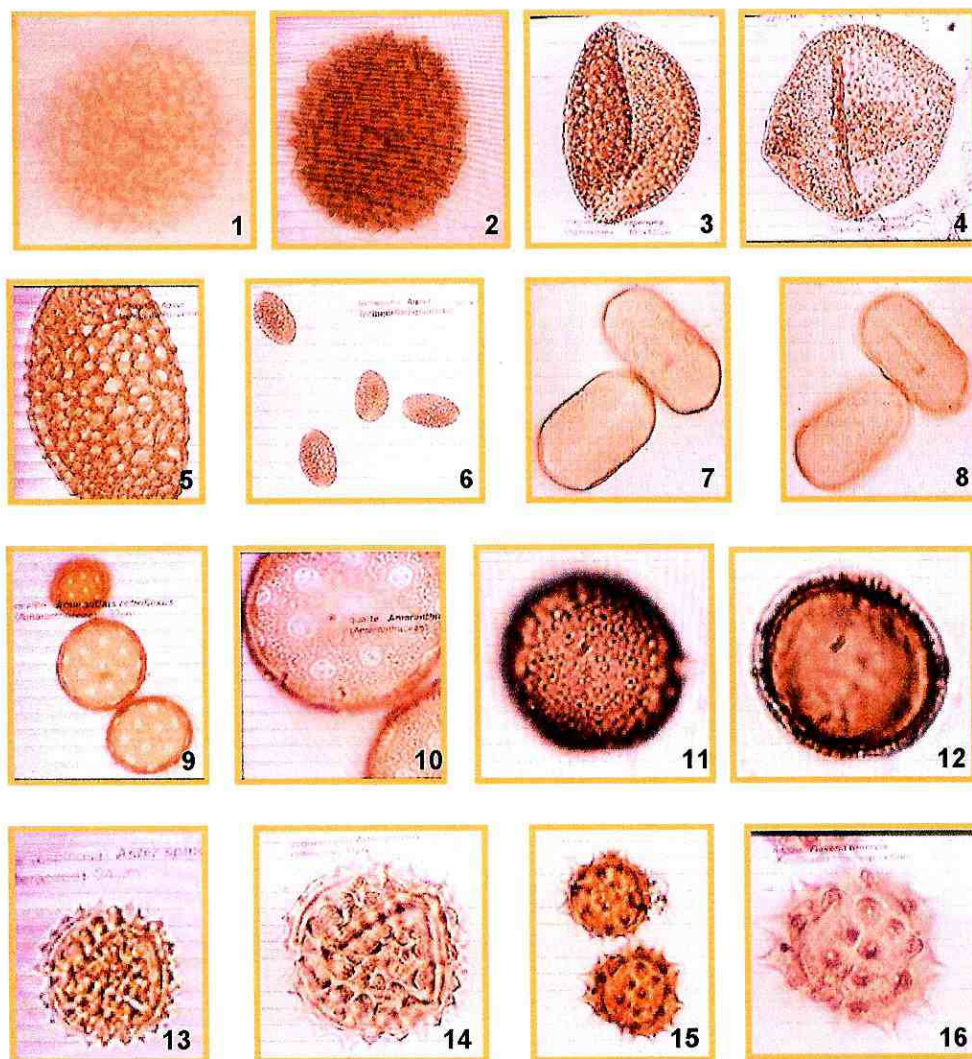


## Anexo 6. Plantas silvestres de la Región Lagunera donadoras de polen

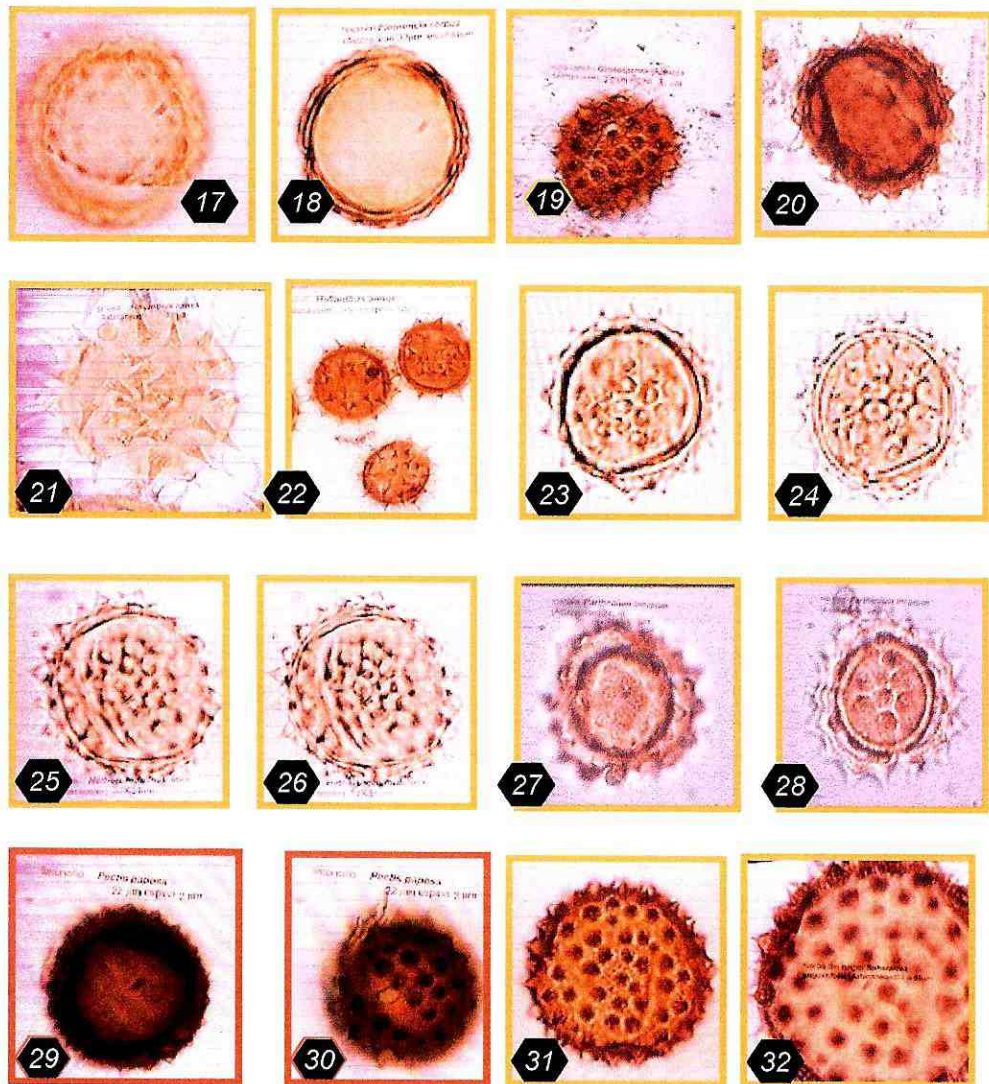
Nº	Familia	Nombre científico	Nombre común	Fotografía
1	Acanthaceae	<i>Ruellia malacosperma</i>	flor morada	1, 2
2	Agavaceae	<i>Agave asperima</i>	maguey	3, 4
3	Agavaceae	<i>Agave lechuguilla</i>	lechuguilla	5, 6
4	Aloeaceae	<i>Aloe vera</i>	sábila	7, 8
5	Amaranthaceae	<i>Amaranthus palmeri</i>	quelite	9, 10
6	Asclepiadaceae	<i>Asclepias</i> sp	apestosa	11, 12
7	Asteraceae	<i>Aster spinosus</i>	aster, taguarique	13, 14
8	Asteraceae	<i>Flaveria trinervia</i>	retama	15, 16
9	Asteraceae	<i>Flourenzia cernua</i>	hojasén	17, 18
10	Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosa</i>	tata lencho	19, 20
11	Asteraceae	<i>Helianthus annuus</i>	girasolillo	21, 22
12	Asteraceae	<i>Helianthus ciliaris</i>	amargosa	23, 24
13	Asteraceae	<i>Machaeranthera pinatifida</i>	arnica silvestre, arniquilla	25, 26
14	Asteraceae	<i>Parthenium incanum</i>	mariola	27, 28
15	Asteraceae	<i>Pectis papposa</i>	linoncillo	29, 30
16	Asteraceae	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>	hierba del negro	31, 32
17	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	diente de león	33, 34
18	Asteraceae	<i>Viguiera stenoloba</i>	escalerilla, margaritón	35, 36
19	Bignoniaceae	<i>Chilopsis linearis</i>	jara, mimbre	37, 38
20	Boraginaceae	<i>Cordia parviflora</i>	vara prieta	39, 40
21	Brassicaceae	<i>Sisymbrium auriculatum</i>	mostaza	41, 42
22	Brassicaceae	<i>Sisymbrium irio</i>	mostacilla	43, 44
23	Cactaceae	<i>Ariocarpus fissuratus</i>	peyote falso	45, 46
24	Cactaceae	<i>Echinocactus uncinatus</i>	bisnaga ganchuda	47, 48
25	Cactaceae	<i>Echinocereus pectinatus</i>	bisnaga	49, 50
26	Cactaceae	<i>Echinocactus merkeri</i>	alicoche	50, 51
27	Cactaceae	<i>Mammillaria gummiferae</i>	huevo de toro	53, 54
28	Cactaceae	<i>Lophophora williamsii</i>	peyote	55, 56
29	Cactaceae	<i>Pachycereus marginatus</i>	órgano	57, 58
30	Cactaceae	<i>Opuntia imbricata</i>	cardenche	59, 60
31	Cactaceae	<i>Opuntia microdasys</i>	nopal cegador	61, 62
32	Cactaceae	<i>Opuntia rastrera</i>	nopal rastrero	63, 64
33	Cactaceae	<i>Thelocactus bicolor</i>	bisnaga torcida	65, 66
34	Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i>	correhuela perenne	67, 68

N°	Familia	Nombre científico	Nombre común	Fotografía
35	Convolvulaceae	<i>Cuscuta arvensis</i>	cuscuta	69, 70
36	Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i>	correhuela anual	71, 72
37	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita foetidissima</i>	calabacilla loca	73, 74
38	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	candelilla	75, 76
39	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia micromera</i>	golondrina	77, 78
40	Euphorbiaceae	<i>Croton dioicus</i>	hierba del gato, encinillo	79, 80
41	Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i>	sangre de drago	81, 82
42	Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	huizache	83, 84
43	Fabaceae	<i>Caesalpinia gilliesii</i>	tabachín	85, 86
45	Fabaceae	<i>Prosopis juliflora</i>	mezquite	87, 88
44	Fabaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	mezquite americano	89, 90
46	Fouquieriaceae	<i>Fouquieria splendens</i>	ocotillo	91, 92
47	Labiatae	<i>Sonchus oleraceus</i>	cerraja	93, 94
48	Malvaceae	<i>Hibiscus culteri</i>	amarilla	95, 96
49	Nyctaginaceae	<i>Allionia incarnata</i>	h. de la hormiga	97, 98
50	Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i>	chicalote	99, 100
51	Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	zacate Bufiél	101, 102
52	Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	zacate chino	103, 104
53	Poaceae	<i>Sorghum halepense</i>	zacate Johnson	105, 106
54	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	verdolaga	107, 108
55	Chenopodiaceae	<i>Salsola iberica</i>	rodadora, voladora	109, 110
56	Ranunculaceae	<i>Clematis drumondi</i>	barbas de chivo	111, 112
57	Solanaceae	<i>Chamaesaracha villosa</i>	pehuda	113, 114
58	Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	toloache	115, 116
59	Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	virginio	117, 118
60	Solanaceae	<i>Physallis phylladelphica</i>	tomatillo	119, 120
61	Solanaceae	<i>Solanum eleagnifolium</i>	trompillo	121, 122
62	Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i>	mala mujer	123, 124
63	Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i>	orégano	125, 126
64	Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i>	gobernadora	127, 128
65	Zygophyllaceae	<i>Kalstroemia hirsutissima</i>	amapola amarilla	129, 130
66	Zygophyllaceae	<i>Peganum mexicanum</i>	garbancillo	131, 132
67	Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i>	torito	133, 134

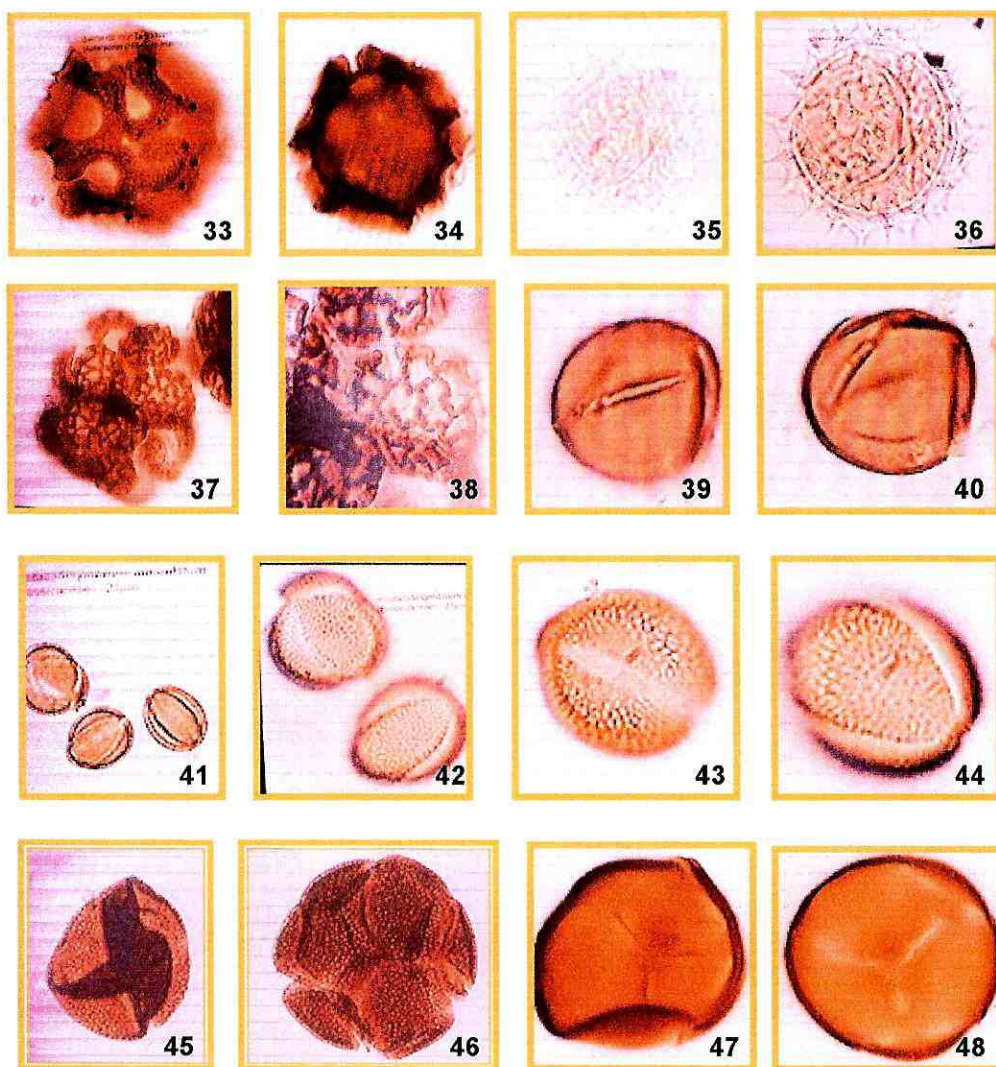
**Anexo 7. Microfotografías del polen de las plantas silvestres donadoras de polen**



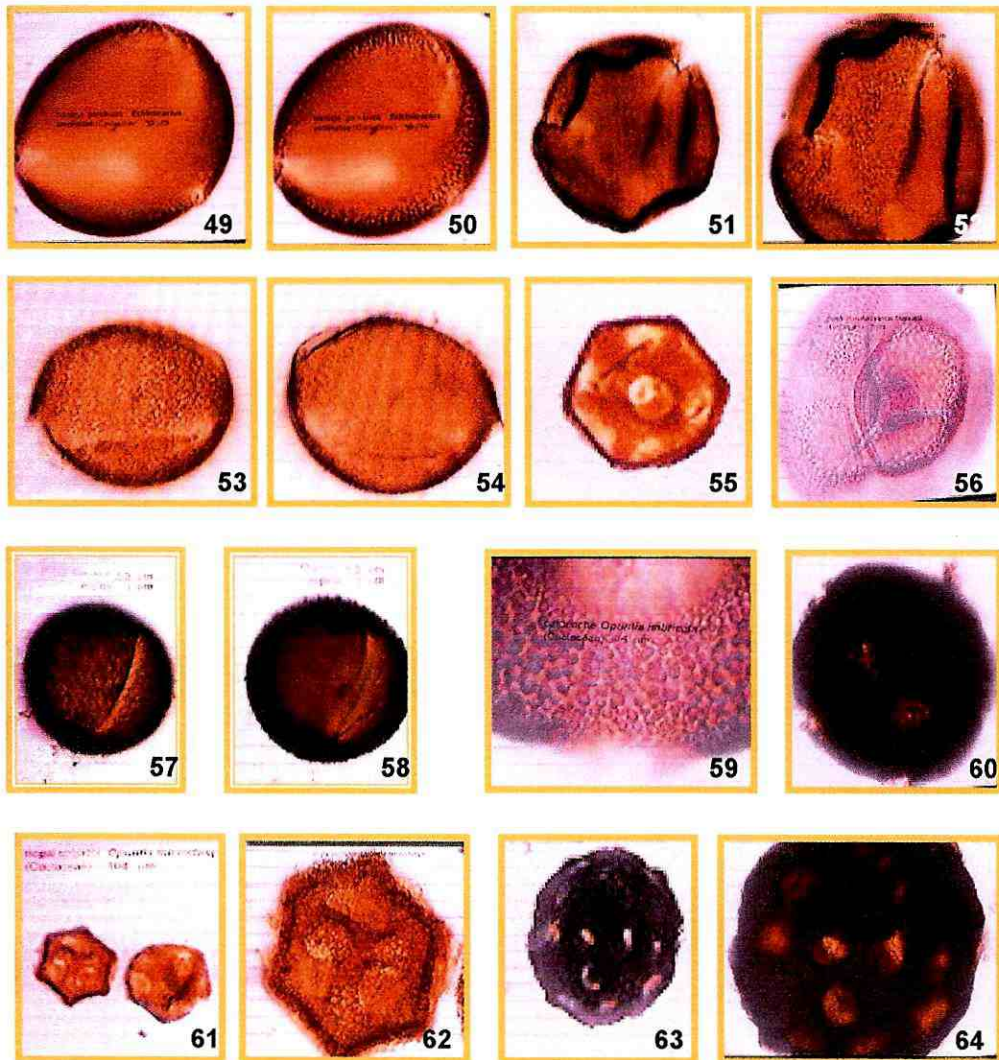
1-2 *Ruelia malacosperma* (Acanthaceae) 70X85  $\mu\text{m}$ , 3-4 *Agave asperima* (Agavaceae) 105X125  $\mu\text{m}$ , 5-6 *Agave lechuguilla* (Agavaceae) 60X114  $\mu\text{m}$ , 7-8 *Aloe vera* (Aloeaceae) 22x42  $\mu\text{m}$ , 9-10 *Amaranthus palmeri* (Amaranthaceae) 32  $\mu\text{m}$ , 11-12 *Asclepsidae Asclepias* sp 24 mm, 13-14 *Aster spinosus* (Asteraceae) 34  $\mu\text{m}$ , 15-16 *Flaveria trinervia* (Asteraceae) 28  $\mu\text{m}$ .



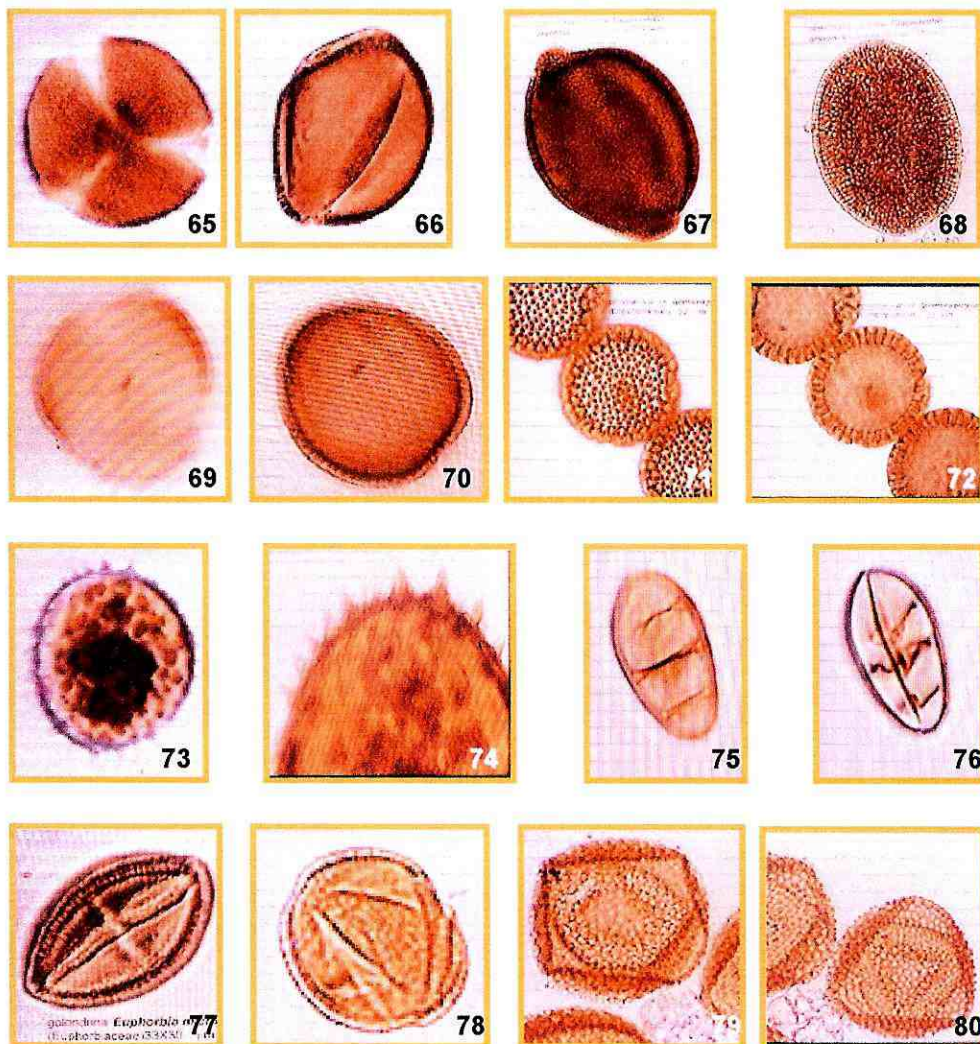
**17-18** *Flourenzia cernua* (**Asteraceae**) 33  $\mu\text{m}$ , **19-20** *Gimnosperma glutinosa* (**Asteraceae**) 20 mm, **21-22** *Helianthus annus* 33  $\mu\text{m}$ , **23-24** *Helianthus ciliaris* (**Asteraceae**) 57-60  $\mu\text{m}$ , **25-26** *Machaerantera pinatifida* (**Asteraceae**) 37X34 mm, **27-28** *Parthenium incanum* (**Asteraceae**) 28  $\mu\text{m}$ , **29-30** *Pectis papposa* (**Asteraceae**) 22  $\mu\text{m}$ , **31-32** *Spharalcea angustifolia* (**Asteraceae**) 33 a 58  $\mu\text{m}$ .



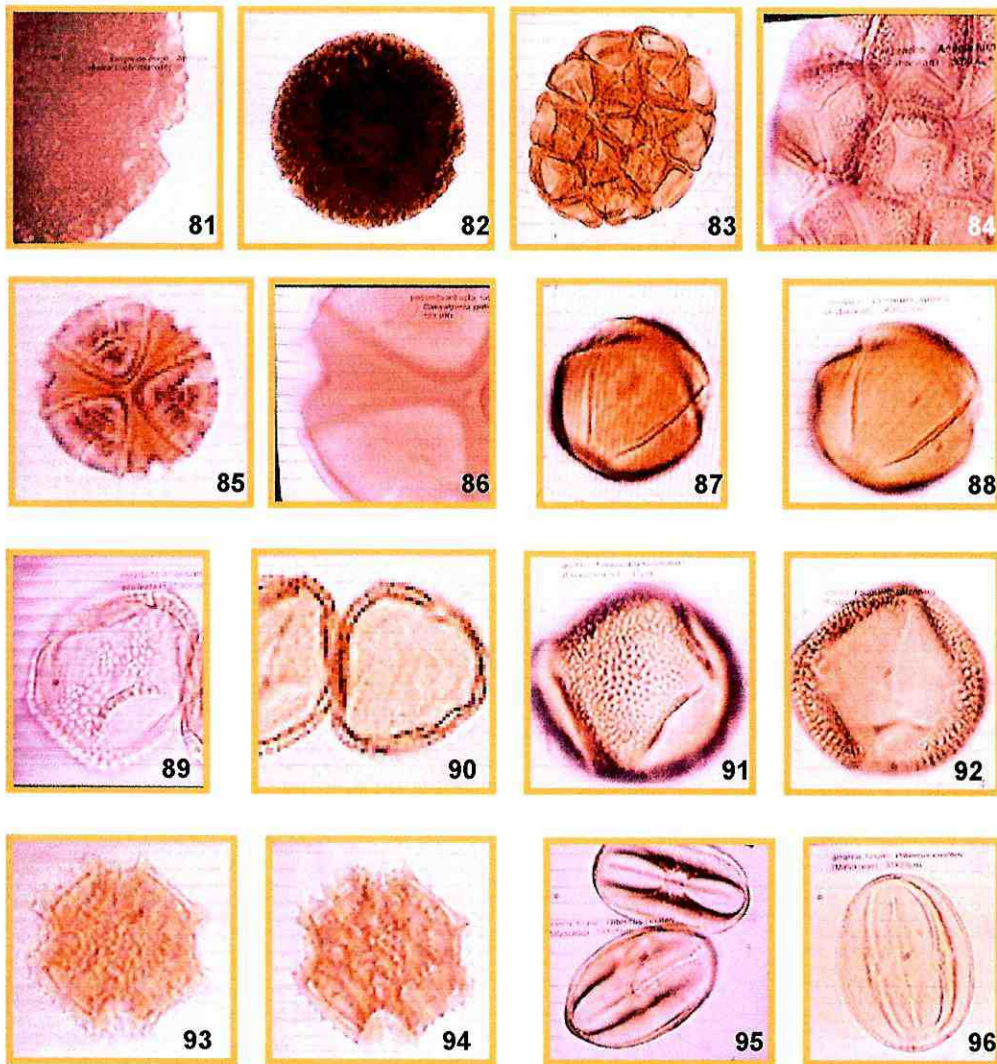
33-34 *Taraxacum officinale* (Asteraceae) 35X47  $\mu\text{m}$ , 35-36 *Viguiera stenoloba* (Asteraceae) 40  $\mu\text{m}$ , 37-38 *Chilopsis linearis* (Bignoniaceae) 58  $\mu\text{m}$ , 39-40 *Cordia parviflora* (Boraginaceae) 35  $\mu\text{m}$ , 41-42 *Sisymbrium auriculatum* (Brassicaceae) 21  $\mu\text{m}$ , 43-44 *Sisymbrium irio* (Brassicaceae) 17  $\mu\text{m}$ , 45-46 *Ariocarpus fissuratus* (Cactaceae) 77  $\mu\text{m}$ , 47-48 *Echinocactus uncinatus* (Cactaceae) 39  $\mu\text{m}$ .



49-50 *Echinocereus pectinatus* (Cactaceae) 80  $\mu$ m, 51-52 *Echinocactus merkeri* (Cactaceae) 48  $\mu$ m, 53-54 *Mammillaria gummiferae* (Cactaceae) 47X36  $\mu$ m, 55-56 *Lophophora williamsii* (Cactaceae) 77  $\mu$ m, 57-58 *Pachycereus marginatus* (Cactaceae) 30X43  $\mu$ m, 59-60 *Opuntia imbricata* (Cactaceae) 147  $\mu$ m, 61-62 *Opuntia microdasys* (Cactaceae) 108  $\mu$ m, 63-64 *Opuntia rastrera* (Cactaceae) 114  $\mu$ m.

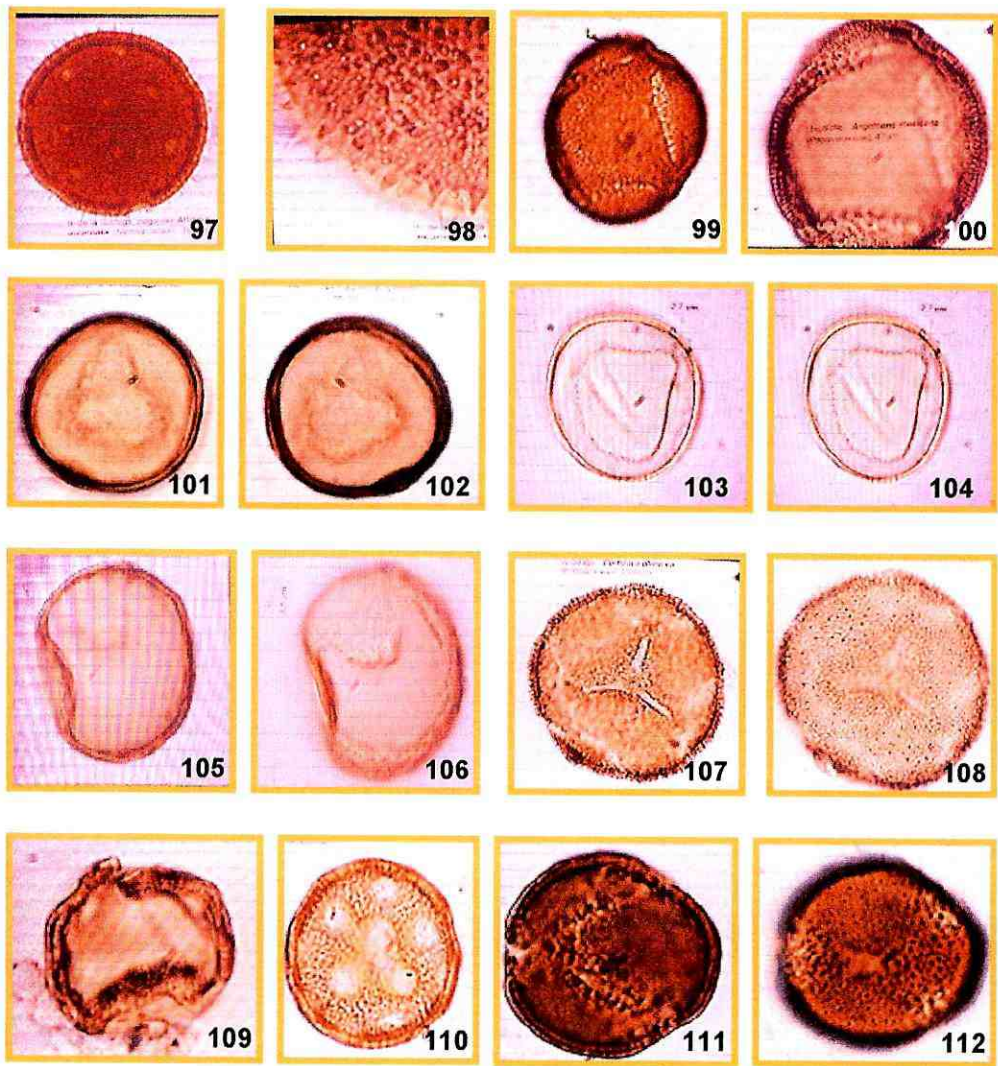


**65-66** *Thelocactus bicolor* (Cactaceae) 57  $\mu\text{m}$ , **67-68** *Convolvulus arvensis* (Convolvulaceae) 75X94  $\mu\text{m}$ , **69-70** *Cuscuta arvensis* (Convolvulaceae) 26  $\mu\text{m}$ , **71-72** *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae) 22  $\mu\text{m}$ , **73-74** *Cucurbita foetidissima* (Cucurbitaceae) 130  $\mu\text{m}$ , **75-76** *Euphorbia antisiphilitica* (Euphorbiaceae) 9x18  $\mu\text{m}$ , **77-78** *Euphorbia micromera* 33X30  $\mu\text{m}$ , **79-80** *Croton sp* (Euphorbiaceae) 130x85  $\mu\text{m}$ .

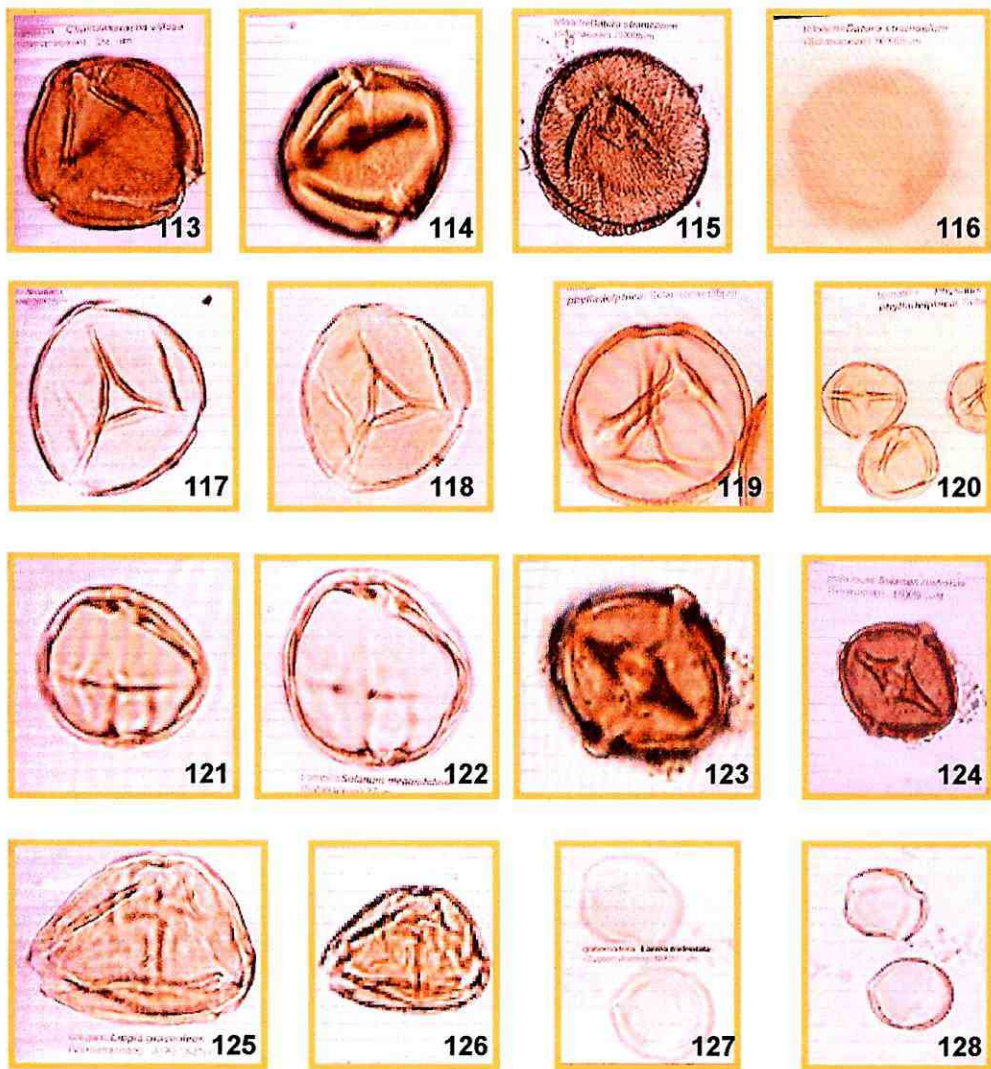


**81-82** *Jatropha dioica* (**Euphorbiaceae**) 72 $\mu$ m, **83-84** *Acacia farnesiana*,  
*A.* (**Fabaceae**) 66X80  $\mu$ m, **85-86** *Caesalpinia gilliesii* (**Fabaceae**) 113  $\mu$ m,  
**87-88** *Prosopis juliflora* (**Fabaceae**) 40X35  $\mu$ m, **89-90** *Parkinsonia*  
*aculeata* (**Fabaceae**) 37  $\mu$ m, **91-92** *Fouquieria splendens* (**Fouquieriaceae**)  
41  $\mu$ m, **93-94** *Sonchus oleraceus* (**Labiatae**) 53  $\mu$ m, **95-96** *Hibiscus*  
*coulteri* (**Malvaceae**) 33X29  $\mu$ m.

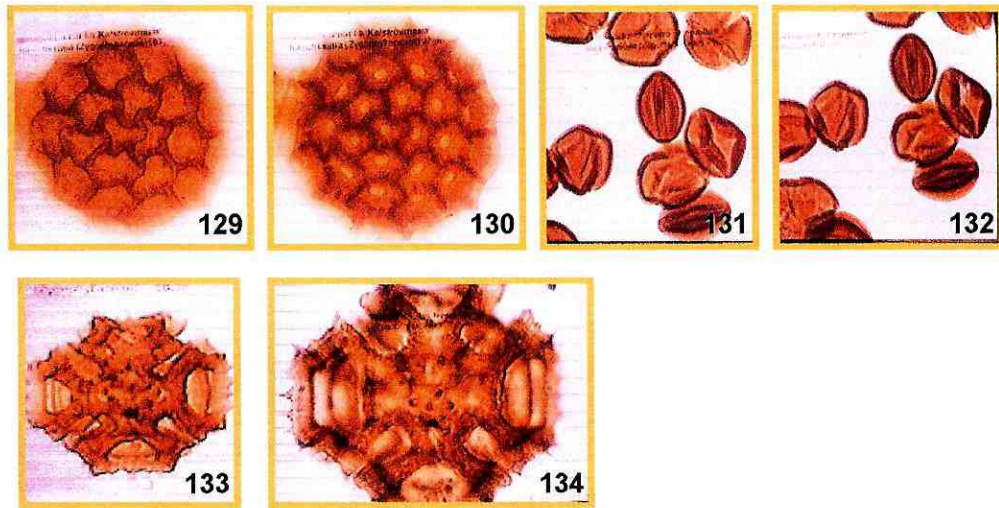




97-98 *Allionia incarnata* (Nyctaginaceae) 105  $\mu\text{m}$ , 99-100 *Argemone mexicana* (Papaveraceae) 47  $\mu\text{m}$ , 101-102 *Cenchrus ciliaris* (Poaceae) 30  $\mu\text{m}$ , 103-104 *Cynodon dactylon* (Poaceae) 27  $\mu\text{m}$ , 105-106 *Sorghum halepense* (Poaceae) 30  $\mu\text{m}$ , 107-108 *Portulaca oleracea* (Portulacaceae) 93-95  $\mu\text{m}$ , 109-110 *Salsola iberica* (Quenopodiaceae) 29  $\mu\text{m}$ , 111-112 *Clematis drumondi* (Ranunculaceae) 24  $\mu\text{m}$ .



**113-114** *Chamaesaracha villosa* (Solanaceae) 24  $\mu\text{m}$ , **115-116** *Datura stramonium* (Solanaceae) 53X55  $\mu\text{m}$ , **117-118** *Nicotiana glauca* (Solanaceae) 30X38  $\mu\text{m}$ , **119-120** *Physallis phylladelphica* (Solanaceae) 35  $\mu\text{m}$ , **121-122** *Solanum eleagnifolium* (Solanaceae) 37 $\mu\text{m}$ , **123-124** *Solanum rostratum* (Solanaceae) 16x19  $\mu\text{m}$ , **125-126** *Lippia graveolens* (Verbenaceae) 31X31X31  $\mu\text{m}$ , **127-128** *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) 18X20  $\mu\text{m}$ .

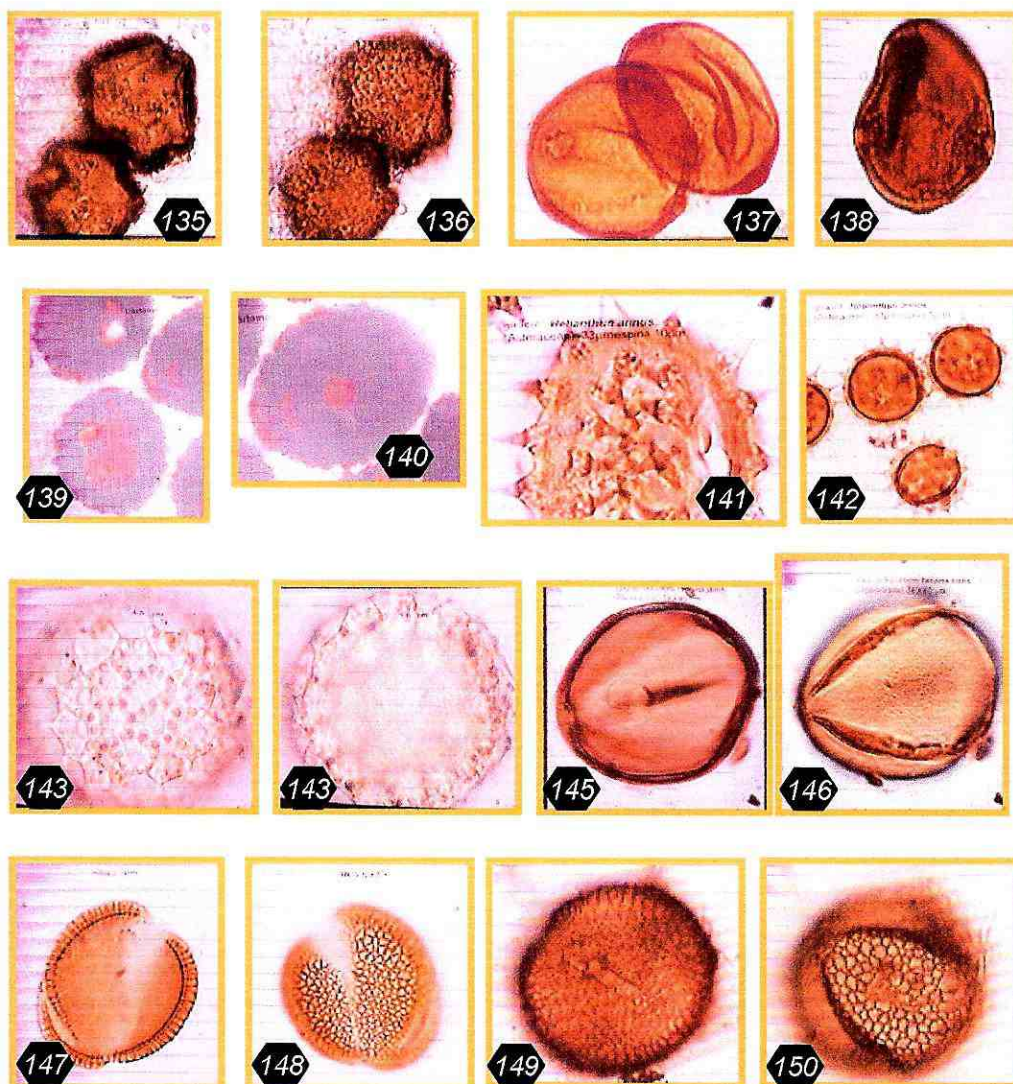


**129-130** *Kalstroemia hirsutissima* (Zygophyllaceae) 107  $\mu\text{m}$ , **131-132**  
*Peganum mexicanum* (Zygophyllaceae) 28  $\mu\text{m}$ , **133-134** *Tribulus*  
*terrestris* (Zygophyllaceae) 58  $\mu\text{m}$ .

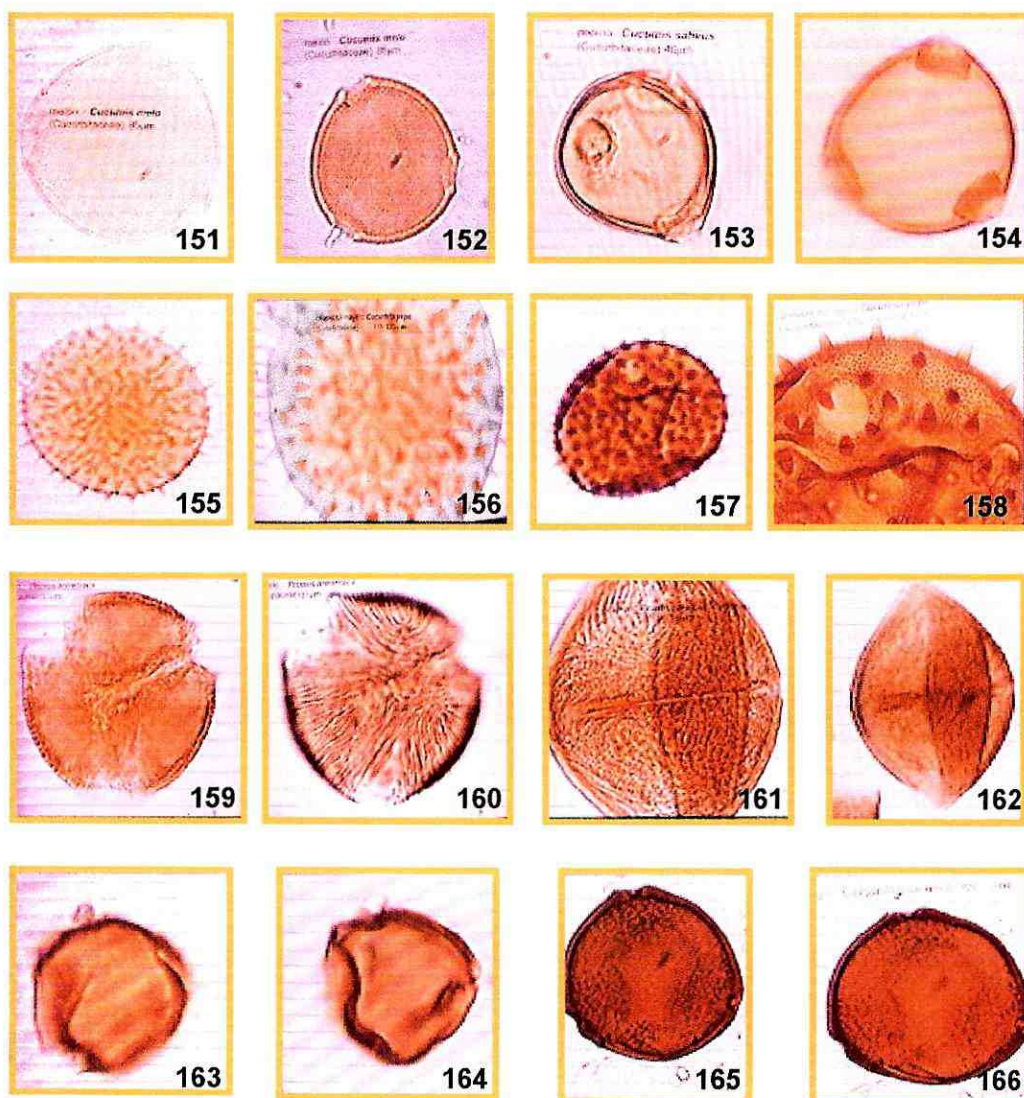
## Anexo 8. Plantas cultivadas y ornamentales donadoras de polen

N°	Familia	Nombre científico	Nombre común	fotografía
68	Ampelidaceae	<i>Vitis vinifera</i>	vid	135, 136
69	Apocinaceae	<i>Nerium oleander</i>	adelfa, laurel de flor	137, 138
70	Asteraceae	<i>Carthamus tinctorius</i>	cártamo	139, 140
71	Asteraceae	<i>Helianthus annuus</i>	girasol	141, 142
72	Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i>	cempoal	143, 144
73	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	vara de San Pedro	145, 146
74	Brassicaceae	<i>Brassica oleracea var. italica</i>	brócoli	147, 148
75	Cucurbitaceae	<i>Citrullus lannatus</i>	sandía	149, 150
76	Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i>	melón	151, 152
77	Cucurbitaceae	<i>Cucumis sativus</i>	pepino	153, 154
78	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i>	calabacita mayera	155, 156
79	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i>	calabaza de casco	157, 158
80	Drupaceae	<i>Prunus armeniaca</i>	ciruelo	159, 160
81	Drupaceae	<i>Prunus persica</i>	durazno	161, 162
82	Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	alfalfa	163, 164
83	Juglandaceae	<i>Carya illinoensis</i>	nogal	165, 166
84	Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i>	algodón	167, 168
85	Moraceae	<i>Morus nigra</i>	mora	169, 170
86	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	eucalipto	171, 172
87	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	guayaba	173, 174
88	Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i>	bugambilia	175, 176
89	Oleaceae	<i>Ligustrum japonicum</i>	trueno	177, 178
90	Palmaceae	<i>Phoenix dactylifera</i>	palma datilera	179, 180
91	Pitosporeae	<i>Pittosporum tobira</i>	clavo	181, 182
92	Poaceae	<i>Sorghum vulgare</i>	sorgo	183, 184
93	Poaceae	<i>Zea mays</i>	maíz	185, 186
94	Punicaceae	<i>Punica granatum</i>	granada	187, 188
95	Polygonaceae	<i>Antigonon lectus</i>	cualmecate	189, 190
96	Rosaceae	<i>Cotoneaster sp</i>	pinguico	191, 192
97	Rosaceae	<i>Cydonia oblonga</i>	membrillo	193, 194
98	Rosaceae	<i>Malus spp</i>	manzano	195, 196
99	Rosaceae	<i>Rosa centifolia</i>	rosa	197, 198
100	Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i>	lima	199, 200
101	Rutaceae	<i>Citrus grandis</i>	toronjo	201, 202
102	Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	limón	203, 204
103	Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	limón real	205, 206
104	Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	naranja	207, 208
105	Tamaricaceae	<i>Tamarix pentandra</i>	pinabete	209, 210
106	Umbelliferae	<i>Coriandrum sativum</i>	cilantro	211, 212

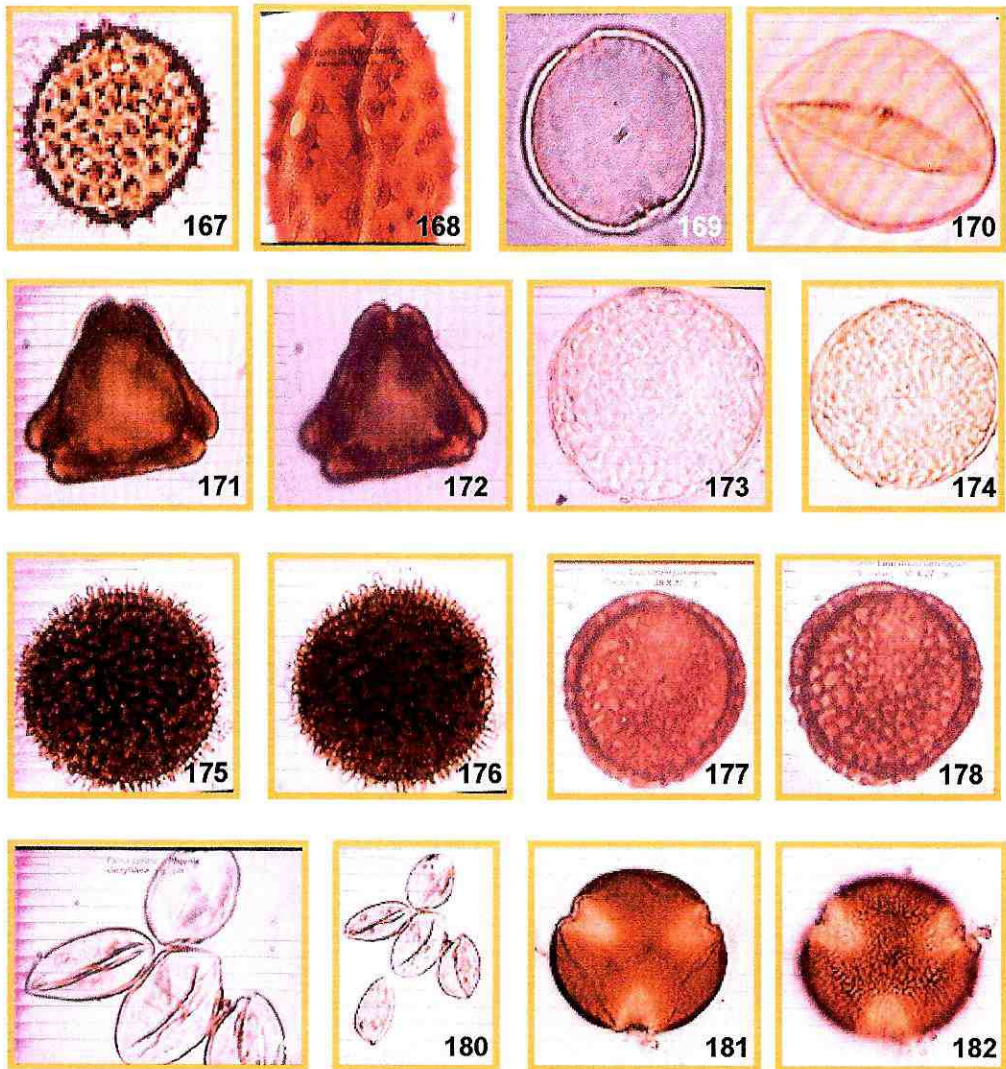
**Anexo 9. Microfotografías del polen de las plantas cultivadas y ornamentales donadoras de polen**



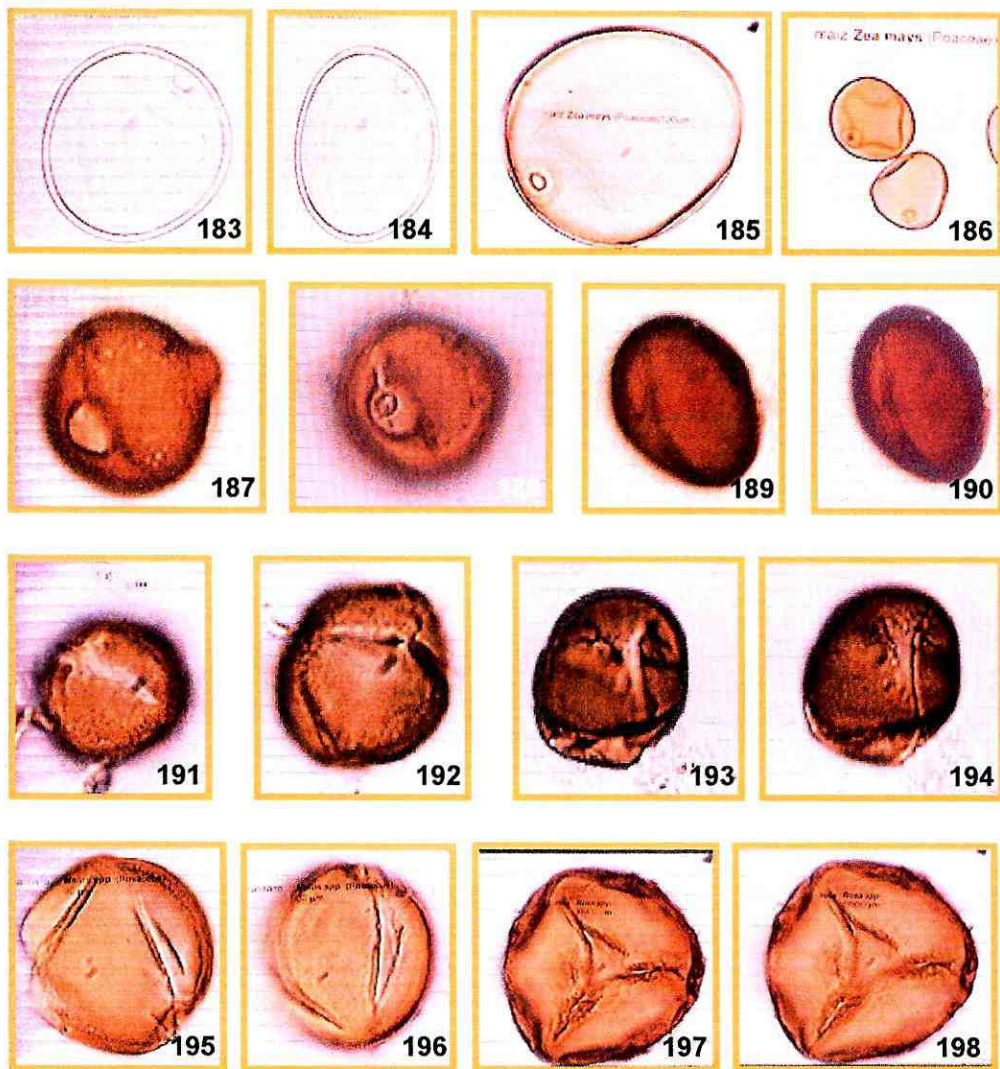
**135-136** *Vitis vinifera* (Ampelidaceae) 22  $\mu$ m, **137-138** *Nerium oleander* (Apocinaceae) 80X60  $\mu$ m, **139-140** *Carthamus tinctorius* (Asteraceae) 47X63  $\mu$ m, **141-142** *Helianthus annuus* (Asteraceae) 33  $\mu$ m, **143-144** *Tagetes erecta* (Asteraceae) 46  $\mu$ m. **145-146** *Tecoma stans* (Bignoniaceae) 34x40  $\mu$ m, **147-148** *Brassica oleracea* var.italica (Brassicaceae) 25X27  $\mu$ m, **149-150** *Citrullus lannatus* (Cucurbitaceae) 79  $\mu$ m,



**151-152** *Cucumis melo* (**Cucurbitaceae**) 85  $\mu\text{m}$ , **153-154** *Cucumis sativus* (**Cucurbitaceae**) 46  $\mu\text{m}$ , **155-156** *Cucurbita pepo* (**Cucurbitaceae**) 115-130  $\mu\text{m}$ , **157-158** *Cucurbita pepo* (**Cucurbitaceae**) 158  $\mu\text{m}$ , **159-160** *Prunus armeniaca* (**Drupaceae**) 37  $\mu\text{m}$ , **161-162** *Prunus persica* (**Drupaceae**) 40X59  $\mu\text{m}$ , **163-164** *Medicago sativa* (**Fabaceae**) 33X38  $\mu\text{m}$ , **165-166** *Carya illinoensis* (**Juglandaceae**) 53  $\mu\text{m}$ .

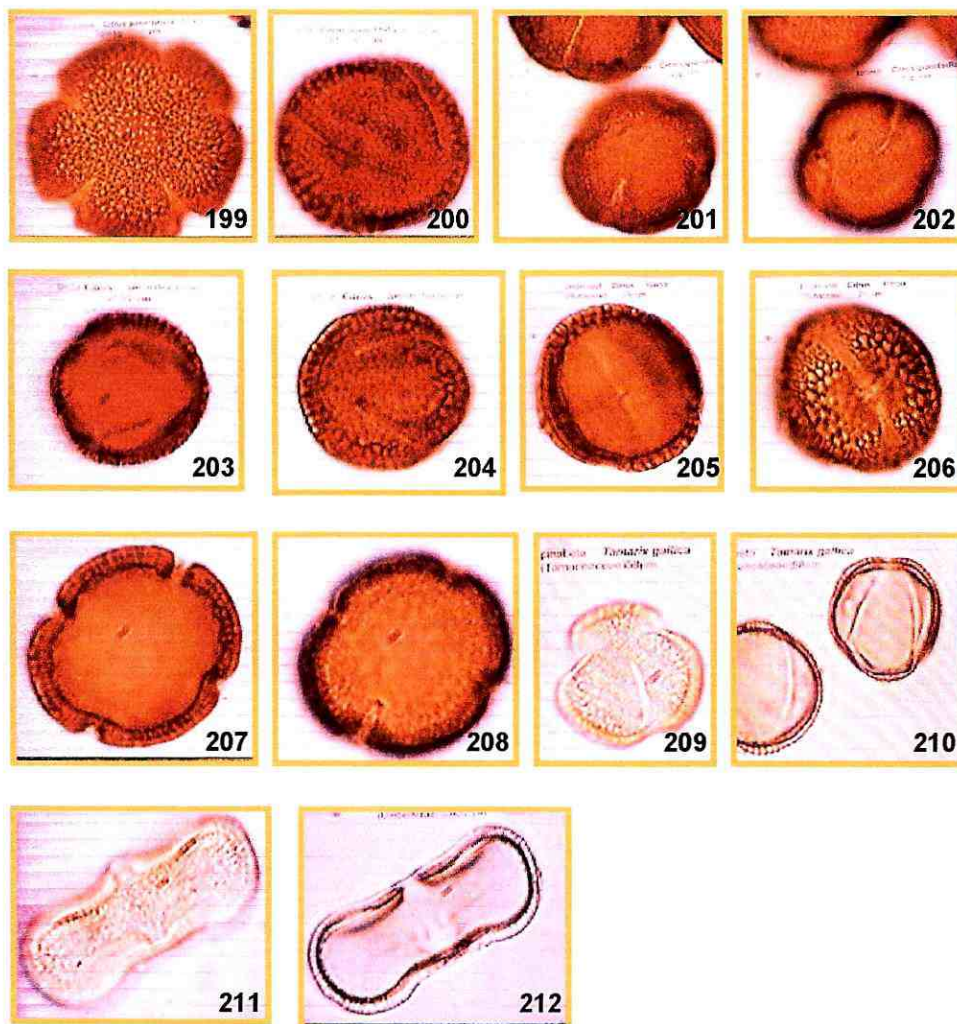


**167-168** *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) 125  $\mu\text{m}$ , **169-170** *Morus nigra* (Moraceae) 25X22  $\mu\text{m}$ , **171-172** *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) 20x20x20  $\mu\text{m}$ , **173-174** *Psidium guajava* (Myrtaceae) 40  $\mu\text{m}$ , **175-176** *Bougainvillea glabra* (Nyctaginaceae) 35  $\mu\text{m}$ , **177-178** *Ligustrum japonicum* (Oleacea) 30x27  $\mu\text{m}$ , **179-180** *Phoenix dactylifera* (Palmaceae) 19  $\mu\text{m}$ , **181-182** *Pittosporum tobira* (Pittosporaceae) 40  $\mu\text{m}$ .



183-184 *Sorghum vulgare* (Poaceae) 56X51  $\mu\text{m}$ , 185-186 *Zea mays* (Poaceae) 120  $\mu\text{m}$ , 187-188 *Punica granatum* (Punicaceae) 22  $\mu\text{m}$ , 188-190 *Antigonon lectus* (Polygonaceae) 39x52  $\mu\text{m}$ , 191-192 *Cotoneaster* spp (Rosaceae) 114  $\mu\text{m}$ , 193-192 *Cydonia oblonga* (Rosaceae) 37  $\mu\text{m}$ , 195-196 *Malus* spp (Rosaceae) 30  $\mu\text{m}$ , 197-198 *Rosa centifolia* (Rosaceae) 37X30  $\mu\text{m}$ .





199-200 *Citrus aurantium* (Rutaceae) 31, 42  $\mu\text{m}$ , 201-202 *Citrus grandis* (Rutaceae) 34  $\mu\text{m}$ , 203-204 *Citrus limon* (Rutaceae) 31-33  $\mu\text{m}$ , 205-206 *Citrus limon* (Rutaceae) 25  $\mu\text{m}$ , 207-208 *Citrus sinensis* (Rutaceae) 34  $\mu\text{m}$ , 209-210 *Tamarix pentandra* (Tamaricaceae) 58  $\mu\text{m}$ , 211-212 *Coriandrum sativum* (Umbelliferae) 33X12  $\mu\text{m}$ .

## **Anexo 10. Técnica para el aislamiento del polen (Kearns e Inouye 1993)**

### **Materiales requeridos**

Muestra de polen

Anhídrido acético

Ácido sulfúrico concentrado

Ácido acético glacial

Agua destilada

Baño maría

Tubos de centrifugación

Centrífuga 2400 rpm

Vortex

Criba de .14 mm cuadrados

Campana de gases

Matraz y vaso de precipitado

Pinzas para tubo de ensayo

gradilla

### **Mezcla de acetolisis**

Preparar la mezcla fresca cada día , utilizando la campana de gases.

Agregue 9 partes de anhídrido acético a 1 parte de ácido sulfúrico, agregando el ácido muy despacio ( esto es, una gota cada vez) a el anhídrido. Como precaución, ponga el recipiente en un baño de agua

fresca mientras se va agregando el ácido porque esto causa una reacción exotérmica. La mezcla se puede guardar en una botella de plástico.

### **Procedimiento**

1. En un tubo de ensaye que contenga ácido acético glacial agregar directamente las anteras. Se debe dejar por algunas horas, pero puede ser almacenada por años de esta manera.
2. Elimine el ácido y agregue unos cuantos mililitros de la mezcla de acetolisis. Use una varilla de vidrio para aplastar las anteras contra las paredes de vidrio para liberar los granos de polen.
3. Transfiera el fluido de acetolisis y el material de muestra a un tubo de centrífuga.
4. Agregue unos 5-10 mililitros de la mezcla de acetolisis al tubo de centrífuga mézclelo con la varilla de vidrio y caliéntelo en baño María (dentro de la campana de gases). Se mueve constantemente el tubo mientras se tiene en el baño maría calentando lentamente hasta ebullición y dejándolos así durante uno o dos minutos. Sí se rompe el tubo de centrifugación durante el proceso en el baño María la reacción resultante puede salpicar agua alrededor.

5. Enfriar el tubo unos cuantos minutos y centrifugar otra vez (a 2400 rpm). Es recomendable colocar un cojincillo de algodón al tubo de centrifuga en el compartimiento del tubo en la centrifugadora para proteger el tubo de vidrio y absorber el líquido sí el tubo se rompe.
6. Elimine la mezcla de acetolisis.
7. Agregar 5 mililitros de agua destilada y lave el sedimento poniéndolo a agitar en un vortex (esto puede ser unos segundos). Sí no se tiene vortex, utilice como agitador la varilla de vidrio.
- 8 Después de agitar o mezclar, agregar otros 5 ml de agua destilada, centrifugar y eliminar el agua.
9. Agregar agua destilada de nuevo, mezcle y pase el agua a través de una malla de acero inoxidable o bronce a un tubo de centrifuga limpio y elimine las piezas de anteras, etc. Sí se tienen mallas de diferente tamaño, se pueden pasar de las de mayor a menor tamaño; de otra manera una malla de 0.14 mm<sup>2</sup> funciona bien.
10. Centrifugue la muestra y elimine el agua.
11. Agregar unas 12 gotas de una mezcla de agua: glicerina 1: 1. Deje reposar la mezcla por lo menos 15 minutos (se puede dejar menos tiempo e ir sacando gotas de la muestra para ponerse en portaobjetos con su

respectivo cubreobjeto y se observa al microscopio). Se vuelve a agitar en el vortex y se hace el montaje.

11. Para el montaje permanente se coloca una gota de la muestra en un portaobjeto y se coloca con suavidad un cubreobjeto sobre la gota. Ya que se tiene la laminilla se deja que salga el exceso de líquido y con el esmalte o pintura se sella alrededor para que no se evapore el líquido.

12. La muestra restante se puede guardar en frascos de vidrio de poca capacidad con tapa de rosca para futuros montajes.

## **Anexo 11. Características diferenciales del polen (Sawyer, 1981)**

### **1. Tamaño**

1. muy pequeño            -20  $\mu$
2. pequeño:                20-30  $\mu$
3. mediano:                30-50  $\mu$
4. grande:                 50-100  $\mu$
5. muy grande:            +100  $\mu$

### **2. Forma**

1. redondo o irregularmente redondo
2. oval, aplanado
3. oval, elongado
4. alargado
5. triangular
6. semicircular
7. multilado o irregular

### **3. Número de aperturas**

1.     0 ó indefinido
2.     1-2
3.     3
4.     4 - 6
5.     7 - 12
6.     + 12

#### **4. Tipo de aperturas**

1. solo poros
2. solo surcos
3. surcos con poros
4. surcos unidos o irregulares

#### **5. Superficie**

1. lisa o indefinida
2. granular
3. estriada
4. red o punteada
5. proyecciones aisladas debido a espinas u otras

#### **6. Sección de la exina**

1. delgada
2. media, sin barras
3. media, con barras espaciadas o pegadas
4. media o delgada con barras externas toscas
5. capa de barras pequeñas cercanas
6. larga, espinas delgadas
7. larga, espinas de base amplia
8. espinas pequeñas o muy pequeñas o imperfecciones
9. otras proyecciones

### **7. Otras características estructurales**

1. granos compuestos o con sacos de aire
2. con bordes adelgazados o proyectados a aperturas
3. con capuchón o rayado en las aperturas
4. gránulos o proyecciones aisladas en las aperturas
5. intina hinchada debajo de las aperturas
6. intina delgada o muy delgada

### **8. Color del polen**

1. blanco a gris
2. café
3. rojo o rosa
4. anaranjado
5. amarillo
6. verde
7. azul a negro