

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Polinizadores (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en
Tomate de Invernadero

POR:

DILMAR SANTIAGO GARCÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener título de

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Polinizadores (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en
Tomate de invernadero

por:

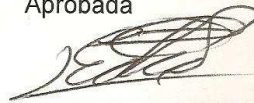
DILMAR SANTIAGO GARCÍA

TESIS

presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

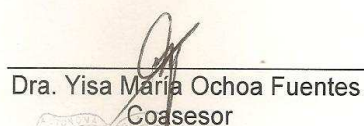
Aprobada



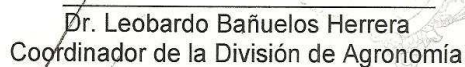
Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor Principal



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coasesor



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Coahuila
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

A mi señor padre DIOS por avernos permitido tener salud junto con mi familia, y con eso averme permito alcanzar la meta de terminar mi carrera profesional.

A mi “Alma Terra Mater” por brindarme todos los apoyos y materiales necesarios para poder terminar mis estudios y lograr mi carrera como ingeniero agrónomo.

A mis padres Herminio Santiago López y Rosario García Morales por brindarme confianza, creer en mi, sobre todo tener el apoyo incondicional para poder salir adelante con mi profesión además de los sabios consejos que me brindaron durante toda mi carrera.

A mis hermanos Antonio, Isaín, Saúl y María Candelaria por tener confianza y de transmitirme de sus consejos para poder lograr terminar mi carrera.

A mis sobrinos Bedaín y Ediciel por apoyarme y estar conmigo en las buenas y malas, brindándome consejos y motivándome para seguir adelante en la conclusión de la carrera.

Al Doctor Ernesto Cerna Chávez por haberme dedicado su tiempo instruyéndome en la prelación de mi profesión tanto en clase como en la elaboración de esta tesis y brindándome sus consejos como profesionista además de su confianza.

A la Doctora Yisa y al doctor Jeronimo por aver dedicado tiempo en la revisión de la tesis.

A la Dra. María Elizabeth Galindo Cepeda por ser una más de las en la que me brindó su apoyo instruyéndome en mi vida profesional en clase, además de darme consejos en la vida personal para salir adelante y terminar la carrera.

Al Ing. Edgar Daniel Lara Sánchez en la colaboración de la creación y revisión de la tesis además de los consejos y de la amistad brindada durante el tiempo de la investigación del trabajo.

A los profesores del departamento de parasitología y de otros departamentos por colaborar en la enseñanza de mi profesión.

A mis amigos Sandra Bautista, Jesús Álvarez, Diana Hernández, Dulce, Yazmín, Jorge Valencia, Jorge Corrales, Paulino Castro, Ángel Mayo, Francisco Marín, Javier Pérez, Víctor, Ángeles, Karla, Laura y Oscar, por los consejos, la confianza, la amistad y del apoyo que me brindaron a lo largo de la carrera y por estar conmigo en los momentos difíciles, así como también en los momentos felices.

Los compañeros de la carrera por brindarme la confianza y amistad a lo largo de la carrera.

DEDICATORIA:

Con amor al ser más grande y poderoso del mundo a Dios, que me cuidó, me guardó y me protegió en los viajes de vacaciones, y de estudio que realizamos, de momentos difíciles, brindándome salud ya que sin la protección de él no hubiera logrado concluir mis estudios en esta universidad

Con mucho cariño y amor a mis padres Herminio Santiago López y Rosario García Morales quienes respeto mucho porque me inculcaron la enseñanza de los valores como persona, estando siempre conmigo en los momentos más difíciles de la vida, que con sus consejos y sacrificios ambos logramos que pudiera concluir mis estudios.

Con cariño a mis hermanos: Antonio, Isain, María Candelaria y Saúl, con el respeto que se merecen y por sus consejos sabios como personas que han enfrentado vida además de su cariño que me han brindado.

Con respeto mis cuñadas y mis sobrinos por el apoyo y comprensión que me brindaron a lo largo de la carrera.

Con cariño y respeto a mis sobrinos Bedain y José que fueron mis compañeros durante la formación de varias etapas de mi vida.

Con cariño y respeto amigos Sandra Bautista, Jesús Álvarez, Diana Hernández, con quienes conviví parte de mi vida a lo largo de la carrera además de compartir momentos agradables dentro y fuera de la universidad.

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo:.....	3
1.2 Justificación:	3
1.3 Hipótesis:	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Características agronómicas del tomate.....	5
2.1.1 Planta	5
2.1.2 Semilla.....	5
2.1.3 Raíz	6
2.1.4 Tallo.....	6
2.1.5 Hojas	6
2.1.6 Flor	7
2.1.7 Fruto	7
2.1.8 Clima	8
2.1.9 Suelo	8
2.2 Producción de tomate en campo abierto	9
2.3 Producción de tomates en invernaderos.....	10
2.4 Polinización del tomate	11
2.4.1 Aire	12
2.4.2 Vibración.....	12
2.4.3 Sacudida.....	12
2.4.4 Hormonas.....	12
2.4.5 Polinización entomófila	13
2.5 Polinización de tomate en invernaderos	13
2.6 ABEJORROS.....	14
2.6.1 <i>Bombus terrestris</i>	14
2.6.1.2 Clasificación taxonómica	14
2.6.2 <i>Bombus ephippiatus</i>	14
2.6.2.1 Clasificación taxonómica	15
2.6.2.3 Biología.....	15

2.6.2.4 Hábitos	15
2.6.3 Polinización de tomate con abejorros (<i>B. terrestris</i> y <i>B. ephippiatus</i>)	16
2.7 ABEJAS	17
2.7.1 <i>Apis mellifera</i>	17
2.7.1.1 Clasificación taxonómica	17
2.7.1.2 Biología.....	18
2.7.1.3 Hábitos	18
2.7.2 Polinización con abejas (<i>A. mellifera</i>)	19
2.8 ABEJAS SIN AGUIJÓN	20
2.8.1 <i>Scaptotrigona mexicana</i>	20
2.8.1.2 Ubicación taxonómica.....	20
2.8.1.3 Biología y Hábitos.....	21
2.8.1.4 Polinización con abejas sin aguijon	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Ubicación del area de estudio.....	24
3.2 Material vegetal utilizado	24
3.3 Variables a evaluar	24
3.4 Análisis de resultados	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	26
V. CONCLUSIONES	31
VI. BIBLIOGRAFIA	32

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 4.1 Análisis de varianza de cuatro especies de insectos polinizadores sobre la variable diámetro polar en tomate de invernadero.	26
Cuadro 4.2 Comparación de medias de la variable diámetro polar para cinco tratamientos de polinización entomófila.	27
Cuadro 4.3 Análisis de varianza de cuatro especies de insectos polinizadores sobre la variable diámetro ecuatorial en tomate de invernadero.	27
Cuadro 4.4 Comparación de medias de la variable diámetro ecuatorial para cinco tratamientos de polinización entomófila.	28
cuadro 4.5 Análisis de varianza de cuatro especies de insectos polinizadores sobre la variable peso fresco en tomate de invernadero.	28
Cuadro 4.6 Comparación de medias de la variable peso fresco para cinco tratamientos de polinización entomófila.	29
Cuadro 4.7 Comparación de medias de la variable número de semillas para cinco tratamientos de polinización entomófila.	30

I. INTRODUCCIÓN

El origen de la especie *Solanum lycopersicum* es de la América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México, se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta. Luego, fue llevado por los conquistadores a Europa. El nombre de jitomate procede del náhuatl *xictli*, *ombligo* y *tomatl*, tomate, que significa tomate de ombligo (SAGARPA, 2010).

El jitomate es la hortaliza que ocupa mayor superficie sembrada en todo el mundo, con alrededor de 3,593,490 ha, con una producción de 53,857,000 ton (FAO, 2010). En México se siembran alrededor de 80,000 ha con un rendimiento promedio de 28.7 ton/ha., por lo cual es la segunda hortaliza más importante por la superficie sembrada que ocupa; la más importante por su volumen en el mercado nacional, y la primera por su valor de producción (Nieto y Velasco, 2006). En condiciones de campo abierto, se cultivan alrededor de 70,000 ha, siendo los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí, Baja California Norte y Michoacán los principales productores. Comercialmente se producen 45 millones de toneladas de jitomate por año en 2.2 millones de hectáreas (Rojo, 2008; SAGARPA, 2006).

Dada la importancia económica de este cultivo, se hace más patente el esfuerzo tecnológico en cuanto a identificación y tratamiento de plagas y enfermedades, así como en la producción de semillas resistentes, nutrición y técnicas de cultivo adecuadas a la zona productora. Este cultivo se puede sembrar todo el año, pero los problemas cambian según la época. En el período de lluvias la incidencia de enfermedades es mayor mientras que durante la época seca las plagas son el mayor problema. Sin embargo dichos problemas son superables mediante un conjunto de prácticas agrícolas que incluyan métodos de manejo y controles adecuados, los cuales tienen que ser realizados en el momento y

la forma precisa en que se indican, ya que de éstas depende el éxito de una buena cosecha (Corpeño, 2004).

La función de los invernaderos es la de modificar total o parcialmente aquellas condiciones de clima que son adversas, además de aplicar agua y fertilizantes de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas; esto se traduce en incrementos significativos de producción, tanto en cantidad como en calidad. Sin embargo, antes de incursionar en este sistema de producción, se debe tener en cuenta que producir en condiciones de invernadero, es más costoso que producir en campo abierto y que no es tarea fácil, ya que se trata de practicar agricultura de precisión, aunque también se puede tener problemas más serios como es una deficiente polinización (Pérez *et al.*, 1997).

La superficie cultivada con invernaderos ha venido creciendo en los últimos años, con más de la mitad de esta superficie enfocada en el cultivo de tomate; y con ello también ha crecido la demanda de polinización suplementaria, para la obtención de frutos más grandes y atractivos comercialmente. Para ello, se han empleado diferentes métodos: Utilización de fitohormonas, vibración manual, sacudida por viento, e insectos polinizadores (Nuño, 2007).

La polinización se puede hacer mecánicamente moviendo las plantas, haciendo circular el viento mediante sopladores o ventiladores y la utilización de insectos polinizadores. La temperatura juega un factor muy importante en la formación y liberación del polen, la temperatura óptima requerida en la noche es de entre 20°C a 24°C y de día entre 15.5°C a 32°C. Otros factores que limitan la polinización son la luz y la humedad relativa, que pueden limitar la transferencia de la antera al estigma, lo ideal es tener una buena radiación solar y una humedad relativa del 70% (Nuño, 2007).

El uso de insectos polinizadores incrementa considerablemente el rendimiento y una mayor proporción de frutos grandes, comparados con los de polinización a mano o sopladores (León, 2001).

1.1 Objetivo:

Es la presente investigación tiene como objetivo de evaluar el potencial de diferentes insectos polinizadores en el cultivo del tomate, bajo condiciones de invernadero.

1.2 Justificación:

Dada la importancia económica del tomate, se hace más rentable el invertir en tecnología. La función de los invernaderos es la de modificar total o parcialmente aquellas condiciones de clima que son adversas, que puede tener problemas más serios de polinización, por lo que el potencial de las abejas radica principalmente en función como polinizadores. Las abejas poseen muchas características que realizan sus importancias como polinizadoras. Sin embargo, una limitante para su dispersión, es la falta de conocimiento sobre la necesidad de polinización y de cuáles son los polinizadores más importantes de los cultivos.

En la última década el incremento en la producción bajo condiciones de invernadero u horticultura protegida, debido a su alta rentabilidad, se han generado nuevos problemas en el paquete tecnológico del cultivo de tomate. Uno de los problemas que se presentaron con la introducción del tomate al sistema de invernaderos fue la ausencia de insectos polinizadores, los que estaban presentes en condiciones de campo abierto, al ser la flor de tomate autógama (que se poliniza sin necesidad de agentes externos), se notó un decremento en el peso, diámetro, cantidad de semillas y tamaño de los tomates producidos en invernadero.

Por lo anterior, este proyecto plantea ampliar la lista de polinizadores en invernadero para el cultivo de tomate, ya que actualmente los costos de polinización son altos para el productor y muy pocas las opciones de polinización entomófila..

1.3 Hipótesis:

Al menos se espera que una especie de insectos, presente una mayor capacidad en la polinización, teniendo como resultado un mayor rendimiento en la producción y cuajado del tomate.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Características agronómicas del tomate

El tomate es la hortaliza más cultivada en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento, y en menor proporción al aumento de la superficie (SAGARPA, 2010).

Es cultivado en muchas zonas, con amplia variabilidad de condiciones de clima y suelo, El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto(SAGARPA, 2010).

2.1.1 Planta

El tomate puede presentar básicamente dos hábitos de crecimiento: determinado e indeterminado. La planta indeterminada es la normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. En ella, los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, terminando siempre con un ápice vegetativo. A diferencia de esta, la planta determinada tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado (Castellanos, 2003).

2.1.2 Semilla

La semilla del tomate es de forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión lo forman una yema apical, dos cotiledones, el

hipocótilo y la radícula. La testa o cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable (Castellanos, 2003).

2.1.3 Raíz

El sistema radical del tomate consta de una raíz principal y gran cantidad de ramificaciones secundarias. En los primeros 30 cm. D la capa de suelo se concentra el 70% de la biomasa radical. Bajo condiciones de suelo la raíz principal crece unos 2.5 cm diarios hasta llegar a los 60 cm de profundidad. Simultáneamente se producen ramificaciones y raíces. El sistema radical tiene como funciones la absorción y el transporte de agua y nutrientes, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo. La raíz juega un papel fundamental en el rendimiento del cultivo y su desarrollo está también asociado a las condiciones físicas del suelo (Garza, 1985).

2.1.4 Tallo

El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos, por ello es importante vigilar su vigor y sanidad; el diámetro de la base puede ser de 2 a 4 cm y el porte puede ser de crecimiento determinado (tallos que al llegar a cierto número de ramilletes detienen su crecimiento) e indeterminado (tallos que no detienen su crecimiento). El tallo está cubierto por vellosidades que salen de la epidermis, mismas que expiden un aceite oloroso que al desprenderlo sirve de protección al tallo. Estas sustancias provocan que cuando la planta está sana mancha la piel y la ropa, al realizar las prácticas culturales (Castellanos, 2003).

2.1.5 Hojas

Las hojas tienen un eje central peciolo, que se utiliza para el monitoreo nutrimental y de este eje salen pequeñas "hojitas" llamadas folíolos. Se denominan simposio a un sector del tallo compuesto de tres hojas y un ramillete floral para el caso de las variedades de crecimiento indeterminado, que son las que se usan en los invernaderos. Las hojas son las responsables de la fotosíntesis por lo que

deben tener una buena disposición para una mayor captación de la radiación(Castellanos, 2003).

2.1.6 Flor

La flor del tomate es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario vi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre M y G; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas(Berenguer, 2003).

2.1.7 Fruto

La forma, el tamaño y el peso de los frutos, depende de la variedad y del manejo, aspectos importantes a considerar al momento de definir que variedad plantar.El fruto tiene dos o más lóculos, se desarrolla a partir de un ovario de cinco a diez miligramos y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y los 500g, en función de la variedad y las condiciones de desarrollo (Castellanos, 2003).

2.1.8 Clima

A la planta de tomate le favorece el clima caliente, sin embargo, bajo condiciones de baja luminosidad, las temperaturas de la noche y el día se deben mantener bajas, de lo contrario, se tendrá una planta raquítica, débil y de floración pobre, como consecuencia de que la energía que proporciona la fotosíntesis es inadecuada para la velocidad de crecimiento. Una planta joven utiliza productos disponibles de la fotosíntesis, en primer lugar; para mantenimiento y crecimiento; segundo, para las raíces y tercero para formar el fruto. A temperaturas altas, con relación a los niveles de luminosidad, el cultivar utiliza toda la energía en su mantenimiento y muy poca queda disponible para raíces y frutos (León, 2001).

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan a la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula.

La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas (León, 2001).

No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (León, 2001).

2.1.9 Suelo

Las plantas en su ambiente natural tienen que vivir, sin casi ninguna excepción en asociación con el suelo, una asociación conocida como relación

suelo-planta. El suelo provee cuatro necesidades básicas de las plantas: agua, nutrientes, oxígeno y soporte. Se considera que un suelo ideal debe de tener las siguientes condiciones: 45% de minerales, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire o espacio poroso. El tipo y la cantidad relativa de minerales, más los constituyentes orgánicos del suelo, determinan las propiedades químicas del suelo.

Los suelos aptos para cultivar tomate son los de media a mucha fertilidad, profundos y bien drenados, pudiendo ser franco-arenosos, arcillo-arenosos y orgánicos. El pH del suelo tiene que estar dentro de un rango de 5.9-6.5, para tener el mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se apliquen (Corpeño, 2004).

2.2 Producción de tomate en campo abierto

El cultivo en el suelo implica el uso del piso nativo para cultivar las plantas. Dentro de sus ventajas los costos son menores, se tiene una buena condición buffer para el control del pH y la disponibilidad de los nutrientes, además las plantas de tomate de campo abierto son polinizadas principalmente por el viento más que por las abejas, las cuales polinizan muchas otras hortícolas. Entre las desventajas, se incluye la compleja naturaleza orgánica e inorgánica del suelo, menos control del riego y la competencia de los elementos esenciales en la solución del suelo con los microorganismos (Las bacterias, los hongos, estreptomicetes, etc.).

Otros factores, son la acumulación de las sales, las enfermedades del suelo, los insectos - plaga y los nematodos, los cuales pueden limitar severamente a la producción (Solarización). (Castellanos, 2010).

2.3 Producción de tomates en invernaderos

La utilización de invernaderos o casas sombra representa una alternativa de producción y una oportunidad de comercialización de los productos cultivados bajo estos sistemas ya que, además de ofrecer protección contra las condiciones adversas del clima a los cultivos le dan una mejor calidad y mayores rendimientos a la producción. La agricultura protegida, por tanto, es una de las actividades que dentro del sector primario tiene un auge muy importante, llegando a ser detonante en la economía de los países y en la economía de aquellos que están inmersos en esta actividad. Además los sistemas modernos de agricultura tienen una importancia ecológica de suma importancia ya que permiten un uso racional del agua y, por la protección que ofrecen, reducen en gran medida la utilización de pesticidas tóxicos que dañan el ambiente, los mantos acuíferos y la salud humana (Arizpe, 2008).

Las ventajas de la agricultura protegida son significativas en comparación con la explotación a cielo abierto, ya que los rendimientos pueden incrementarse de manera gradual, con una mayor seguridad en la inversión realizada. En una agricultura tradicional un productor de tomate llega a producir en promedio 75 toneladas al año por hectárea con una gran cantidad de agua utilizada y desperdiciada por evaporización e infiltración. En invernadero es posible producir más de 200 toneladas por hectárea aprovechando al máximo el agua, esto, siempre y cuando los productores utilicen la tecnología adecuada y tengan los conocimientos necesarios (Arizpe, 2008).

La producción de tomates en invernaderos ha atraído la atención en los últimos años, en parte debido a la nueva onda de interés en los "cultivos alternativos." La atracción se basa en la percepción de que los tomates de invernaderos pueden ser más rentables que los cultivos agronómicos o los cultivos hortícolas convencionales. La fama puede ser debida a malos entendidos sobre cuán fácilmente se puede cultivar esta planta. Mientras el valor de los

tomates de invernadero por unidad es alto, los costos son también altos (Arizpe, 2008).

Por unidad, el tiempo necesario para el cultivo de tomates en invernadero es mucho mayor que cualquier cultivo hortícola de campo. Varias prácticas culturales semanales (poda, atado, polinización, rociamientos o pulverizaciones, etc.) suman una cantidad tiempo significativa. El trabajo promedio estimado que se requiere en un invernadero (o módulo) es 20 horas por semana, por persona. Los esfuerzos del gobierno federal y estatal al impulsar la agricultura protegida han permitido el arraigo de las familias en sus comunidades de origen al mejorar las condiciones de producción de hortalizas y flores, lo que se refleja en la obtención de mejores y mayores ingresos, al tener una producción continua durante la mayor parte del año, con mayor calidad y competitividad (Arizpe, 2008).

2.4 Polinización del tomate

Para que este proceso ocurra debe pasar el polen del estambre al estigma, es decir, de la parte masculina a la parte femenina de las flores. Para que una fecundación sea apropiada, debe haber condiciones de clima adecuadas; para que genere una buena polinización del tomate se produce a temperaturas entre 23 y 25°C de lo contrario la fecundación quedaría total o parcialmente afectada. Existen varios métodos de polinización y cada uno debe realizarse en días cálidos y húmedos para aumentar las posibilidades de éxito.

El calor es uno de los factores a considerar en la polinización. Cuando las temperaturas están por encima de 32°C se dificulta la polinización. A medida que va aumentando la temperatura se alarga el estigma, pudiendo verse fuera, y ese alargamiento no permite que el polen segregado por el estambre caiga dentro del estigma. En regiones con condiciones de clima por debajo de 10°C es muy común que la polinización se dificulte. En estos casos sucede que el polen, al estar un poco compacto por la humedad relativa alta, no se logra una buena fecundación y el resultado final es un fruto hueco o bofo y deforme (Valerio, 2012).

2.4.1 Aire

Los tomates cultivados al aire libre no son sólo polinizados por las abejas, sino también por el viento. Los tomates bajo cubierta, a menudo, no están expuestos al viento. Por lo que se utiliza un ventilador potente o soplando suavemente sobre las flores que lanza corrientes de aire sobre las inflorescencias, agitándolas, y así libera el polen de las anteras al ovario para fecundar el óvulo (Jaramillo *et al.*, 2007).

2.4.2 Vibración

Vibrador: consiste en un aparato operado por batería, el cual tiene una varilla que vibra y que se pone sobre cada inflorescencia para facilitar la liberación del polen al estigma y favorecer la fecundación (Jaramillo *et al.*, 2007).

2.4.3 Sacudida

Dales una suave sacudida a las plantas. Este método es más fácil pero un poco menos sofisticado que el uso de vibraciones. Sin embargo, es efectivo. Sacudir suavemente las flores libera polen y permite que viaje hacia las partes femeninas. Realiza esta práctica cada dos o tres días para que se produzca la polinización y que comience la producción de tomates (Jaramillo, *et al.*, 2007).

2.4.4 Hormonas

En condiciones extremas de temperatura, ya sea de mucho calor o de mucho frío, donde la polinización es defectuosa, la vibración no es efectiva, por lo tanto es recomendable el uso de hormonas, las cuales se deben esparcir sobre la inflorescencia y no sobre la planta. Su utilización y concentración deben ser directamente recomendadas por el fabricante, ya que una mala utilización puede producir toxicidad en la planta, deformación de frutos y frutos huecos (Jaramillo, *et al.*, 2007).

2.4.5 Polinización entomófila

En la mayoría de las angiospermas, la polinización es entomófila, es decir, realizada por insectos. El polen se adhiere a la cabeza, a los miembros y a los numerosos pelos que recubren el cuerpo del insecto. Este polen cuando el insecto visita otras flores quedará retenido por los estigmas pegajosos de las mismas y en este caso el transporte de polen alcanza un radio de acción más reducido, que depende de la conducta del vector (Rallo, 1986).

2.5 Polinización de tomate en invernaderos

La superficie cultivada con invernaderos ha venido creciendo en los últimos años, con más de la mitad de esta superficie enfocada en el cultivo de tomate; y con ello también ha crecido la demanda de polinización suplementaria para la obtención de frutos más grandes y atractivos comercialmente. Para ello se han empleado diferentes métodos: utilización de fitohormonas, vibración manual, sacudida por viento, e insectos “polinizadores”. Es por eso que se hace una revisión de los avances en el tema de polinización de tomate en invernaderos, en especial con el uso de diferentes especies de abejas en México (Nuño, 2007).

La polinización se puede hacer mecánicamente moviendo las plantas, haciendo circular el viento mediante sopladores o ventiladores y la utilización de abejorros que son altamente eficientes para estimular este proceso. La temperatura juega un factor muy importante en la formación y liberación del polen, la temperatura óptima requerida en la noche es de entre 20°C a 24°C y de día entre 15.5°C a 32°C. Otros factores que limitan la polinización son la luz y la humedad relativa que pueden limitar la transferencia de la antera al estigma, lo ideal es tener una buena radiación solar y una humedad relativa del 70% (Nuño, 2007).

El desarrollo de buenos frutos en tamaño y calidad requiere de un proceso sexual exitoso dentro de la flor del tomate. La exitosa transferencia de polen viable

desde las anteras (Parte masculina de la flor) hasta el estigma (Parte de los órganos femeninos) y la subsecuente fertilización de los óvulos y el desarrollo de la fruta son afectados por el ambiente de la planta y por las características genéticas de las partes de la flor (Nuño, 2007).

2.6 ABEJORROS

2.6.1 *Bombus terrestris*

El abejorro de tierra o *Bombus terrestris*, es uno de los tipos de abejorros más empleados en la agricultura intensiva, debido a su alto nivel de polinización. Su nombre hace alusión a una determinada fase de su vida en la naturaleza, la realiza curiosamente por debajo del nivel del suelo. El *Bombus terrestris* es negro, con una banda blanca al final del abdomen. El tórax y el abdomen están cruzados por una banda amarilla. El tórax es muy corto y está cubierto de pelo (Mata, 2009).

2.6.1.2 Clasificación taxonómica

Clase: insecta

Orden: Hymenoptera

Suborden: Apocrita

Familia: Apidae

Tribu: Bombini

Genero: *Bombus*

Especie: *B. terrestris*

2.6.2 *Bombus ephippiatus*

Son abejorros que habitan regiones montañosas con un clima templado a frío. Se caracteriza por tener un carácter tranquilo y dócil que facilita su manipulación. Muestra un patrón de coloración de franjas amarillas predominantes y negras. Son especies donde se ha asumido que la diapausa no es obligada, ya que se encuentran reinas casi todo el año. La colonia se muestra activa todo el

año y dependiendo de la altitud, varia el tamaño de la colonia, así en altitudes de 2500m la colonia presentará un promedio de 400 individuos, mientras que en menores altitudes será de aproximadamente 150. (Fuentes-Montemayor & Madrid-cuevas, 2003).

2.6.2.1 Clasificación taxonómica

Clase: insecta

Orden: Hymenoptera

Suborden: Apocrita

Familia: Apidae

Tribu: Bombini

Género: *Bombus*

Especie: *B. ephippiatus*.

2.6.2.3 Biología

El género *Bombus* (*Bombus terrestris*, *Bombus ephippiatus*.) son de tamaño algo mayor que las abejas (19-38 m.m), de color negro, con mayor o menor cantidad de franjas amarillas, cubierto de pelo. *Bombus terrestris* es negro, con una banda blanca al final del abdomen. Todo el género se caracteriza por una cabeza estrecha y pequeña, con una lengua corta, además construyen nidos bajo tierra, entre la hojarasca y en los huecos de los árboles, siendo el ciclo natural es muy similar al de las avispas. (González, 2007).

2.6.2.4 Hábitos

Los abejorros (*Bombus terrestris*, *Bombus ephippiatus*.) dependen de dos tipos de alimento: del polen obtienen las proteínas y del néctar los azúcares necesarios para el aporte energético, Uno de ellos es el polen, de donde obtienen una cantidad de proteínas y es necesario para la construcción de la colonia. El polen es suministrado por las flores de tomate sin limitaciones. El segundo tipo de alimento es el néctar el cual contiene los azúcares necesarios que aportan la

energía necesaria a los abejorros. Los abejorros son insectos sociales, aunque su instinto de cooperación no está tan desarrollado como el de las abejas y no comunican el hallazgo de fuentes de alimento. Tienden a permanecer en áreas menos extensas, (Infoagro, 2005).

2.6.3 Polinización de tomate con abejorros (*B. terrestres* y *B. ephippiatus*)

Durante los primeros años el empleo de abejorros en el cultivo de tomate bajo plástico era de sólo un 5 - 10 %, empleándose fitohormonas en el 80 - 90 % de los casos. En la actualidad, y en tan sólo cinco años, estos porcentajes han cambiado siendo el 99 % de los agricultores los que emplean abejorros polinizadores en sus invernaderos (González, 2007).

Desde 1987, se observó que los abejorros eran la mejor alternativa para hacer más efectiva la polinización y la fructificación, pues efectúan la polinización vibratoria, única forma de polinizar el tomate y otras plantas. El empleo del abejorro *Bombus* sp, asegura una excelente producción de tomate en cultivos protegidos, y así, 99% de los productores de tomate emplean abejorros importados de Europa en sus invernaderos.

Otra ventaja de los abejorros es que son menos influenciados por el clima que las abejas. Se mantienen activos a temperaturas relativamente bajas consiguiéndose más eficacia en la polinización y en la fructificación (recolectan alimento a 5° C), con baja intensidad de luz, con lluvia, viento y nublados. Aunque el calor extremo reduce mucho su actividad.

El empleo de *Bombus terrestris*, aporta una alternativa muy buena que asegura una producción de excelentes tomates bajo plástico. Una polinización adecuada es esencial para asegurar una formación correcta de los frutos y una producción óptima. (González, 2007).

Hoy en el cultivo del tomate en invernadero, la introducción de las colmenas de abejorros constituye una práctica más de su cultivo, substituyendo el método de jornales intensivos de vibración manual, convirtiéndolos en los polinizadores para la industria del tomate de invernadero más importantes en los 30 años desde que se domesticaron.

2.7 ABEJAS

2.7.1 *Apis mellifera*

La abeja europea (*Apis mellifera*), también conocida como abeja doméstica o abeja melífera, generalmente, son rojo / marrón con franjas negras y anillos amarillos anaranjados en el abdomen. Tienen pelo en tórax y menos pelo en el abdomen. También tienen una cesta de polen en sus patas traseras. Es una especie de himenóptero apócrito de la familia Apidae. Es la especie de abeja con mayor distribución en el mundo. Originaria de Europa, África y parte de Asia, fue introducida en América y Oceanía. Fue clasificada por Carolus Linnaeus en 1758 (Clarke *et al*, 2002. ; Milne y Milne, 2000 ; Pinto *et a.*, 2004.)

2.7.1.1 Clasificación taxonómica

Reino:Animalia

Clase:Insecta

Orden:Hymenoptera

Suborden:Apocrita

Familia: Apidae

Género:*Apis*

Especie:*A. mellifera*

2.7.1.2Biología

Las abejas europeas son insectos sociales con castas en la colonia: Cada casta tiene su función especial y desarrollan un tipo de trabajo diferenciado en la colonia. La reina y las obreras son hembras y los zánganos son machos. Cada casta tiene un tiempo o ciclo de desarrollo diferente propio para cada especie y se cría en distintos tipos de celdas. El periodo de desarrollo de la abeja reina en el caso de *Apis mellifera* es de 16 días, las obreras 21 días y los zánganos 23 días. Para convertirse en reinas una larva debe ser nutrida con jalea real y ser alojada en una celda especial. También las larvas de las obreras comen en sus primeras fases jalea real, pero luego se les da otra dieta. Si una obrera come jalea real puede desarrollar sus posibilidades de poner huevos, pero no de aparearse con un zángano, por lo que sus huevos serán infecundos (es decir, darán lugar sólo a zánganos). Este fenómeno se puede producir en colmenas que han quedado privadas de reina (Burgett *et al.*, 1993).

2.7.1.3Hábitos

Apis mellifera. Tanto las obreras como la abeja reina se alimentan de jalea real durante los primeros tres días del estado larval. Luego las obreras cambian por una dieta de polen y néctar o miel diluida, mientras que aquellas larvas elegidas para ser abejas reinas continúan recibiendo jalea real. Esto causa que la larva se convierta en pupa más rápidamente además de aumentar su tamaño y desarrollarla sexualmente. Los criadores de reinas consideran que una buena nutrición durante el estado larvario es de crucial importancia para la calidad de las reinas criadas, siendo otros factores importantes una buena genética y un número suficiente de apareamientos. Durante los estados larvales y pupal, varios parásitos pueden atacar la pupa o la larva y destruirla o mutarla, (Burgett *et al.*, 1993).

2.7.2 Polinización con abejas (*A.mellifera*)

Algunas abejas europeas poseen conductas que las hacen excelentes polinizadoras de diversos cultivos, entre ellos el cultivo de tomate. Dada la importancia que ha adquirido el uso de polinizadores, en varios países se ha desarrollado la técnica de domesticación. En México como en muchos países se utiliza a las abejas, con la finalidad de polinizar los cultivos y obtener los mejores rendimientos. Por esta razón, la industria alimentaria está poniendo sus ojos en la apicultura y sus abejas para polinizar los cultivos. Actualmente la abeja *Apis mellifera* es utilizada como una alternativa de insecto polinizador, debido a los altos costos de introducir abejorros polinizadores en los cultivos.

En las zonas de clima templado se ha estimado que 70%-95% de los insectos polinizadores son himenópteros, género del que sobresalen las abejas solitarias, los abejorros y, sobre todo, las abejas de la miel. La abeja es considerada como la más eficiente polinizadora: en estudios realizados por corpoica de cada 100 insectos visitantes, entre 70 y 80 son abejas (*Apis mellifera*), proporción que ha venido en aumento hasta alcanzar 90% del total de insectos observados. Esto se debe principalmente a la desaparición de especies polinizadoras silvestres como abejorros, abejas solitarias, avispa, dípteros, y coleópteros.

La abeja, por su gran capacidad de adaptación a cualquier tipo de flora y su fidelidad a una especie floral dada, se convierte en uno de los más eficientes polinizadores, ya que, al realizar la recolecta de néctar y polen necesario para el mantenimiento de la colonia, aloja en su cuerpo piloso miles de granos de polen que transporta hasta el estigma de otra flor. Desde el punto de vista de la eficiencia en la polinización de cultivos, son más importantes las abejas recolectoras de polen que las recolectoras de néctar, ya que las primeras ingresan a las flores por el medio teniendo más contacto con el polen que las abejas recolectoras de néctar que ingresan por el costado de la flor sin tocar el polen.

Los beneficios económicos estimados por el incremento de las cosechas en campo gracias a la acción de las abejas es de unas 14 veces el valor total de la producción apícola de una explotación, por lo que en algunos países las abejas son estimadas más por la polinización que realizan en los cultivos que la misma producción apícola. La agricultura es la principal beneficiaria de los servicios polinizantes realizados por las abejas *Apis mellifera*.(Clarke, et al, 2002. ;Milne y Milne, 2000 ; Pinto, et al, 2004.).

2.8 ABEJAS SIN AGUIJÓN

2.8.1 *Scaptotrigona mexicana*

Las abejas sin aguijón o meliponas son un grupo de insectos sociales que habitan áreas tropicales y subtropicales. A diferencia de la abeja común, originaria del viejo mundo (África), las meliponas son nativas del continente americano donde se han identificado más de 350 especies. Algunas de estas especies producen una miel de alta calidad que es utilizada por los pobladores rurales como complemento de la dieta y para uso medicinal. Además, las abejas sin aguijón actúan como polinizadores para las flores de numerosas especies, tanto en los bosques nativos como en los campos de agricultura (Cabrera, 1999).

2.8.1.2 Ubicación taxonómica

Clase:Insecta

Orden:Hymenoptera

Suborden:Apocrita

Familia:Apidae

Tribu:Meliponini

Género:*Scaptotrigona*

Especie:*S. mexicana*

2.8.1.3 Biología y Hábitos

Las abejas sin aguijón, a diferencia de las abejas melíferas, tienen un sistema de alimentación de las larvas que se conoce como alimentación de las larvas que se conoce como alimentación en masa. La división del trabajo en la colonias de meliponas se encuentra, al igual que en la abejas melíferas, relacionada con la edad de las obreras y también parece existir variación dentro de una misma especie debido a factores genéticos (Waldschmidt, 1997).

Los meliponinos acopian varios tipos de recursos, los más comunes son néctar y polen que son las fuentes básicas de carbohidratos y proteínas respectivamente Sin embargo, también existe acopio de agua, resinas, heces, lodo, sudor, savia de frutos, semillas, aceites, ligamasa (exudado de pulgones) e incluso sangre y carroña (Sommeijer, 1994).

Los meliponinos son abejas sociales viven en colonias perennes, encontradas típicamente en regiones tropicales y subtropicales del mundo, desde los 30° longitud sur, también menciona que el tamaño de una melipona va desde 1.8 mm hasta 1.5 cm (Michener, 2000).

Las abejas sin aguijón no pican y muchasson mansas, tienen otras estrategias defensivas para evitar el ataque de posibles predadores. Los nidos son cubiertos, generalmente resguardados en cavidades y rodeados por batumen. La entrada a los nidos es estrecha y larga y está cubierta con resinas o semillas repelentes, con lo cual evitan el acceso de intrusos.

Estas especies de abejas construyen sus nidos en troncos de árboles, y una manera tradicional de aprovechar los productos de sus nidos, es cortando la parte del árbol donde se aloja el nido. En seguida, éste se traslada cerca del hogar, colocando esa parte del tronco en un lugar donde esté protegido del sol y de la lluvia. La miel se extrae de los nidos una vez al año. Esta manera de aprovechar y criar las abejas tiene la limitante de que es difícil la revisión interna del nido; por lo

que se dificulta el manejo y multiplicación de la colonia. Para superar esta dificultad, el hombre ha transferido los nidos alojados en los troncos a cavidades artificiales (Piste, 2011).

2.8.1.4 Polinización con abejas sin aguijon

Existen, además, otras especies con actividad potencial de polinización de cultivos aún poco difundidas en nuestro país: las abejas sin aguijón y las abejas solitarias; en especial de cultivos de origen neotropical con los cuales evolucionaron como tomates, chiles, pimientos, aguacates y cucurbitáceas, entre otros. (Free 1993; Malagodi-Braga et al., 2000; Slaa et al., 2000; Macias- Macias et al., 2001; Cauich et al., 2003; Can-Alonzo et al., 2005; citados por Quezada-Euán et al., 2007).

Aunque los beneficios económicos del cultivo de las abejas nativas sin aguijón (meliponicultura) en México son potencialmente muchos, el ingreso económico de los campesinos por la venta de los productos obtenidos directamente de las colonias (miel, polen y propóleo) enfrenta obstáculos por la reducida comercialización de los mismos, (Vit and Tomas-Barberan, 1998; Grajales *et al.*, 2001; Miorinet *et al.*, 2003).

Existe poco potencial aun difundido en nuestro país para las abejas sin aguijón, esta es la polinización de cultivos. Se puede considerar que las abejas sin aguijón serían buenos polinizadores en especial de cultivos de origen neotropical como tomates, chiles, pimientos, aguacates y cucurbitáceas, entre otros, debido a que estas plantas y abejas han compartido una historia evolutiva en los trópicos del nuevo mundo. Es evidente el importante papel que estas abejas desempeñan en la agricultura cuando comparamos la producción de frutos en cultivos de aguacate en Yucatán, que son intensamente visitados por abejas sin aguijón, y áreas del Bajío, los cuales tienen problemas de polinización, pues el extensivo uso de pesticidas ha reducido las poblaciones naturales de estos polinizadores (Valdivinos-Núñez *et al.*, 2003; Can-Alonzo *et al.*, 2005).

En este sentido, el uso de especies de abejas sin aguijón de fácil manejo y adaptabilidad ha demostrado ser una alternativa para la polinización de este tipo de cultivo, que también permitiría un ingreso económico adicional a los meliponicultores de la región, Quezada-Euán et al. (2007).

Un potencial muy importante de las abejas sin aguijón es su utilización en la polinización dirigida de cultivos. Algunos beneficios agronómicos de la polinización incluyen, entre otros, el mejoramiento en la calidad de los frutos e incrementos en la producción. Las abejas sin aguijón cuentan con diversas ventajas que las hacen deseables para su uso en polinización de algunos cultivos, dentro de las que se destacan: a) su capacidad de forrajear bajo condiciones de invernadero sin representar riesgos para los operarios; b) las reinas fecundadas no pueden volar, de modo que no se presenta la enjambrazón evasiva (estrategia que utiliza la abeja africanizada para abandonar el sitio donde tiene establecido su nido y migrar a otro lugar, en respuesta a condiciones ambientales adversas o a cualquier cosa que amenace la supervivencia de la colonia), y c) son resistentes a los parásitos y enfermedades que atacan a *Apis mellifera* (Quezada-Euán, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del area de estudio

La presente investigación se llevó a cabo entre la fecha del mes de febrero a julio de 2012, en invernaderos del ejido Carbonera que se localiza en el municipio de Arteaga, el cual Colinda con los municipios de Ramos Arizpe, Saltillo y con el Estado de Nuevo León. El clima es de tipo semiseco - semicálido, con ligeras variaciones según la altitud; la temperatura media anual es de 12°C a 16°C; la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 400 a 500 milímetros. La región presenta una altitud de 1,660 metros sobre el nivel del mar, la Carbonera se encuentra en las coordenadas: Longitud: 101° 50 '24", Latitud: 25° 25 '58", con una temperatura promedio de 17°C. Los inviernos son frescos siendo comunes las temperaturas inferiores a los 0°C y con probabilidad de nieve, Los veranos son cálidos con temperaturas que pueden superar los 38°C algunos días y presentándose tormentas y lluvias principalmente en las tardes (García 1988).

3.2 Material vegetal utilizado

Para el experimento se utilizaron cinco invernaderos de 1000 mt con plantas de tomate de la variedad Charleston (de crecimiento indeterminado), trasplantadas en camas cubiertas por acolchado negro, con una distribución en triángulo a una distancia de 40 cm. Entre planta e hilera. Se utilizó el manejo agronómico del paquete tecnológico de la Universidad de Almería. Los riegos se realizaron cada cuarto día. Se utilizó una fórmula nutricional 18-00-20 antes de floración y se la fórmula 12-20-20 para floración y fructificación. El control de plagas y enfermedades se realizó con productos biorracionales para evitar efectos en los tratamientos (polinizadores).

3.3 Variables a evaluar

Se evaluarán cinco tratamientos para la polinización de tomate bajo condiciones de invernadero (*Scaptotrigona mexicana*, *Apis mellifera*, *Bombus*

terrestris, *Bombus ephippiatus* y un testigo sin polinizar). Para la evaluación de la polinización se tomaron las siguientes datos:

Para la obtención de los datos, se tomaron 100 frutos de cada invernadero (un invernadero por tratamiento) donde el objetivo era medir el diámetro del fruto, el peso fresco y seco; así como el número de semillas. Para esto en cada invernadero, se marcaron 20 plantas elegidas al azar, de las cuales se colectaron 5 frutos por cada planta haciendo el total de los frutos, para cada uno de los tratamientos. Una vez obtenidos los 100 frutos de cada tratamiento (*Scaptotrigona mexicana*, *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, *Bombus ephippiatus* y Testigo). Se procedió con la medición del diámetro de cada fruto, utilizando el un vernier, haciendo el mismo procedimiento para los cinco tratamientos y con ello observando la diferencia en calidad, grosor y tamaño del fruto polinizado por cada tratamiento evaluado en el invernadero.

Para la variable peso fresco, se pesaron cada uno de los 100 frutos colectados por tratamiento, utilizando una balanza analítica PCE. Para contar la semilla, se eligieron 100 frutos de cada tratamiento evaluado, cada fruto se extrajo las semillas y fueron esparcidas en una hoja de papel de color blanco tamaño carta para poder realizar el conteo de las mismas.

3.4 Análisis de resultados

Con los datos obtenidos, estos analizaron mediante un análisis de varianza completamente al azar y se compararon las medias por la prueba de Tukey ($p=0.05$). Así mismo, los resultados se analizaron mediante un análisis multivariados en relación al peso, tamaño y número de semillas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se discutirán los resultados obtenidos respecto a la variable diámetro polar (Cuadro 4.1), donde se puede observar que se obtuvo significancia estadística al realizar un análisis de varianza.

Cuadro 4.1 Análisis de varianza de cuatro especies de insectos polinizadores sobre la variable diámetro polar en tomate de invernadero.

Fuente	DF	Anova	C. M.	F-Valor	Pr > F
Tra	4	142.22649	35.556605	124.70	<.0001
Fecha	3	0.5354626	0.1784875	0.63	0.5985

Así mismo podemos mencionar que el tratamiento que presentó los valores más altos de diámetro polar (Cuadro 4.2), fue el tratamiento con *Bombus terrestris* con una media de 6.92 cm, seguido por *Bombus ephippiatus* y *Apis mellifera* con 6.64 y 5.81 cm respectivamente. Mientras que *Scaptotrigona mexicana* y el testigo fueron los que presentaron los valores más bajos con 5.67 y 5.64 cm respectivamente.

Al respecto Van der Sande (1991) y Schoonhoven *et al.* (1998) mencionan que la utilización de abejorros (*B. ephippiatus* y *B. terrestris*) son buenos para la polinización y que mejora la fecundación, la producción de semillas y, por tanto, la calidad del fruto, diámetro ecuatorial y polar así como el peso. Condición que se cumple al igual que los resultados de nuestro estudio. Así mismo Quezada-Euán (2005) menciona que *S. mexicana* es una especie de potencial muy importante como polinizador ya que ofrece buenos parámetros en los frutos y que no abandonan sus nidos, sin embargo bajo condiciones de invernadero se ve reducida su capacidad de pecoreo, afectando la polinización, resultado similar a los de este trabajo de investigación ya que fue la que presentó los valores más bajos junto con el testigo. Estos mismos autores también mencionan que *Apis mellifera* que tienen un comportamiento de nomadismo, algo por el cual pueden abandonar el

nido y el cultivo obteniendo problemas de polinización, sin embargo demostró ser mas eficaz en comparación con *S. mexicana*.

Cuadro 4.2 Comparación de medias de la variable diámetro polar para cinco tratamientos de polinización entomófila.

Tukey Agrupamiento	Media	# de frutos	Tratamiento
A	6.92133*	100	<i>Bombus terrestris</i>
B	6.64348*	100	<i>Bombus ephippiatus</i>
C	5.81962*	100	<i>Apis mellifera</i>
C	5.67750*	100	<i>Scaptotrigona mexicana</i>
C	5.64830*	100	Testigo

*Medida en centímetros

En el siguiente cuadro (Cuadro 4.3) se discutirán los resultados obtenidos respecto a la variable diámetro ecuatorial, donde se puede observar que se obtuvo significancia estadística al realizar un análisis de varianza.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza de cuatro especies de insectos polinizadores sobre la variable diámetro ecuatorial en tomate de invernadero.

Fuente	DF	Anova SS	C. M.	F-Valor	Pr > F
Tra	4	213.47707	53.369261	83.75	<.0001
Fecha	3	1.2379898	0.4126633	0.65	0.5848

Asi mismo podemos mencionar que para el tratamiento diámetro ecuatorial (Cuadro 4.4), solamente se formaron dos grupos, siendo el tratamiento con *Bombus terrestris* y *Bombus ephippiatus* los que mostraron los valores mas elevados con 8.71 y 8.42 cm. El otro grupo lo formo *Apis mellifera*, *Scaptotrigona mexicana* y el testigo con valores de 7.39, 7.20 y 7.16 cm respectivamente.

Cuadro 4.4 Comparación de medias de la variable diámetro ecuatorial para cinco tratamientos de polinización entomófila.

Tukey Agrupamiento	Media	# de frutos	Tratamiento
A	8.7124*	100	<i>Bombus terrestris</i>
A	8.4228 *	100	<i>Bombus ephippiatus</i>
B	7.3919 *	100	<i>Apis mellifera</i>
B	7.2088 *	100	<i>Scaptotrigona mexicana</i>
B	7.1674 *	100	Testigo

*Medida en centímetros

Al respecto Schoonhoven *et al.* (1998) Mencionan que el uso de abejorros como agentes polinizadores en el cultivo del tomate pueden elevar la calidad de los productos viéndose reflejada en el tamaño del mismo. Por otro lado Heard (1988) al evaluar diferentes especies de insectos como polinizadores reporto que las abejas sin aguijón son particularmente efectivos en la polinización obteniendo un mayor diámetro cuatorial (20 % mayor) con respecto a los otros tratamientos de diferentes especies de insectos polinizadores, sin embargo al comparar los resultados con nuestra investigación *S. mexicana* fue uno de los tratamientos que presento el menor valor de esta variable.

En el siguiente cuadro (Cuadro 4.5) se discutirán los resultados obtenidos respecto a la variable peso fresco, donde se puede observar que se obtuvo significancia estadística al realizar un análisis de varianza.

cuadro 4.5 Análisis de varianza de cuatro especies de insectos polinizadores sobre la variable peso fresco en tomate de invernadero.

Fuente	DF	Anova SS	C.M.	F-Valor	Pr > F
Tra	4	213.4770763	53.3692691	83.75	<.0001
Fecha	3	1.2379898	0.4126633	0.65	0.5848

Para la variable peso fresco (Cuadro 4.6), podemos mencionar que el tratamiento que presento los valores mas altos fue el tratamiento con *Bombus*

terrestris con una media de 210.01 gr, seguido por *Bombus ephippiatus* con 202.36 gr. El otro grupo que se formó fue con *Apis mellifera*, *Scaptotrigona mexicana* y el testigo con valores de 179.94, 176.94 y 172.43 grs respectivamente.

Cuadro 4.6 Comparación de medias de la variable peso fresco para cinco tratamientos de polinización entomófila.

Tukey Agrupamiento	Media	# de frutos	Tratamiento
A	210.013513*	100	<i>Bombus terrestris</i>
A	202.365143*	100	<i>Bombus ephippiatus</i>
B	179.94024*	100	<i>Apis mellifera</i>
B	176.8995*	100	<i>Scaptotrigona mexicana</i>
B	172.43624*	100	Testigo

*Medida en gramos

Al respecto González (2007) menciona que estudios en tomate bajo condiciones de invernadero los abejorros fueron la mejor alternativa para hacer más efectivas la polinización y la fructificación, superando en un 15% a especies como *A. mellifera*. Por otro lado Pinto *et al.* (2004) hacen mención que La abeja, por su gran capacidad de adaptación a cualquier tipo de flora y su fidelidad a una especie floral dada, se convierte en uno de los más eficientes polinizadores, pero bajo condiciones de invernadero se ha observado desorientación lo que provoca una menor polinización. Quezada-Euán *et al.* (2007) mencionan que el uso de especies de abejas sin aguijón presentan ventajas bajo condiciones de invernadero ya que pueden convivir con los trabajadores, demostrado ser una alternativa para la polinización de este tipo de cultivo, sin embargo en nuestro estudio fue la especie que presentó los valores más bajos.

Finalmente para la variable número de semillas (Cuadro 4.7), podemos mencionar que el tratamiento que presentó los valores más altos fue el tratamiento con *Bombus terrestris* con una media de 192.96 semillas, seguido por *Bombus ephippiatus* con 184.29. Seguido por *Apis mellifera* con 164.99 semillas,

Scaptotrigona mexicana y el testigo con valores de 160.14 y 159.97 semillas respectivamente.

Cuadro 4.7 Comparación de medias de la variable número de semillas para cinco tratamientos de polinización entomófila.

Tukey Agrupamiento	Media	# de frutos	Tratamiento
A	192.96*	100	<i>Bombus terrestris</i>
A	184.29 *	100	<i>Bombus ephippiatus</i>
B	164.99*	100	<i>Apis mellifera</i>
C	160.14 *	100	<i>Scaptotrigona mexicana</i>
C	159.97 *	100	Testigo

*Número de semillas

Willmeret *al.*(1994) mencionan que Los abejorros *B. ephippiatus* y *B. terrestris* son polinizadores efectivos en algunos cultivos, mas que otros polinizadores entomofilos, debido a su mayor tamaño y la densa pilosidad que cubre su cuerpo, lo cual permite transferir más granos de polen por visita. Por otro lado Roubik (1978) y Aizen&Feinsinger (1994b); mencionan que *A. mellifera* no es un polinizador tan efectivo como otros polinizadores nativos, dando como resultado una reducción en la producción de semillas y de frutos tanto en especies silvestres como cultivadas de tomate.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones realizadas para el presente experimento podemos concluir que:

1.- La especie con los mejores resultados fue *Bombus terrestris*, seguida por *Bombus ephippiatus*.

2.- *Apis mellifera* fue el tercer mejor tratamiento, presentando también dificultades de compatibilidad con las labores culturales del cultivo (Trabajadores) y la desorientación de las abejas al momento de realizar el pecoreo debido al plástico del invernadero.

3.- *Scaptotrigona mexicana* no presentó resultados satisfactorios para ser utilizada como un polinizador de tomate bajo las condiciones del altiplano mexicano.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Mata Espinoza, José, Abejorros polinizadores, director de agricultura y sanidad, (agosto, 2009) <http://www.sedarh.gob.mx/elcenzontle/A04N02AGO09/abejorros.pdf>.
- Infoagro, 2005. Aspectos Técnicos De La Polinización Con Abejorros, www.infoagro.com/agricultura_ecologica/polinizacion_abejorros.asp
- Berenguer J., J. 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. En: Javier Z. Castellanos. y José de Jesús Muñoz. (Eds.) Curso Internacional de Producción de Hortalizas en Invernadero.
- Jaramillo, Jorge, J.; Rodríguez, V. P.; Guzmán, M.; Zapata, M.; Rengifo, T. (2007), Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. <http://www.fao.org/co/manualtomate.pdf>.
- Corpeño Boris, (Agosto 2004). Manual de cultivo de tomate. www.sisman.utm.edu.ec/.../cultivo%20de%20clima%20templado/Manual.
- Burgett M., Titavan M (1993) Brood thermoregulation by the giant honey bee (*Apis dorsata*) Nat Hist Bull Siam Soc 41:93-98, Keywords: brood/dorsata/thermoregulation.
- Castellanos J., Z. 2003. El cultivo en suelo o en sustrato?. Desafíos y perspectivas. Memorias 4º Congreso Internacional. Producción de Hortalizas en Invernadero. AMPHI.
- Cabrera G., Nates-Parra G. uso de las abejas por comunidades indígenas: Los Nukak y las abejas sin aguijón. Programa, Resúmenes y Memorias III

Reunión de la IUSI Bolivariana. Fondo FEN Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 122p. 1999.

Cauich o, Quezada. Euánjg, Meléndez-Ramírez v, Valdovinosnuñez gr, Moo-Valle h. Pollination of habanero pepper (*Capsicum chinense*) and production in enclosures using the stingless bee *Nannotrigona perilampoides*. *J Apic Res.* 2006; 45(3):125-130.

Clarke, K., T. Rinderer, P. Franck, P. Javier, B. Oldroyd. 2002. La africanización de las abejas (*Apis mellifera* L.) de la península de Yucatán: un estudio de un evento masivo de hibridación a través del tiempo. *Evolution*, 56/7: 1462-1474.

Heard TA (1988) The requirements of insect pollinisation and the pollinator efficiency of Trigonabees. *Proceedings of the Fourth Australian Conference of Tree and Nuts crops.* August 1988, Lismore, NSW, Australia, pp. 14-20, 219-223.

Montemayor & Madrid cuevas 2003, *Biología de Bombus ephippiatus*. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lbi/llorente_t_md/capitulo7.pdf.

Garza L., J. 1985. *Las hortalizas cultivadas en México: Características botánicas.* Fitotecnia, UACH, México.

Goulson Dave (2010) *Bumblebees: Behavior, Ecology and Conservation.* Second edition. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-955306-8.

Castellanos Javier, *Manual de producción de tomate en invernadero* 2010.

León G., H. M. 2001. *Manual para el cultivo de tomate en invernadero.* Gobierno del Estado de Chihuahua.

Nieto A. R. y Velasco H. E. "Cultivo de Jitomate en Hidroponía e Invernadero". 2da edición. Departamento de Fitotecnia Universidad Autónoma de Chapingo. México, 2006.

MorenoRaúl N. 2007.Manual de producción de tomate rojo. Bajo condiciones de invernadero para él, Valle de Mexicali, baja california.
www.sfa.gob.mx/DESCARGAS/TomateInvernaderoMXL.pdf

Garza Arizpe, Mario, 2008.Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León.
www.funpronl.org.mx/.../MANUAL%20invernadero-ene-09.pdf

Milne, M., L. Milne. 2000. Sociedad Nacional Audubon: Guía de Campo para los insectos y arañas . Nueva York, Canadá: Alfred A. Knopf, Inc.

Nogueira-Neto PVecdaisfENp (1997) Vida e criacao de abelhasindigenassemferrao. Nogueirapis.

González Rodrigo, 2007. Polinización con abejas en Invernaderos,
www.noticiasapicolas.com/invernadero.htm.

Valerio Marino, (Diciembre, 2012).Polinización adecuada de tomates,
<http://www.hortalizas.com/articulo/32273/polinizacion-adeuada-de-T> .

Quezada-Euán, Mc. Humberto Moo-Valle,y Mc Rafael Valdovinos-Nuñez, agosto 2007.Potencial de las abejas nativas en la polinización de cultivos, Dr. José Javier G..

Pisté M., M.J., 2011. Caracterización y termorregulación del nido de la abeja sin aguijón *Scaptotrigona mexicana* alojado en cavidades artificiales. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Campeche. 65 p.

- Pérez G., M., F. Márquez y A. Peña-Lomelí. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo.
- Pinto, A., W. Rubink, R. Coulson, J. Patton, S. Johnston. 2004. Patrón temporal de africanización en una población de abejas salvajes de Texas inferirse a partir del ADN mitocondrial. *Evolution* , 58/5: 1047-1055.
- Roubik, DW. 1995. Pollination of Cultivated Plants in the Tropics. FAO Agricultural services bulletin, Rome.
- RALLO, J. 1986. Frutales y abejas. Madrid, Publicaciones de Extensión Agraria. 231 p.
- SAGARPA. 2004 y 2006. Servicio De Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SEDEA. 2007 y 2008. Avance Año Agrícola.
- SAGARPA 2010, subsecretaría de fomentos de agronegocios. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documents/Monografias/Jitomate.pdf>.
- Sommeijer, M.J. 1994. Pollen foraging strategies of two domesticated stingless bee species in Costa Rica. En Proceedings of the fifth international conference in apiculture in tropical climates, Trinidad and Tobago, 7-12 September 1992. Cardiff, UK; IBRA (1994) 214-220.
- QUEZADA-EUÁN J.J.G. Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini). Tratados 16, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán; 2005.

Carol Ann Kearns; David William Inouye. Publicación: BioScience. 47, no. 5, (1997): Pollinators, Flowering Plants, and Conservation Biology 297. Editorial: [Washington, D.C.] : American Institute of Biological Sciences.

Waldschmidt, A.M., Fernandes, S.T.M., Goncalves-Barros, E., Campos-Lucio.

WILLMER, PG; AAM BATAW & JP HIGHES. 1994. The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to raspberry flowers. Ecological Entomology, 9: 271-284.