

# 1. INTRODUCCIÓN

Los abejorros pertenecen al Phylum Artrópoda, clase Insecta, subclase Pterygota, orden Hymenoptera, familia Apidae, género *Bombus* y subgénero *Fervidobombus*.

El género *Bombus* contiene alrededor de 250 especies (Williams, 1994), de las cuales hay 43 en México, Centro y Sudamérica (Chavarría-Villaseñor, 1996). Labougle (1990) menciona que en México y Centroamérica existen 7 subgéneros con 19 especies.

El abejorro con el que se trabaja en esta tesis es *Bombus (Fervidobombus) pennsylvanicus sonorus* Say, 1837 (Fig. 1), cuyas características físicas son: pelo denso de color negro, en ambos sexos, con pelos amarillos en el pronoto en la porción anterior al escudo y escutelo con bandas negras intercaladas; las reinas y las obreras (miden entre 11-18 mm.) son muy similares físicamente, siendo las reinas de mayor tamaño (20-25 mm.), los machos (13-22 mm.) son similares a ellas, pero con un clípeo más protuberante sin corbículas y con antenas más largas (Chavarría- Villaseñor, 1996).



**Fig. 1** *B. pennsylvanicus sonorus*.  
Fotografía Carlos Vergara

Los abejorros en general son insectos anuales eusociales, con colonias de vida corta que son encontradas en las regiones templadas del mundo.

Algunos de los caracteres sociales que comparten la mayoría de las especies de abejorros son: puesta de varios huevos dentro de los receptáculos, alimentación progresiva de las larvas y la ausencia de diferencias significativas entre las castas, excepto por el tamaño. La colonia en la mayoría de las especies es anual y es fundada por una reina sola sin ayuda de obreras al inicio de la primavera (Alford, 1975).

## 1.1 Ciclo de vida

Los abejorros en regiones templadas son estacionales y sus colonias se interrumpen en el otoño.

Las reinas jóvenes, que emergen durante el verano y el otoño, sintetizan sus reservas para la hibernación durante los primeros días después de la eclosión (Alford, 1969). Aproximadamente al tercer día después de que abandonan el nido están listas para copular, después de lo cual las reinas se vuelven lentas y empiezan a buscar lugares apropiados para pasar el invierno y entrar en diapausa. Bajo condiciones naturales las reinas hibernan en pequeñas cavidades (hibernáculos) en laderas o lomas que dan hacia el norte, y permanecen en diapausa entre 6 y 9 meses, dependiendo del inicio de la primavera y la especie (Alford, 1969), dichas reinas reedificarán la colonia la siguiente primavera (Cumbre, 1949a citado en Chavarría-Villaseñor, 1996).

Sólo las reinas son capaces de entrar en diapausa, la cual es una característica endógena de esta casta basada en una escasa concentración de hormona juvenil en la hemolinfa (Röseler, 1985). La diapausa es la interrupción en el desarrollo de algunas especies, caracterizado por una notable disminución del metabolismo. Si bien la diapausa no es una respuesta directa a las condiciones desfavorables, a menudo es inducida por señales que predicen el advenimiento de una temporada desfavorable (Beekman, 1999). Dichas señales no son *per se* favorables o desfavorables para el crecimiento o la reproducción, sino que desencadenan el ciclo de vida de acuerdo a las condiciones medio ambientales; entre estas señales se encuentran el fotoperiodo, la temperatura y la humedad (Alford, 1969; Danks, 1987; Tauber *et al.*, 1986. citado en Beekman, 1999).

En la naturaleza las colonias empiezan con una reina solitaria, la cual debe ser capaz de llevar a cabo todas las tareas dentro del nido como: la alimentación de las larvas, defensa del nido, el regular la temperatura, forrajeo, entre otros (Heinrich, 1979).

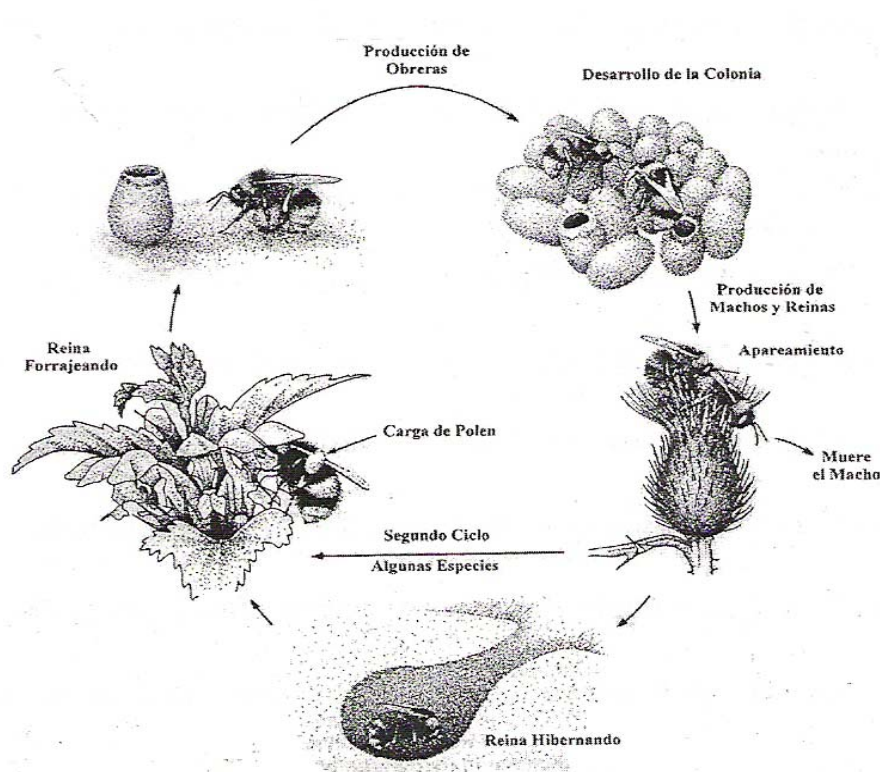
Existen tres fases sucesivas en el desarrollo de una colonia de abejorros: el inicio de la colonia, el punto de cambio y el punto de competencia.

Durante la primera fase las reinas hacen celdas en las cuales depositan huevos fecundados ( $2n$ ) y empiezan a producir obreras. Esta fase tiene a su vez tres etapas; en la primera, la reina hace entre 3 y 8 celdas con 2 huevos cada una; una vez que la primera nidada ha formado capullo las siguientes celdas se colocan encima con un

promedio de 5 huevos cada una, después de lo cual la reina deja de construir celdas por un tiempo. Cuando emergen las primeras obreras, éstas ayudan a la madre en el forrajeo, la alimentación de la segunda nidada y la reparación del nido (Kwon *et al.*, 2002), y una vez que las obreras de la segunda nidada emergieron, empieza la producción de la tercera nidada, durante la cual el crecimiento de la colonia es muy elevado, pues en promedio la reina pone 8 huevos por celda (Duchateau y Velthius, 1988).

Generalmente después de la tercera producción de obreras que nacen, la reina empieza a poner huevos sin fertilizar (n) y produce machos (Duchateau y Velthius, 1988), a esta segunda etapa se le conoce como punto de cambio.

El punto de competencia ocurre al final del desarrollo de la colonia, durante el cual la reina pierde su dominio y algunas de las obreras destruyen las celdas con huevos y se los comen, comenzando ellas a poner huevos sin fertilizar (n). Existe un comportamiento agresivo entre las obreras y entre ellas y la reina, además de que las obreras ya no realizan las tareas asignadas en el nido (Duchateau y Velthius, 1988).



**Fig. 2** Ciclo de desarrollo de una colonia de *Bombus*. Tomado de Prys-Jones & Corbert (1987)

Al final del verano y en el otoño, dependiendo de la especie, la colonia empieza a producir hembras capaces de reproducirse. Dichas reinas después de la fertilización se dispersan y se entierran en el suelo para hibernar y comenzar el ciclo nuevamente (Alford, 1975).

El número de obreras, machos y reinas que se produzcan en una colonia, depende de dos factores, el tiempo que la colonia tarda en llegar el punto de cambio y el punto de competencia, con el cual termina la producción de la colonia (Yeninar *et al.*, 2000).

## **1.2 Importancia**

Los insectos polinizadores son necesarios para la reproducción exitosa de más del 80% de las especies de plantas con flor alrededor del mundo (Free, 1993). Los polinizadores son especies clave, lo que ecológicamente significa que muchas especies dependen de ellos para poder persistir dentro de una comunidad. Esto se debe a que son esenciales para los ciclos reproductivos de muchas de las plantas con flor, y por lo tanto del ecosistema; además de sostener a las poblaciones de plantas que son utilizadas por animales como alimento y como hogar. Funcionan también como bioindicadores, puesto que si se considera la viabilidad y la salud de las poblaciones de los polinizadores, se puede determinar la salud del ecosistema, del cual son una parte integral.

Por otro lado los polinizadores son responsables directa o indirectamente de muchos de los alimentos que consumimos, medicinas, bebidas, colorantes y fibras, lo que aumenta su importancia económica y se convierte en una razón importante para estudiarlos a fondo y tener el conocimiento suficiente para trabajar en su conservación y en su buen aprovechamiento.

Entre las amenazas para los polinizadores se encuentran: la pérdida y fragmentación de hábitat, la degradación del mismo, los cambios en el uso de suelo, los pesticidas y la introducción de especies no nativas, tanto de abejas, como de otros insectos o animales, así como de plantas.

Los abejorros del género *Bombus* son excelentes polinizadores a nivel mundial tanto de frutales, hortalizas y cultivos, entre otros (Kearns e Inouye, 1997), lo cual los

coloca como un insumo muy importante para muchos agricultores en el mundo, con un gran impacto económico y ecológico.

Además de lo ya antes mencionado, los abejorros también se utilizan para estudios científicos de comportamiento social, determinación de castas, entre otros; lo cual hace deseable que existan colonias de abejorros disponibles a lo largo del año (Röseler, 1985).

### **1.2.1 Importancia económica**

Recientemente se ha incrementado el interés comercial por el uso de insectos para la polinización (Freeman, 1993; Velthuis y van Doorn, 2006), sin embargo el valor potencial de los abejorros como insectos polinizadores para la agricultura, se ha reconocido por mucho tiempo.

Debido a que la lengua de los abejorros es más larga que la de las abejas, éstos son mejores para polinizar flores con corolas profundas (Hobbs *et al.*, 1961; Holm, 1966a citado en Velthuis y van Doorn, 2006).

Entre los cultivos y semillas de importancia económica polinizados por abejorros, los jitomates (*Lycopersicon esculentum*) son los más importantes, pues su cultivo en invernadero involucra al 95% de las ventas de abejorros a nivel mundial (Velthuis y van Doorn, 2006). Sin embargo hay una gran cantidad de cultivos también polinizados por abejorros como: melón, sandía, pepino, pimiento, fresa, frambuesa, mora, manzana, pera, cereza, kiwi y durazno entre otros.

En 1985 el Dr. de Jonghe descubrió la importancia de los abejorros para el cultivo de tomates en invernadero, pues en Holanda y Bélgica los invernaderos se polinizaban mecánicamente haciendo vibrar a las plantas 3 veces por semana, lo cual tenía un costo muy elevado (10 mil euros al año) (van Ravestijn y Nederpel, 1988 citado en Velthuis y van Doorn, 2006).

A finales de los años 80's se empezaron a fundar algunas compañías para la crianza de abejorros, de las cuales actualmente existen poco más de 30 a nivel mundial, algunas de las cuales solo crían especies nativas para mercados locales.

En la actualidad la crianza de abejorros se ha incrementado mucho debido a que:

- La polinización con abejorros es casi 10% más barata que la mecánica;
- Se pueden monitorear con facilidad las visitas a las flores;

- Hay flores de cultivos (como el jitomate) que son proclives a la autofertilización, por lo que la agitación que brindan las vibraciones de los abejorros es la ideal;
- Los frutos tienen una mayor calidad, se incrementa la cosecha total y se oferta a un mejor precio;
- Los abejorros visitan a las flores cuando están mejor preparadas fisiológicamente y
- Se disminuye la utilización de pesticidas y químicos, pudiendo brindar mejores productos. (Velthuis y van Doorn, 2006)

Actualmente son 5 especies de abejorros las que se crían comercialmente: *B. terrestris*, *B. ignitus*, *B. lucorum*, *B. impatiens* y *B. occidentalis*. Se utilizan estas especies debido a su amplia distribución, a que producen grandes colonias y se adaptan fácilmente a condiciones artificiales. En la actualidad cerca de un millón de colonias (principalmente *B. terrestris* y *B. impatiens*) se producen anualmente (Velthuis y van Doorn, 2006).

En Norte América se utilizan principalmente las especies: *B. impatiens* y *B. occidentalis*.

### **1.3 Riesgos ecológicos**

Como resultado de la introducción de algunas especies de abejorros que se utilizan para la polinización de cultivos, hay especies como *B. terrestris* que compiten con la fauna local de abejorros de los diferentes países a los que se exportan.

La introducción de especies de abejorros no nativas, ha empezado a preocupar ampliamente, ya que puede acarrear una contaminación genética importante (Ornosa, 1995 citado en Velthuis y van Doorn, 2006).

Entre los riesgos que conlleva la introducción de especies no nativas están:

- usurpación y competencia de nidos (competencia de recursos),
- cópula de las reinas con otras especies e hibridación,
- competencia con especies nativas (como ha sucedido en Chile, Nueva Zelanda, Tasmania y Japón),
- agotamiento de recursos naturales
- solapamiento de nichos ecológicos
- afectación de la polinización de plantas nativas

- se favorece la polinización de plantas no nativas
- transmisión de enfermedades no endémicas (Ono, 1997; Macfarlane *et al.*, 1995; de Ruijter, 1997; Kato *et al.*, 1993; Washitani, 1997; Thorp, 2003 citado en Velthius y van Doorn, 2006)

Lo anterior ha provocado que en algunos países se considere a las especies de abejorros introducidas como especies invasivas (Velthius y van Doorn, 2006). Por otro lado debido al decremento de hábitat que existe en todo el mundo, las especies nativas de abejas y abejorros se ven más amenazadas. Debido a que las perspectivas económicas son las que generalmente dominan las decisiones en cuanto a las introducciones de especies, los abejorros *B. terrestris* y *B. impatiens* son ampliamente utilizados fuera de sus áreas naturales de distribución, la primera especie en Asia y Sudamérica y la segunda en Norte América.

Sin embargo desde el punto de vista de seguridad y protección al medio ambiente, los agricultores, productores y gobierno de cada localidad deberían fomentar el uso de especies polinizadoras locales, además de invertir en la investigación pertinente para dicho fin.

A pesar de todos los efectos negativos que pueden tener las introducciones de especies no nativas de abejorros, no se puede negar que su uso para la polinización ha disminuido el empleo de insecticidas y ha disminuido los costos de producción comparado con medios alternativos (mecánicos). Si bien los aspectos económicos se han centrado en pocas especies, debe ampliarse la visión y considerar alternativas que eviten los posibles daños al ambiente (Velthius y van Doorn, 2006). Debido a lo anterior varios países han empezado a investigar y criar abejorros nativos, previniendo desastres ecológicos mayores (Asada y Ono, 2000).

### **1.3.1 Introducción de especies no nativas en México**

En Europa y el Oeste Asiático la exportación de colonias de abejorros solo está permitida con propósitos experimentales, pero su importación comercial sigue prohibida. Por otro lado en países de Sudamérica no se permite la importación de colonias de abejorros no nativos; por ejemplo en Brasil se han probado alternativas como la abeja sin aguijón *Melipona quadrifasciata* para polinizar invernaderos de tomate con resultados positivos (Del Sarto *et al.*, 2005), sin embargo las técnicas para

la crianza deben ser desarrolladas para evitar que disminuyan las poblaciones silvestres.

Desde 1994, colonias de *B. impatiens* han sido importadas a México desde Canadá y Estados Unidos. Sin embargo debido a los posibles problemas ecológicos que esto involucra, algunos institutos de Investigación en México han empezado a criar especies nativas como *B. ephippiatus* (Velthius y van Doorn, 2006). Incluso recientemente, los tomates se han polinizado exitosamente con ayuda de abejas sin aguijón como *Nannotrigona perilampoides* (Cauich et al, 2004 citado en Velthius y van Doorn 2006), aunque se necesita más investigación al respecto en caso de usar estas especies.

En 1995 la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), canceló la introducción de embarques de colonias de *B. terrestris* para el cultivo de tomate en invernadero. Lo anterior pudo deberse a las afirmaciones que existen de que esta especie ya se ha establecido en México debido a sus introducciones (Dafni, 1998).

Si lo anterior es cierto, México se estaría enfrentando a problemas ecológicos importantes, como los mencionados previamente en esta tesis.

La CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) realizó en el 2001 un análisis de los riesgos que *B. terrestris* puede representar para la flora y para la fauna silvestre del país, argumentando que en efecto estos riesgos existen y por lo tanto la SAGARPA no permitiría la introducción de esta especie al país. Además la Comisión de Cooperación de América del Norte, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la Agencia de Inspección de Alimentos de Canadá expresaron su interés para evitar la introducción de especies exóticas de abejorros a América del Norte. Debido a lo anterior la CONABIO sugirió que se buscaran polinizadores alternos en México, como el *B. ephippiatus*, o especies de *Anthophora* (Arriaga, 2002). A causa de la presencia de *B. terrestris* dentro de la parte central del territorio según Chavarría-Villaseñor, la SAGARPA y la SEMARNAT cancelaron la introducción.

En México, como en el resto de Norteamérica, se utiliza para la polinización de cultivos de invernadero *B. impatiens* con el fin de evitar problemas causados por la introducción de especies no nativas, o especies nativas cultivadas en otros lugares, pues en países como Japón han llegado colonias contaminadas con ácaros que infectan colonias nativas. Es por eso, que la CONABIO sugiere se establezcan instalaciones para



la crianza de especies nativas de *Bombus* en México, con la cooperación de E.U.A., pues éste último si bien utiliza especies no invasivas, las manda a criar a otro país pudiendo ocasionar la introducción de algún patógeno. Esto se sugirió basándose en el hecho de que a México siguen entrando colonias de *B. impatiens* y *B. occidentalis* de E.U.A., con lo cual nuestro país corre el riesgo de que se introduzcan enfermedades no endémicas y que contaminen a especies locales. (Cuadriello- Aguilar *et al.*, 2006).

De las 5 especies del subgénero *Bombus* que existen en Norte América, una puede ya estar extinta y dos pueden estar desapareciendo principalmente por la introducción de enfermedades que provoca el tráfico de colonias de abejorros para la polinización de tomates de invernadero (Thorp, 2005 citado en Cuadriello- Aguilar *et al.*, 2006).

Es importante reconocer, que si bien se tienen muchos problemas debido a la importación de abejorros, en México hay un buen número de especies de *Bombus* con las cuales se puede trabajar e investigar, para poder tener la capacidad de criarlas y que en el país se utilicen solo especies nativas.

“Como sea desde el punto de vista de la seguridad y protección de la naturaleza, la producción local, preferentemente de especies polinizadoras locales, debiera promoverse.... Tanto el gobierno como los productores debieran invertir en investigación si quieren competir en el mercado internacional. Toma tiempo, pero no hay escasez de Biólogos capaces de hacer el trabajo” (Velthius y van Doorn, 2004 citado en Cuadriello- Aguilar *et al.*, 2006)

Es en efecto importante la investigación al respecto de especies nativas, razón por la cual en esta tesis se propone la crianza de *B. pennsylvanicus sonorus* como una opción más para la polinización en la parte central del país.