

6. RESULTADOS

6.1 Comportamientos de reproducción

1.1.1 Apareamiento

Antes de que ocurra el apareamiento los sexos deben juntarse, o agregarse, para lo cual las feromonas sexuales, el sonido y la comunicación táctil son de gran importancia, así como la visión para especies diurnas. En algunas especies la hembra acepta al macho inmediatamente después de que se encuentran; sin embargo, lo más común es que ocurra un cortejo previo a la cópula (véase video 3. Apareamiento).

En el caso particular de reinas y machos de *Bombus pennsylvanicus sonorus* ocurre un cortejo, en el cuál las reinas realizan un vuelo eliminando una sustancia atrayente para los machos. La cópula es sólo una vez, pero si ésta es efectuada de manera eficiente, reciben suficiente esperma para todo el resto de su vida, el cuál se almacena en su espermateca y es liberado uno por uno para fecundar a cada óvulo a medida que es depositado.

El procedimiento llevado a cabo para los apareamientos en laboratorio fue de la siguiente manera: primeramente, se extrajeron de los nidos reinas jóvenes identificadas así por la coloración clara de su pelaje. Dichas reinas fueron colocadas en cajas de extensión para su maduración. El mismo procedimiento se utilizó para la extracción de machos. Posteriormente, se liberaron estas reinas y machos seleccionados en la jaula de vuelo para cópulas (véase figura 13), dejándose ahí por un tiempo máximo de una hora, el cuál es suficiente para que se lleven a cabo todas las cópulas. Poco después de iniciadas las cópulas, se extrajeron a las parejas y se colocaron en cajas de iniciación para que no fueran molestadas por los demás individuos y se asegurara al mismo tiempo una completa inseminación (véase figura 14).

Aunque los apareamientos deben realizarse en sitios con buena iluminación preferentemente natural, se observó durante los apareamientos realizados con *Bombus*

pennsylvanicus sonorus que los días muy soleados no son tan exitosos para que los apareamientos se lleven a cabo, ya que los individuos reproductivos se ponen muy pasivos, y se obtienen pocas o ninguna cópula. Por ello se aconseja que el día seleccionado para apareamientos esté con sol moderado, o que la jaula se coloque en un sitio donde el sol no pegue directamente sobre ella, así mismo se recomienda el uso de interiores con buena iluminación.

En el desarrollo de este proyecto, se llevaron a cabo 54 apareamientos entre individuos reproductivos *Bombus pennsylvanicus sonorus*, los cuáles fueron realizados en las fechas y con los individuos que se indican en el cuadro 1.

Cuadro 1. Datos de apareamientos de *Bombus pennsylvanicus sonorus* realizados en laboratorio.

Fechas de apareamientos	Procedencia de individuos reproductivos	# de reinas liberadas para cópula	# de machos liberados para cópula	Número total de apareamientos	Porcentaje de éxito para el apareamiento
4 noviembre – 10 diciembre	Nidos colectados	105	150	37	35%
16 – 28 septiembre	Colonias de reinas colectadas	45	53	17	37%

1.1.2 Edad promedio de reinas y machos para el apareamiento

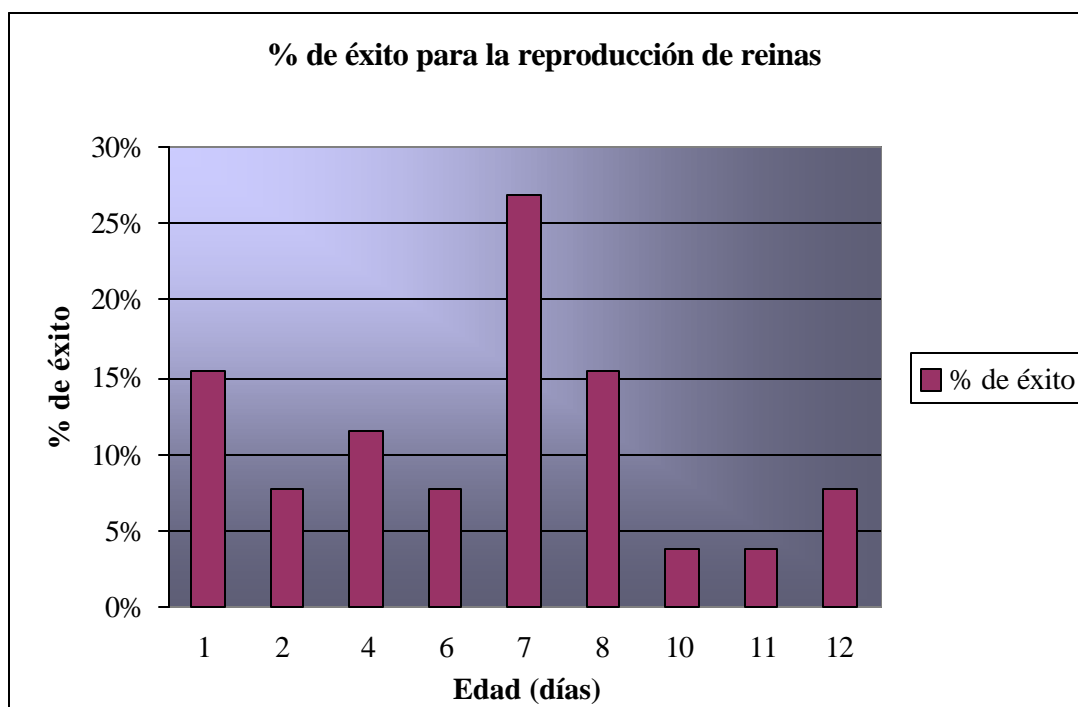
Reinas: La edad en la que se observó un mayor éxito para el apareamiento en las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus*, fue de 1 a 8 días de nacidas (véase cuadro 2 y datos completos en apéndice 1). Las reinas envejecen rápidamente y si no son fecundadas en el lapso de este tiempo, se comportarán como obreras y ya no copularán.

Machos: Se observó que en los machos la edad óptima para el apareamiento es de 1 a 4 días de nacidos, aunque a diferencia de las reinas, los machos se pueden aparear exitosamente aún siendo maduros. (véase cuadro 2.1 y datos completos en apéndice 2).

Cuadro 2. Edad aproximada de las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus* para el apareamiento.

Edad aproximada	Reinas liberadas	Reinas copuladas	% de éxito para la reproducción
1	18	4	15.38
2	9	2	7.69
4	4	3	11.54
6	6	2	7.69
7	19	7	26.92
8	19	4	15.38
10	2	1	3.85
11	5	1	3.85
12	3	2	7.69
		26	100.00

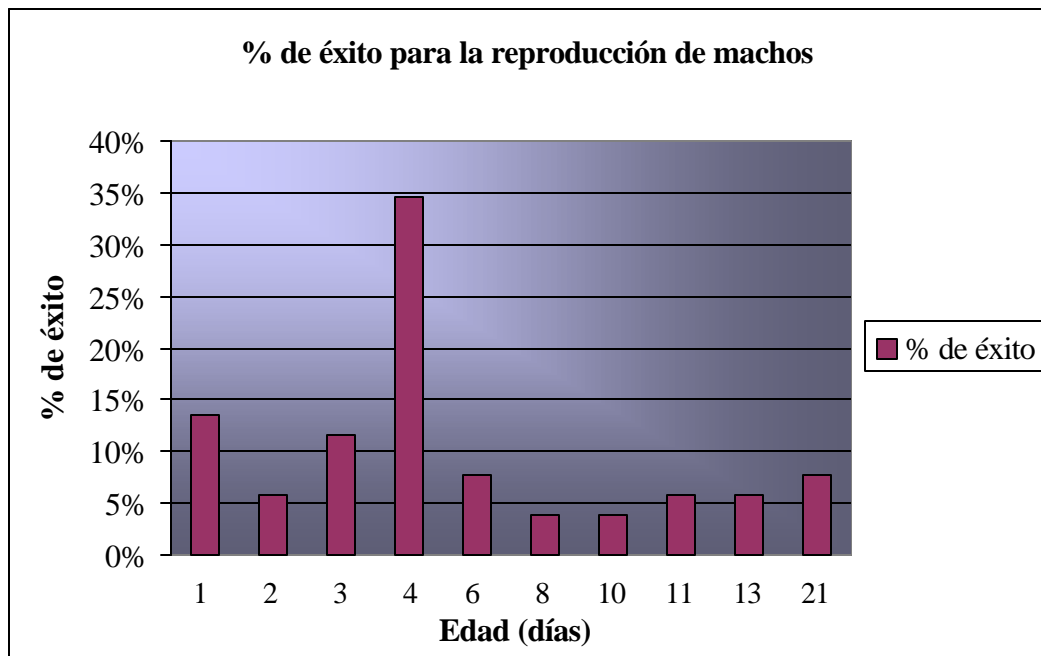
Gráfica 1. Porcentaje de éxito para la reproducción de reinas de acuerdo a su edad.



Cuadro 2.1. Edad aproximada de los machos *Bombus pennsylvanicus sonorus* para el apareamiento.

Edad aproximada	Machos liberados	Machos copulados	% de éxito para la reproducción
1	35	7	13.46
2	24	3	5.77
3	17	6	11.54
4	44	18	34.62
6	22	4	7.69
8	2	2	3.85
10	17	2	3.85
11	6	3	5.77
13	4	3	5.77
21	10	4	7.69
		52	100.00

Gráfica 2. Porcentaje de éxito para la reproducción de machos de acuerdo a su edad.



1.1.3 Tiempo de selección para el apareamiento

Se observó que durante los primeros minutos después de liberados los individuos reproductivos en la jaula de vuelo, comenzaban la mayoría de los apareamientos, en la mayoría de los casos previo al apareamiento se observó un cortejo, en el cual reinas y machos vuelan velozmente acercándose uno a otro y comunicándose con sus antenas, así mismo las reinas eliminaron una sustancia con un peculiar olor atrayente en la mayoría de las veces para los machos, todo lo mencionado anteriormente se dio a partir de unos segundos después de ser liberados los individuos reproductivos, después de lo cual los machos seleccionan a la reina que pretenden fecundar y después de unos pocos minutos de forcejear logran aparearse. Generalmente ya para los 50 minutos se han realizado la mayoría de los apareamientos (véase apéndice 3 y figura 15).

1.1.4 Selección de reinas y machos para la reproducción

En el presente estudio de comportamiento de *Bombus pennsylvanicus sonorus*, se observó selección para la reproducción por parte tanto de reinas como de machos. Machos inmaduros, pequeños o mal formados fueron ignorados por las reinas, incluso en algunos casos fueron atacados por ellas (véase apéndice 4 y análisis de varianza de tamaños de machos). En el caso de los machos, igualmente no mostraron interés en reinas inmaduras, viejas o mal formadas, en este caso, como lo muestra el análisis de varianza, el tamaño de las reinas no fue un factor importante en la selección de los machos para el apareamiento (véase apéndice 4 y análisis de varianza de tamaños de reinas).

Las mal formaciones comunes se presentaron en las patas, las alas y últimos tergos del cuerpo, mismas que les impedían caminar y volar bien (véase figura 16).

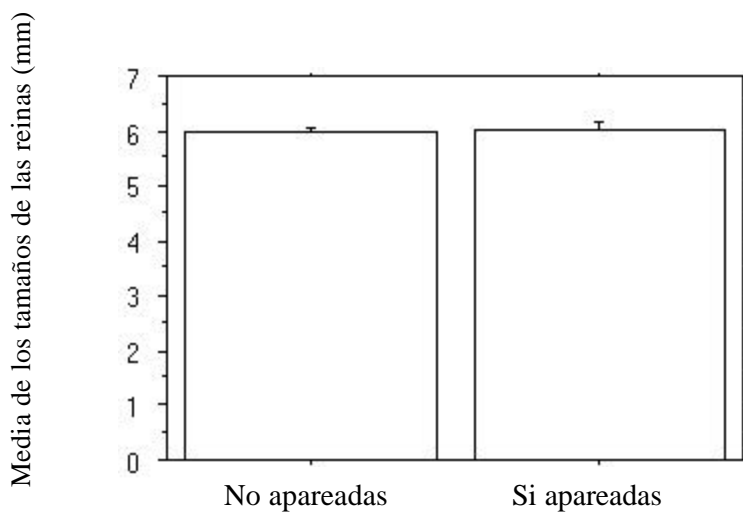
Análisis de varianza del tamaño de las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus*.

	GL	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Valor P
Apareamiento	1	.012	.012	.051	.8220
Residual	147	36.066	.245		

Cuadro 3. Medias del tamaño de las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus* apareadas y no apareadas.

	Total	Media	Desv. Std.	Error Std.
No apareadas	95	5.996	.443	.045
Si apareadas	54	6.015	.576	.078

Gráfica 3. Medias del tamaño de las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus* apareadas y no apareadas.



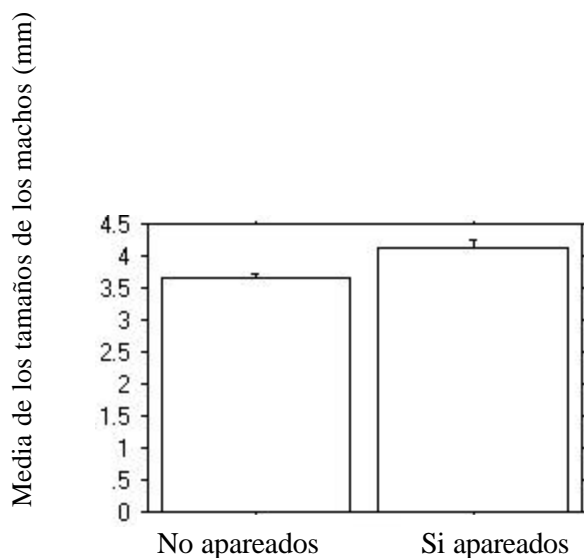
Análisis de varianza del tamaño de los machos *Bombus pennsylvanicus sonorus*.

	GL	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Valor P
Apareamiento	1	9.126	9.126	51.402	<.0001
Residual	199	35.330	.178		

Cuadro 4. Medias del tamaño de los machos *Bombus pennsylvanicus sonorus* apareados y no apareados.

	Total	Media	Desv. Std.	Error Std.
No apareados	149	3.642	.435	.036
Si apareados	52	4.129	.380	.053

Gráfica 4. Medias del tamaño de los machos *Bombus pennsylvanicus sonorus* apareados y no apareados.



1.1.5 Duración de cópulas

El tiempo de copula observado varió, pudiendo ser de 30 minutos, 1 hora, 3 horas o por lapsos variados durante todo el día.

6.2 Comportamientos de nidificación

Como ya ha sido mencionado, en condiciones naturales la reina fundadora es la que lleva acabo todas las tareas dentro y fuera de la colonia en un inicio, y es la que se encarga de la construcción del nido, de ovipositar y de alimentar e incubar a las crías. En este estudio se observaron estos mismos comportamientos en el laboratorio, además se registró el periodo del inicio de incubación hasta la emergencia de las crías.

Para el estudio del comportamiento de nidificación en laboratorio de *Bombus pennsylvanicus sonorus*, se observó el inicio de las siguientes colonias.

1. 7 Colonias fundadas por reinas hijas de los nidos colectados.
2. 5 Colonias fundadas por reinas colectadas.
3. 7 Colonias fundadas por reinas hijas de reinas colectadas.

Cuadro 5. Datos de reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus* que iniciaron colonias en laboratorio y el porcentaje de éxito para el inicio de colonias.

Fechas de apareamientos o colecta	Procedencia de reinas	Número total de apareamientos o de colectadas	# de Reinas que iniciaron colonias	Porcentaje de éxito para el inicio de colonia
4 noviembre – 10 diciembre	Nidos colectados	37	7	18.91
16 – 28 septiembre	Colonias de reinas colectadas	17	7	41.17
17 al 26 de marzo	Colectadas en Cholula	10*	5	50

* Fueron fecundadas en condiciones naturales antes de ser colectadas.

6.2.1 Alimento mordido

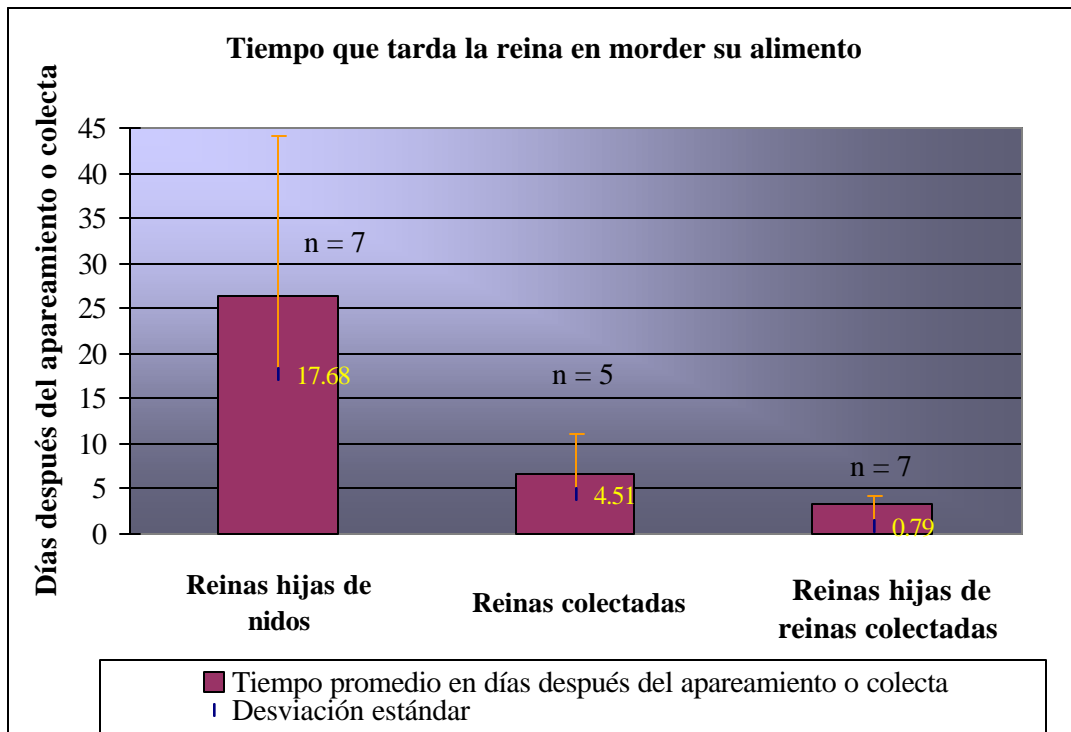
Es la primera etapa de construcción del nido, en la cual la reina muerde su alimento y lo recubre de jarabe y cera, y a partir de él comienza a moldear con sus mandíbulas celdas que le servirán posteriormente para almacenar polen y jarabe cerca de los huevecillos que deposite (véase figura 17).

En el cuadro 6 se aprecian los días registrados en laboratorio que tarda la reina en esta primera etapa de construcción del nido, después de haber sido fecundada o colectada (véanse resultados detallados en apéndice 5).

Cuadro 6. Tiempo promedio que tardan las reinas fundadoras de colonias en laboratorio, en morder su alimento.

Colonias	Tiempo promedio (días después de su apareamiento o colecta)	Desviación estándar
De reinas hijas de los nidos colectados	26.4	17.68
De reinas colectadas	6.6	4.51
De reinas hijas de reinas colectadas	3.42	0.79

Gráfica 5. Tiempo que tardaron las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus* en morder su alimento en laboratorio después de su apareamiento o colecta.



6.2.2 Primera celda con cera

Las celdas son una parte fundamental en la construcción del nido, éstas son espacios como sacos contruidos inicialmente por las reinas con una mezcla de polen, néctar y cera que exudan de su abdomen y que le da la resistencia a la celda.

Las celdas cumplen dos funciones principales en el nido: sirven para el almacenaje de alimento (polen y jarabe), además sirven para aislar a las crías en desarrollo y protegerlas contra agentes externos (véase figura 18) (ver más sobre construcción de celdas en comportamiento en el cuidado del nido).

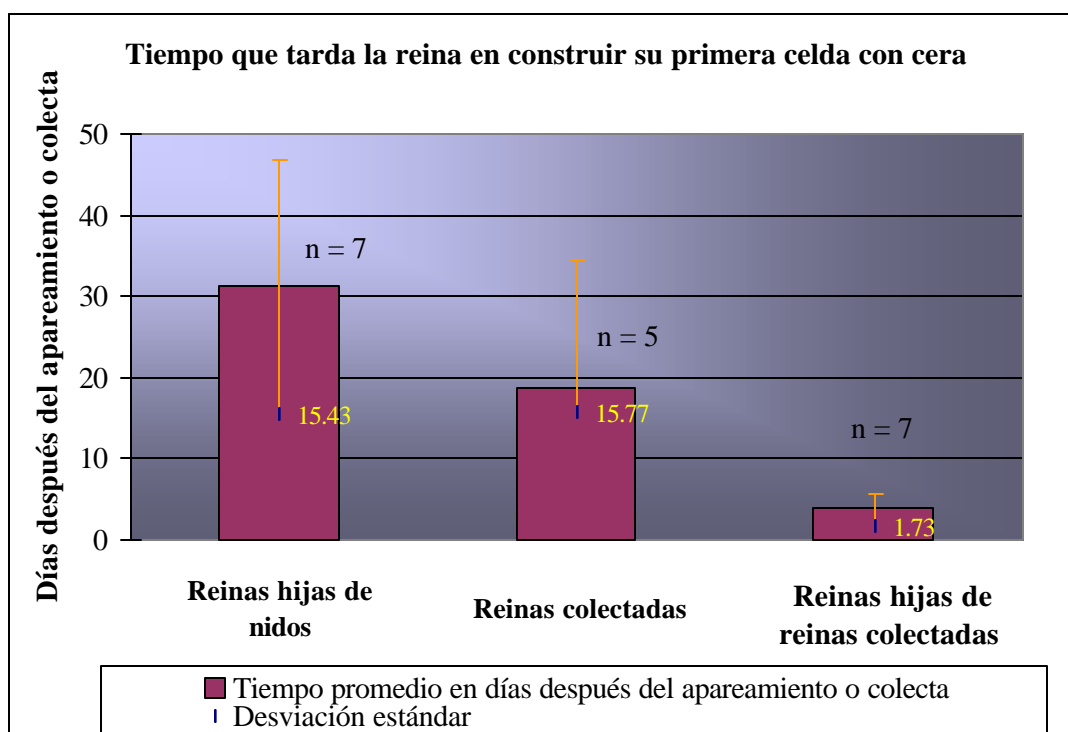
Las primeras celdas con cera inicialmente se encuentran vacías y destapadas en su parte superior, conforme el desarrollo de la colonia, la reina ocupa esas celdas para almacenar jarabe y las que va construyendo posteriormente son utilizadas para depositar sus huevos.

El tiempo que tardaron las reinas en construir sus celdas con cera después del apareamiento o colecta se registra en el cuadro 7 (véanse resultados detallados en apéndice 6).

Cuadro 7. Tiempo promedio que tardan las reinas fundadoras de colonias en laboratorio, en construir su primera celda con cera.

Colonias	Tiempo promedio (días después de su apareamiento o colecta)	Desviación estándar
De reinas hijas de los nidos colectados	31.28	15.43
De reinas colectadas	18.8	15.77
De reinas hijas de reinas colectadas	4	1.73

Gráfica 6. Tiempo que tardaron las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus* en construir su primera celda con cera en laboratorio después de su apareamiento o colecta.



6.2.3 Primera celda con jarabe

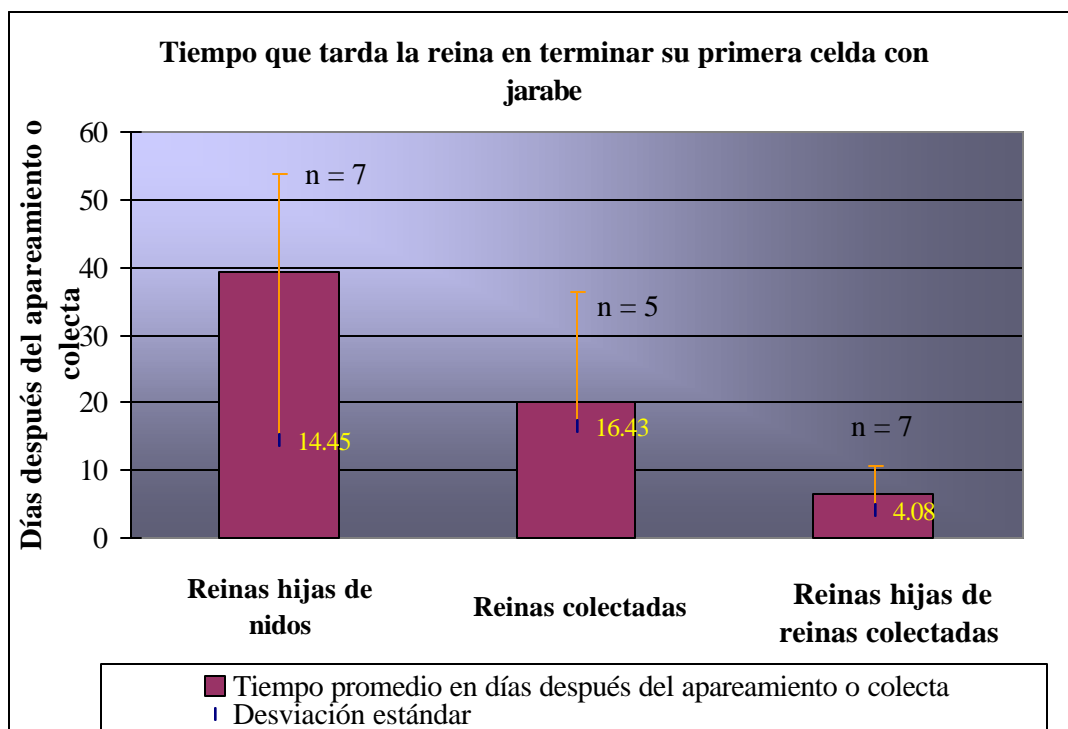
Generalmente, las celdas almacenadoras de jarabe son llenadas cuando la reina ya ha ovipositado, o cuando necesita jarabe cerca del lugar donde está construyendo nuevas celdas (véase figura 19).

El tiempo que tardaron las reinas en llenar sus celdas con jarabe después del apareamiento o colecta se registra en el cuadro 8 (véanse resultados detallados en apéndice 7).

Cuadro 8. Tiempo promedio que tardan las reinas fundadoras de colonias en laboratorio, en llenar su primera celda con jarabe.

Colonias	Tiempo promedio (días después de su apareamiento o colecta)	Desviación estándar
De reinas hijas de los nidos colectados	39.28	14.45
De reinas colectadas	20	16.43
De reinas hijas de reinas colectadas	6.42	4.08

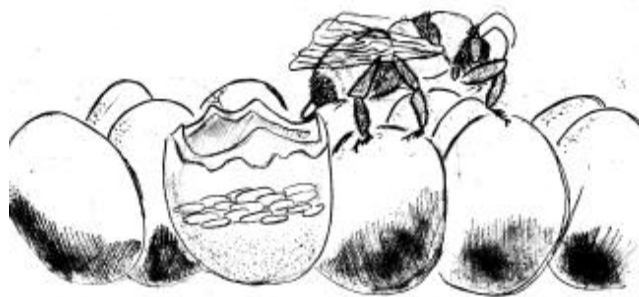
Gráfica 7. Tiempo que tardaron las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus* en terminar su primera celda con jarabe en laboratorio después de su apareamiento o colecta.



6.2.4 Oviposición

Se observó que la reina construye pequeñas celdillas de polen y cera sobre su alimento o sobre el piso, en donde deposita uno a uno sus huevecillos, ovipositando un total de 10 a 20 huevecillos por celda; en otras ocasiones se observó que la reina oviposita directamente sobre su alimento encerado, sin construir las celdillas, y sus huevecillos son tapados de la misma manera con su alimento encerado.

La reina oviposita en una postura recta horizontal, colocando la parte mas baja y desnuda de su abdomen sobre la abertura superior de la celda (véase figura 20). La forma de los huevos es alargada y ovalada, su consistencia es compacta, su coloración blanquecina y su longitud promedio es de 2.7 mm (véase figura 21 y datos en apéndice 8). La posición en que son colocados los huevos sobre las celdillas es horizontal. Finalmente los huevos son cubiertos por las mandíbulas de la reina, con el mismo material de las celdillas.



Santos 2003

Figura 20. Oviposición.

6.2.5 Inicio de incubación

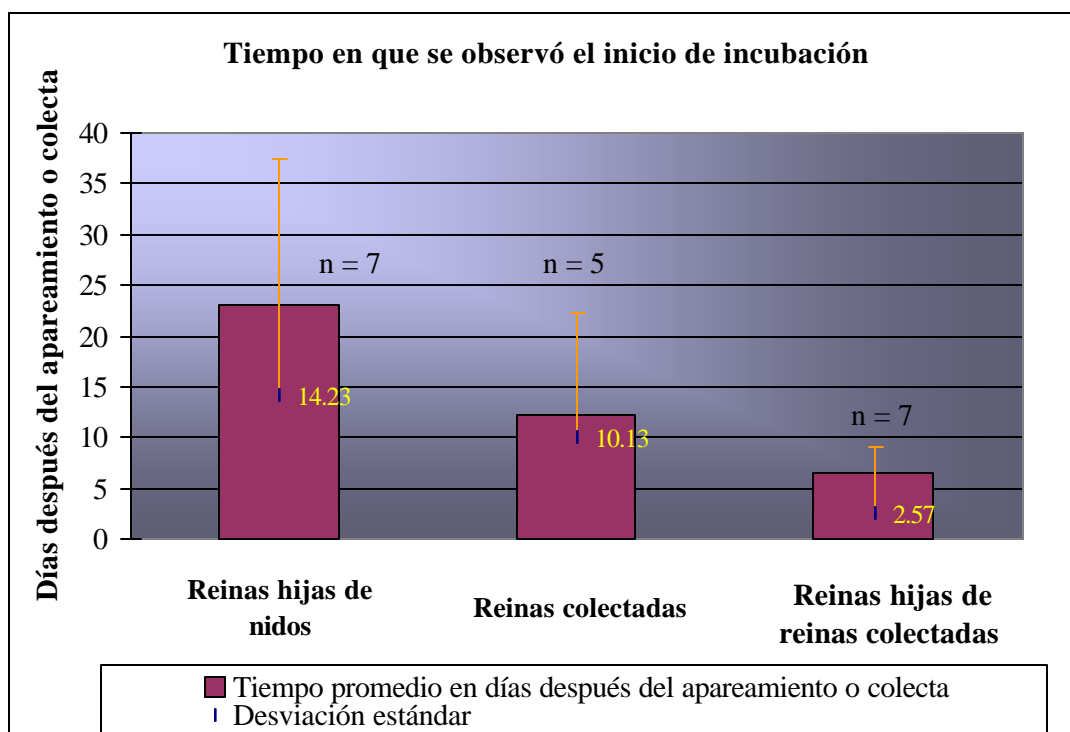
Posterior a la oviposición inicia el periodo de incubación por parte de la reina con la parte baja de su abdomen, manteniendo una temperatura corporal aproximada de 30 °C (véase figura 22 y video 4).

El tiempo que tardaron las reinas en presentar un comportamiento de incubación después del apareamiento o colecta se registra en el cuadro 9 (véanse resultados detallados en apéndice 9).

Cuadro 9. Tiempo promedio que tardan las reinas fundadoras de colonias en laboratorio, en presentar un comportamiento de incubación.

Colonias	Tiempo promedio (días después de su apareamiento o colecta)	Desviación estándar
De reinas hijas de los nidos colectados	23.14	14.23
De reinas colectadas	12.2	10.13
De reinas hijas de reinas colectadas	6.42	2.57

Gráfica 8 Tiempo que tardaron las reinas *Bombus pennsylvanicus sonorus* en iniciar el comportamiento de incubación en laboratorio después de su apareamiento o colecta.



6.2.6 Primer capullo

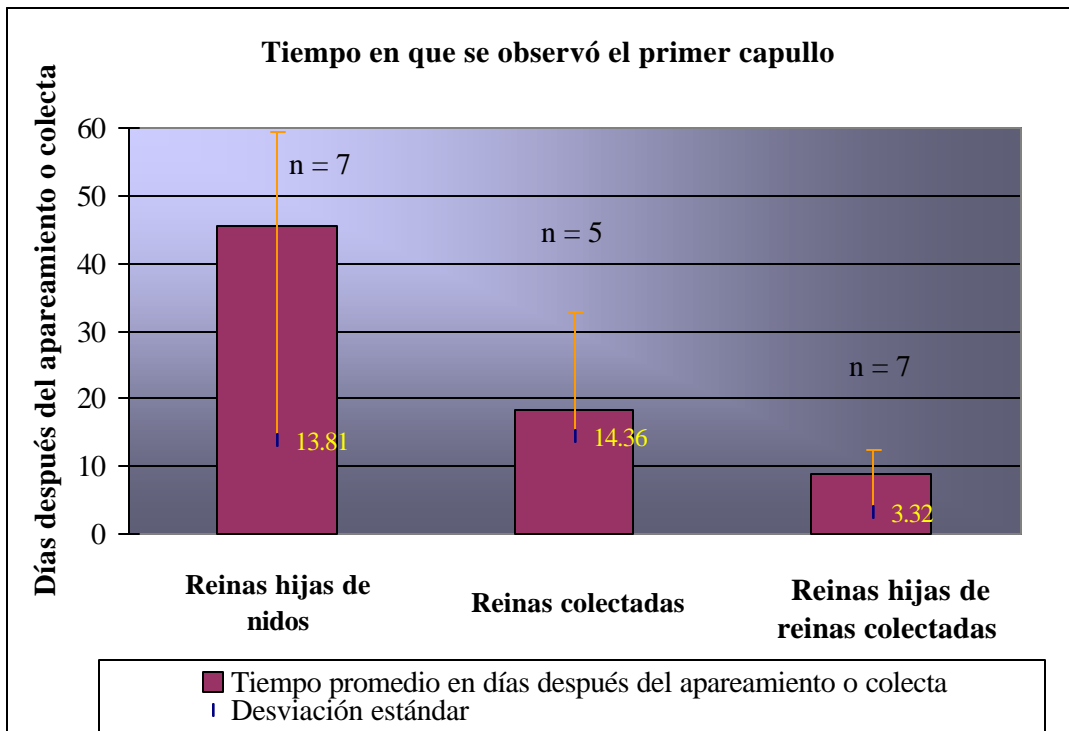
Durante el primer ciclo de la oviposición, los huevos eclosionan y las larvas consumen la provisión del polen y cera que las rodean, y de miel que la reina les proporciona a través del orificio superior de la celdilla, así como de jarabe regurgitado y polen que la reina les proporciona a través de un recipiente especial que la reina construye a un lado de las celdillas (véase figura 23). Hasta este momento las larvas permanecen en una misma celda, en ocasiones separadas una de otra por una pequeña pared de polen (véase figura 24). Posteriormente, cada larva elimina una secreción con la que forma un capullo que la protege y la mantiene separada de las demás. En la última muda de las larvas, la reina suspende el suministro de alimento y tapa el orificio superior de la celdilla, retira la capa de cera y polen que rodeaba a los capullos y reutiliza estos materiales para construir nuevas celdas (véase figura 25).

El tiempo promedio en que se observó el primer capullo después del apareamiento o colecta se registra en el cuadro 10, y el tiempo promedio en que se observó el primer capullo después de registrado el inicio de incubación se indica en el cuadro 11 (véanse resultados detallados en apéndice 10 y 11 respectivamente).

Cuadro 10. Tiempo promedio en que se observó el primer capullo en los nidos de las reinas fundadoras de colonias en laboratorio.

Colonias	Tiempo promedio (días después de su apareamiento o colecta)	Desviación estándar
De reinas hijas de los nidos colectados	45.57	13.81
De reinas colectadas	18.4	14.36
De reinas hijas de reinas colectadas	9	3.32

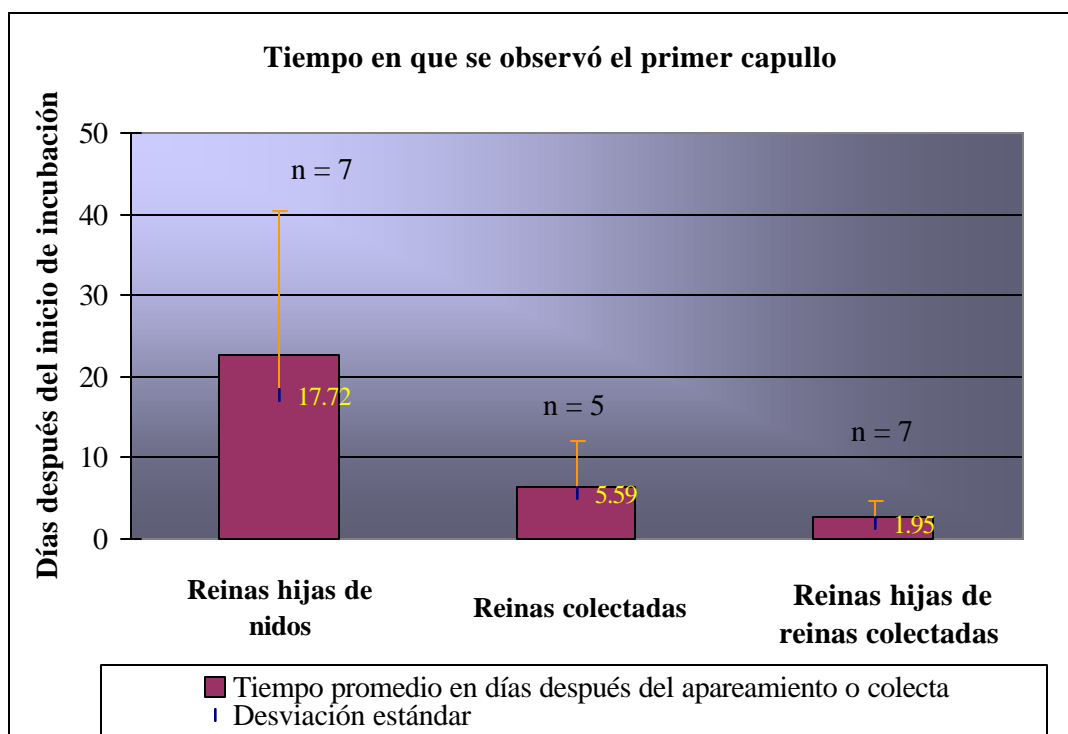
Gráfica 9. Tiempo en que se observó el primer capullo en colonias iniciadas en laboratorio, de *Bombus pennsylvanicus sonorus* después del apareamiento o colecta de la reina.



Cuadro 11. Tiempo promedio en que se observó el primer capullo después de registrarse el inicio de incubación en los nidos de las reinas fundadoras de colonias en laboratorio.

Colonias	Tiempo promedio (días después de observarse el inicio de incubación)	Desviación estándar
De reinas hijas de los nidos colectados	22.57	17.72
De reinas colectadas	6.4	5.59
De reinas hijas de reinas colectadas	2.8	1.95

Gráfica 10. Tiempo en el que se observó el primer capullo en colonias iniciadas en laboratorio, de *Bombus pennsylvanicus sonorus* después del inicio de incubación.



6.2.7 Emergencia de la primera cría

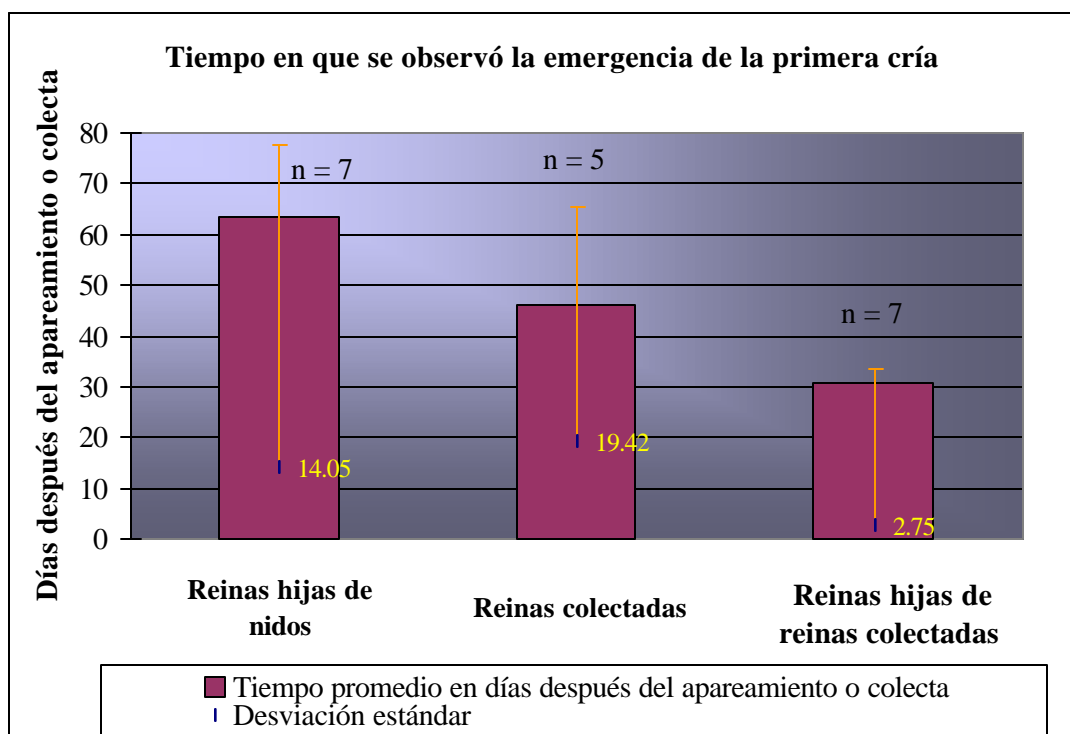
Las crías adultas muerden la cubierta de su capullo hasta emerger, en algunas ocasiones son ayudadas por la reina. En los dos primeros días la coloración de su pelaje es blanca o crema.

El tiempo promedio en que se observó la emergencia de la primera cría después del apareamiento o colecta se registra en el cuadro 12, y el tiempo promedio en que se observó la primera cría después del registro del primer capullo se menciona en el cuadro 13. (véanse resultados detallados en apéndice 12 y 13 respectivamente).

Cuadro 12. Tiempo promedio en que se observó la emergencia de la primera cría en los nidos de las reinas fundadoras de colonias en laboratorio.

Colonias	Tiempo promedio (días después de su apareamiento o colecta)	Desviación estándar
De reinas hijas de los nidos colectados	63.42	14.05
De reinas colectadas	46	19.42
De reinas hijas de reinas colectadas	30.71	2.75

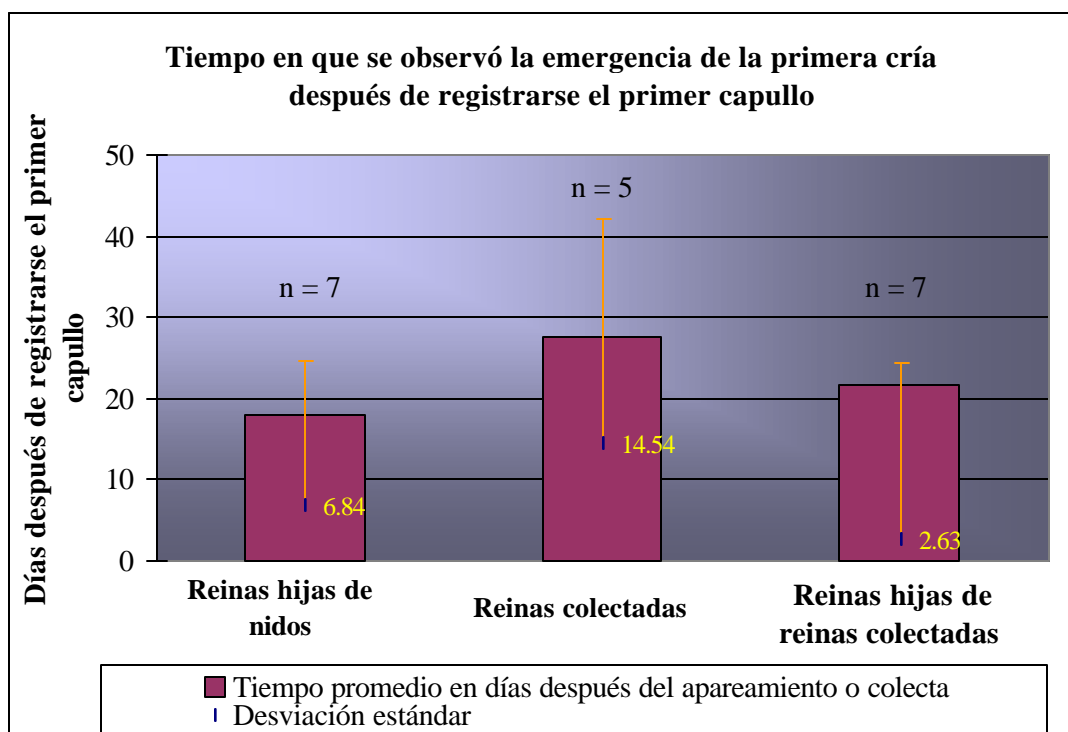
Gráfica 11. Tiempo en que se observó la emergencia de la primera cría *Bombus pennsylvanicus sonorus* en laboratorio, después del apareamiento o colecta de la reina.



Cuadro 13. Tiempo promedio en que se observó la emergencia de la primera cría después de registrarse la existencia del primer capullo en los nidos de las reinas fundadoras de colonias en laboratorio.

Colonias	Tiempo promedio (días después observarse el primer capullo)	Desviación estándar
De reinas hijas de los nidos colectados	17.86	6.84
De reinas colectadas	27.6	14.54
De reinas hijas de reinas colectadas	21.71	2.63

Gráfica 12. Tiempo en que se observó la emergencia de la primera cría *Bombus pennsylvanicus sonorus* en laboratorio, después de registrarse el primer capullo.



6.3 Comportamientos en el cuidado del nido

6.3.1 Incubación

La incubación en el inicio de las colonias es llevado a cabo únicamente por la reina con la parte baja de su abdomen y manteniendo una temperatura corporal aproximada de 30 °C, como se ha mencionado anteriormente. Al madurar la colonia y empezar a producirse las obreras, se integran a los trabajos de incubación de los capullos, también se observó que en colonias en decadencia y en colonias con machos prematuros, algunos machos cooperan por momentos con las actividades de incubación (véase figura 26).

Generalmente en colonias pequeñas o en inicio, cada capullo es incubado por la reina o por una obrera, las cuales agitan lentamente su abdomen sobre las paredes o la superficie del capullo manteniéndolo así a una temperatura constante. En colonias maduras el número de obreras es suficiente para que por parejas incuben a los capullos y la reina se dedica mas bien entre otras actividades a incubar a los capullos más maduros.

6.3.2 Construcción del nido

Como se mencionó anteriormente, la construcción del nido en el inicio de las colonias es llevado a cabo por la reina madre. Al crecer la colonia y empezar a producirse las obreras, son ellas las denominadas obreras domésticas o caseras las que construyen celdas de almacenaje de jarabe y polen, celdas para oviposición y techos para protección de los capullos o para el sostén de nuevas celdas (véase figura 27).

Las nuevas celdas para oviposición miden aproximadamente de 6 a 7 mm de diámetro y de 3 a 4 mm de profundidad, son construidas alrededor de las primeras celdas de cría o encima de capullos desocupados que son tapados o reutilizados para almacenamiento de jarabe (véase figura 28). Cuando el tamaño del nido alcanza a cubrir la superficie de la caja que lo contiene, la construcción de las nuevas celdas se expande hacia arriba de la caja, llegando a alcanzar varios niveles o pisos, dependiendo del tamaño y edad de la colonia. En

laboratorio se registraron nidos maduros con más de 10 pisos. Los niveles del nido permanecen intercomunicados a través de espacios o túneles que las obreras dejan al construir, de modo que las celdas de mas abajo serán las iniciales (véase figura 29).

El tamaño de cada celda varía dependiendo su función.

Las celdas de almacenamiento de jarabe miden aproximadamente de 7 a 12 mm de diámetro y de 11 a 31 mm de alto, son construidas en lugares cercanos a las celdas de cría y en la periferia del nido, su tamaño varía dependiendo su posición y nivel dentro del nido (véase figura 30).

Las celdas de almacenaje de polen miden aproximadamente de 9 a 11 mm de ancho y de 5 a 9 mm de profundidad, son construidas en lugares cercanos a la cámara de anidación, tienen forma de una pequeña charola conectada al interior de las celdas que contienen a las larvas (ver figura 31). Estas celdas cumplen la función de alimentación para las larvas, en donde la reina u obreras descargan polen con néctar regurgitado, y debido a que el tamaño que alcanza cada abeja adulta depende del alimento suministrado en su estado larval, este comportamiento explica el por qué los individuos *Bombus pennsylvanicus sonorus* presentan tamaños uniformes en sus colonias, debido a que no tienen que competir por el acceso al alimento.

6.3.3 Protección del nido

En este estudio se observó que los abejorros *Bombus pennsylvanicus sonorus* son muy sensibles a la luz, vibraciones, al ruido, incluso a los perfumes.

En el laboratorio el comportamiento de protección del nido fue claramente observable en situaciones como en el momento en que se manipulaba a la colonia para proveerles alimento, o exponiéndolos directamente a la luz, o a ruidos o ligeros golpeteos sobre sus cajas.

Se apreció que todos los integrantes maduros de la colonia responden a los estímulos mencionados anteriormente, manteniendo un comportamiento defensivo y regularmente muy agresivo, en el cuál las reinas alteradas agitan sus alas vigorosamente y adoptan una postura corporal de alerta encima de sus capullos, las obreras por su parte doblan sus cuerpos y contraen su abdomen mostrando su aguijón, e igualmente que las reinas agitan vigorosamente sus alas, en ocasiones se les observó eliminar una sustancia. Los machos por su parte vuelan rápidamente sobre el techo de la caja impidiendo la clara visibilidad sobre el nido, mientras que otros permanecen en el piso de la caja boca arriba agitando sus alas y patas.

La falta de experiencia al manipular las colonias, o el uso de lugares inapropiados para la manipulación de los mismos, por ejemplo lugares iluminados, pueden ser aprovechados por los abejorros que incluso llegan a escapar de la caja y atacar directamente al investigador (véase figura 32). Por lo anterior es recomendable que para cualquier estudio en laboratorio de *Bombus pennsylvanicus sonorus*, se use un cuarto con iluminación roja que evitará cualquier tipo de ataques; así mismo se aconseja que las colonias sean manipuladas cuidadosamente para evitar el stress de los abejorros.

6.3.4 Mantenimiento del nido

Para el mantenimiento del nido, la limpieza es de gran importancia ya que permite eliminar y/o evitar infecciones por hongos y parásitos. La limpieza del nido es llevada a cabo por las obreras, las actividades de limpieza del nido consisten principalmente en acarrear larvas muertas o enfermas y alejarlas del nido, extraer de los capullos a pupas muertas o mal formadas y alejarlas del nido, limpiar capullos desocupados para su nuevo uso principalmente para el almacenamiento de jarabe (véase figura 33), y transportar crías moribundas, muertas o enfermas a lugares especiales lejos del nido que determinan exclusivamente para colocar desperdicios.

Otro aspecto importante para el mantenimiento del nido es la reparación de celdas de almacenamiento y cría, la cual es llevada a cabo por las obreras. En este trabajo fueron

destapadas deliberadamente algunas celdas con huevecillos y larvas, y perforadas algunas celdas con jarabe. Se observó en todos los casos, que las dos obreras más próximas al lugar donde se habían dañado las celdas, acudían a repararlas finalizando este trabajo en un tiempo máximo de un minuto, posteriormente la reina se acercaba a supervisar el trabajo terminado y se reincorporaban finalmente cada una a sus actividades (véase figura 34).

6.4 Comportamientos de autocuidado

6.4.1 Alerta

Frecuentemente el comportamiento de alerta observado en este estudio, se origina como respuesta a un estímulo proveniente del exterior. Como respuesta a este estímulo, los abejorros adultos *Bombus pennsylvanicus sonorus* dirigen su cabeza y antenas hacia la fuente del estímulo, adoptando una posición de espera para atacar si es que detectan algún movimiento cercano a ellos o al nido, que sea causa de amenaza.

Los abejorros *Bombus pennsylvanicus sonorus* inmaduros responden a los estímulos de diferente manera que los adultos. Ellos al detectar cualquier tipo de estímulo se esconden de inmediato dirigiéndose a los niveles más profundos del nido.

6.4.2 Alimentación

Una adecuada suministración de alimento rico en proteínas (polen) y carbohidratos (néctar), contribuirá a la obtención de individuos saludables y de gran tamaño, esto llevará igualmente a la obtención de colonias saludables.

Los abejorros hacen uso de su lengua particularmente larga para obtener el néctar contenido en un tubo de ensayo a través de un orificio. Para la obtención de su alimento sólido (polen), primero succionan con la ayuda de su lengua el jarabe que recubre su alimento y posteriormente lo muerden con sus mandíbulas (véase figura 35).

6.4.3 Defecación

La defecación por parte de reinas y obreras adultas es practicada lejos del nido, regularmente en las esquinas libres de capullos o en la cámara de defecación de la caja (véase figura 36). Los machos por su parte, no delimitan un lugar específico para defecar y pueden hacerlo incluso sobre el nido. Debido a que el comportamiento de defecación de los machos resulta un grave problema para la limpieza y conservación del nido y así mismo el bienestar de la colonia, es necesario que los machos sean regularmente extraídos o de otro modo, que sea añadida a la caja del nido una caja de extensión para que los machos permanezcan alejados del nido y así se eviten infecciones.

Todos los individuos *Bombus pennsylvanicus sonorus* presentaron un comportamiento de guardia al momento de defecar.

Los individuos recién nacidos defecan encima del nido, sin embargo en poco tiempo defecarán lejos de él.

El excremento es en parte sólido y en parte líquido, una vez que se seca queda adherido al piso de la caja y puede acumularse y ser propicio para infecciones por hongos u otro tipo de organismos, por lo que se debe extraer periódicamente este exceso de excremento que no es eliminado por los abejorros.

6.4.4 Limpieza

Los abejorros procuran mantener sus cuerpos limpios frotando con sus patas su pelaje, patas y alas, para desprender los restos de alimento o basura que se les adhieren.

6.5 Comportamiento de aprovisionamiento

6.5.1 Nodrizas

Las obreras de las colonias de *Bombus pennsylvanicus sonorus* son las encargadas de ésta tarea que consta en llevar miel y polen desde las celdas de almacenamiento y alimento, a los contenedores de polen o directamente a la superficie de los capullos que contienen larvas; además son las encargadas de incubar los capullos (véase figura 37).

6.6 Comportamiento de reinas

Las reinas son criadas en celdas especiales de mayor tamaño que tienen forma de cacahuete. Las nuevas reinas surgen sólo en ciertas épocas, casi al finalizar el ciclo de vida de la colonia; de acuerdo a la tesis de Di Trani (1999), esto ocurre en los meses de noviembre y diciembre, aunque las reinas nacidas durante este proyecto en laboratorio emergieron desde finales de agosto (véanse datos en apéndice 14).

Las reinas se producen gracias a que se ha adquirido una dieta muy nutritiva durante el estado larvario.

6.6.1 Jóvenes

Las reinas jóvenes se caracterizan porque no han adquirido una coloración completa de su pelaje, teniendo un color blanquizo o crema, y por sus abdómenes pequeños. Se distinguen por su inactividad y por su rápida huida al ser ligeramente perturbadas. Regularmente permanecen escondidas dentro del nido y sólo salen por momentos para alimentarse e inspeccionar el exterior del mismo.

6.6.2 Maduras

Se caracterizan por su gran tamaño en comparación con los demás miembros de la colonia, sus abdómenes están hinchados debido a que almacenan grasas que usarán durante la hibernación. Se distinguen por su agilidad al recorrer el nido y su gran cooperación para las labores de la colonia, las cuales son desatendidas sólo por pequeños momentos mientras se alimentan y defecan.

6.7 Comportamiento de obreras

Las obreras son diploides, comienzan su vida como un óvulo fecundado depositado por la reina en una celda de cera para cría.

Mientras que el comportamiento por parte de la reina es completamente cooperativo para con la colonia, el comportamiento de las obreras es altruista, debido a que sus múltiples actividades benefician a la colonia, pero representan un gran costo para ella al no poder ser fundadora de colonias, en este caso sólo se trabaja en beneficio de las que tienen posibilidades de reproducirse.

6.7.1 Jóvenes

Las obreras jóvenes se caracterizan también por la coloración clara de su pelaje. A diferencia de las reinas jóvenes, las obreras comienzan a colaborar en las actividades del nido inmediatamente después de emerger de su capullo. La actividad en la que se observó con mayor frecuencia participar a las obreras jóvenes fue la de incubación (véase figura 38).

6.7.2 Maduras

Las obreras maduras llevan a cabo todas las funciones dentro del nido excepto la oviposición de huevos. Su comportamiento altruista se refleja en sus tareas dentro del nido,

como el de ser constructoras, guardianas, limpiadoras del nido y nodrizas, por mencionar algunas.

6.8 Comportamiento de machos

Los machos son haploides, se desarrollan a partir de óvulos no fecundados.

6.8.1 Jóvenes

Los machos jóvenes se caracterizan por el color claro de su pelaje y por resguardarse bajo el abdomen de la reina madre durante unos instantes después de emerger del capullo. Algunos machos jóvenes participan en la incubación de los capullos y la protección del nido.

6.8.2 Maduros

Los machos maduros se distinguen por pasar la mayor parte del tiempo volando encima del nido, y por su incansable insistencia para tratar de salir de la caja del nido. La contribución de los machos maduros en la colonia es su participación en el cortejo, en la fecundación y algunas raras veces en la incubación y protección del nido. Se observaron a algunos machos maduros copular con reinas hermanas o incluso intentar copular con su madre.

6.9 Temperamento de colonias de *Bombus pennsylvanicus sonorus*

En este trabajo definimos el término temperamento como el conjunto de fenómenos característicos de la naturaleza de los organismos, que incluye la susceptibilidad que tiene ante diferentes estímulos. La fuerza, rapidez y reacciones que presenta como respuesta ante ellos.

6.9.1 Al inicio de colonias

En colonias en inicio, se observó que el temperamento es activo y que cuando el estímulo atenta contra la seguridad del nido, llega a ser fuerte y vivo. En estas colonias, la reina y obreras adoptan una postura de defensa y ataque frente a ciertos estímulos como luz, ruido, golpeteos en sus cajas y al ser manipuladas en laboratorio. Sin embargo, cuando las colonias en inicio permanecen alejadas de los estímulos antes mencionados, presentan un temperamento inofensivo.

6.9.2 En colonias maduras

En colonias maduras, el temperamento mostrado fue totalmente irascible hasta con los más mínimos estímulos, esto puede explicarse tal vez por el hecho de que en ese momento de madurez de la colonia, la población de obreras es muy grande y son ellas las principales protectoras del nido que responden a cualquier tipo de amenaza que altere el bienestar de la colonia.

6.9.3 En colonias en decadencia

En colonias en decadencia el temperamento mostrado fue el de menor agresividad comparado con las otras etapas de inicio y madurez de la colonia. Lo anterior puede deberse a que en este lapso final del ciclo de las colonias, generalmente la reina madre ha disminuido su efectividad para el control de la colonia o incluso ya ha muerto, y por otro lado, la población de las obreras comienza a declinar, y aunque los miembros de la colonia mantienen su postura de guardia y defensa del nido, se muestran poco agresivos pero inofensivos.

6.10 Productividad en las colonias de *Bombus pennsylvanicus sonorus*

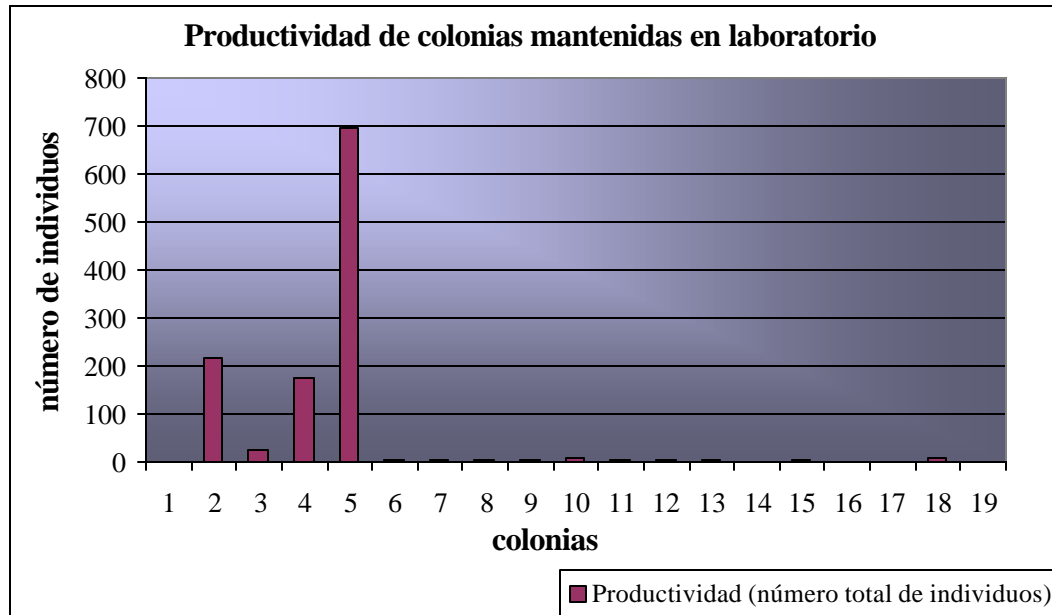
En el presente trabajo se midió la productividad de las colonias de *Bombus pennsylvanicus sonorus* mantenidas en laboratorio, mediante el recuento del número de individuos que conforman a las mismas, así como el total de larvas y pupas extraídas de los capullos por las reinas y/o las obreras (véase cuadro 14).

Además, mediante un análisis de varianza, se compararon los tamaños de algunos individuos reproductivos *Bombus pennsylvanicus sonorus* producidos en dos diferentes tipos de colonias, los primeros provenientes de los nidos colectados, y los últimos provenientes de colonias iniciadas en laboratorio (véase análisis de varianza del tamaño de los individuos *Bombus pennsylvanicus sonorus* apareados y no apareados según su origen).

Cuadro 14. Productividad de colonias de *Bombus pennsylvanicus sonorus* mantenidas en laboratorio.

n colonias	procedencia	# total de reinas	# total de obreras	# total de machos	# de larvas	# de pupas	# total de individuos de la colonia
1	reinas colectadas	0	2	0	34	0	2
2	reinas colectadas	0	99	105	362	13	204
3	reinas colectadas	0	19	4	18	4	23
4	reinas colectadas	0	103	67	265	4	170
5	reinas colectadas	76	380	218	395	21	674
6	colonia de reina colectada	0	0	4	0	0	4
7	colonia de reina colectada	0	0	3	0	0	3
8	colonia de reina colectada	0	0	6	0	0	6
9	colonia de reina colectada	0	0	4	0	0	4
10	colonia de reina colectada	0	0	7	0	0	7
11	colonia de reina colectada	0	0	3	0	0	3
12	colonia de reina colectada	0	0	5	0	0	5
13	nidos	0	2	4	12	0	6
14	nidos	0	0	2	6	0	2
15	nidos	0	1	3	6	0	4
16	nidos	0	1	1	4	0	2
17	nidos	0	0	2	0	0	2
18	nidos	0	4	3	14	1	7
19	nidos	0	2	0	1	0	2

Gráfica 13. Productividad de colonias de *Bombus pennsylvanicus sonorus* mantenidas en laboratorio.



De las 5 colonias fundadas por reinas colectadas se obtuvo una mayor producción en comparación con las colonias establecidas por reinas fecundadas en laboratorio. Es importante mencionar que en todas las colonias iniciadas en laboratorio se observó un desarrollo anormal, en donde se presentó emergencia temprana de machos, emergencia de crías mal formadas, muy pequeñas o débiles.

En las colonias fundadas por reinas provenientes de colonias de reinas colectadas, se obtuvo la emergencia de puros machos.

Sólo una de las colonias establecidas por reinas colectadas llegó a su estado de decadencia, en donde se produjo un importante número de individuos reproductivos.

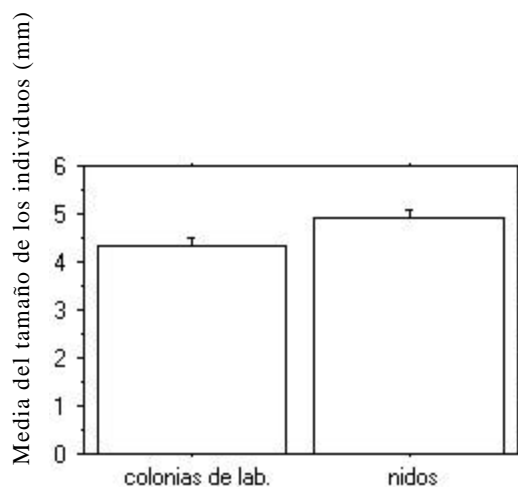
Análisis de varianza del tamaño de los individuos *Bombus pennsylvanicus sonorus* apareados y no apareados según su origen.

	GL	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Valor P
origen	1	26.679	26.679	19.297	<.0001
Residual	348	481.109	1.382		

Cuadro 15. Medias del tamaño de los individuos *Bombus pennsylvanicus sonorus* apareados y no apareados según su origen.

	Total	Media	Desv. Std.	Error Std.
colonias de lab.	112	4.317	1.074	.101
nidos	238	4.909	1.221	.079

Gráfica 14. Medias del tamaño de los individuos *Bombus pennsylvanicus sonorus* apareados y no apareados según su origen.



Según demuestra el análisis de varianza, existe una diferencia significativa en el tamaño de los individuos reproductivos producidos en las colonias colectadas, en comparación con los producidos en colonias iniciadas en laboratorio.