

ÁREA DE
ECOLOGÍA APLICADA



IMPLEMENTACIÓN
DE MEJORAS PARA
LA CRÍA EN CAUTIVERIO DE COLONIAS DEL
ABEJORRO NATIVO *Bombus pauloensis*
(= *B. atratus*) (Hymenoptera: Apoidea)

Foto Alex Escobar

IMPROVEMENTS IN CAPTIVITY REARING OF COLONIES OF THE NATIVE
BUMBLEBEE *Bombus pauloensis* (= *B. atratus*) (HYMENOPTERA: APOIDEA)

Paola Cruz B.Sc.¹

Alexander Escobar¹

María Teresa Almanza Ph.D.²

José Ricardo Cure Ph.D.^{3,3}

1 Joven Investigadora. Facultad de Ciencias. Universidad Militar nueva Granada.

2 Administrador agropecuario. Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada.

3 Docente. Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias. Universidad Militar Nueva Granada.

4 Autor para correspondencia: jrcure@umng.edu.co

RESUMEN

Nuestro grupo de investigación ha logrado emplear exitosamente colonias del abejorro *Bombus pauloensis* criadas en cautiverio para la polinización de tomate; sin embargo, falta aun establecer las condiciones que permitan la producción de sexuales y el efecto que tienen las condiciones de invernadero sobre las colonias. Con esto se busca desarrollar un modelo tecnificado de producción en cautiverio. Se hizo seguimiento a una colonia de *B. pauloensis* desde la iniciación en la cámara de cría a partir de una reina silvestre, el desarrollo en un cultivo de tomate bajo invernadero, hasta la producción, selección y cruce de nuevas reinas. En cautiverio se evaluó el efecto de la alimentación de larvas vía bolsillo en el peso de los individuos emergidos. Se obtuvieron obreras de 0,26 g en promedio. Estas obreras fueron de mayor peso que las obtenidas sin este tipo de alimentación en otros trabajos. En el invernadero se registró el número de obreras forrajeras, las visitas en tres momentos del día y el porcentaje de flores polinizadas. Se presentó la mayor actividad forrajera a las 10:00 a.m con 81% de flores polinizadas en promedio. Adicionalmente, se hizo un censo del número de nuevas reinas y el tiempo en alcanzar el punto de cambio. Este se presentó después de 172 días a partir de la primera oviposición por parte de la reina fundadora y se obtuvieron 53 reinas nuevas de las cuales 37 se seleccionaron por su mayor tamaño para ser cruzadas y 26 se cruzaron exitosamente en cautiverio.

Palabras clave: abejorros, *Bombus pauloensis*, cría en cautiverio, polinización.

ABSTRACT

Our investigation group has been using colonies successfully from the bumblebee specie *Bombus pauloensis* bred in captivity for tomato pollination; however we need to establish the conditions that allow the sexuals production and the effect that the conditions in the greenhouse have on the colonies. With this, we want develop a mass production model of production in captivity. We made a monitoring of one colony of *B. pauloensis* since the initiation in the rearing chamber from wild queen, the development in tomato crops in greenhouse, until the production, selection and mating of new queens.

In captivity we evaluated the "via bolsillo" larval alimentation effect on the weight of the workers emerged. We obtained workers of 0,26 g on average. These workers were heavier than the workers obtained with the traditional alimentation method in others investigations. In the greenhouse we recorded the number of workers foraging, the number of workers visiting tomato flowers on three hours of the day and the percentage of pollinated flowers. We found the major foraging activity at 10:00 a.m. with 81% of flowers pollinated on average. Additionally we made a census of the new queens and the time to reach the "switch point". This was presented after 172 days from the first oviposition by the founder queen. We obtained 53 new queens, 37 were selected because of their larger size to be mated and 26 were successfully mated in captivity.

Key words: bumblebees, *Bombus pauloensis*, rearing, pollination.

INTRODUCCIÓN

Debido a la eficiencia que *Bombus pauloensis* (= *B. atratus*) ha demostrado en la polinización de varios cultivos, su amplia distribución geográfica y su carácter de especie nativa, el grupo de investigación en "Ecología y biodiversidad de abejas silvestres", desde hace aproximadamente diez años, ha venido estudiando la biología de la especie, su fenología y varias características del desarrollo de sus nidos.

Los abejorros tienen una gran importancia ecológica y económica gracias a sus hábitos alimenticios. La actividad de estos organismos que genera mayores beneficios humanos es la polinización (Michener 2000).

Más recientemente, el énfasis de las investigaciones se ha concentrado en desarrollar una metodología para la producción mas eficiente de las colonias y así poder asegurar la disponibilidad continua de las mismas, para poderlas utilizar en ensayos de polinización en mayor escala y en el desarrollo de programas de cooperación con las cadenas productivas con las que actualmente se viene trabajando con el Ministerio de Agricultura para generalizar la polinización como una práctica hortícola importante para la mejoría de la productividad de varios cultivos.

Antecedentes

Los abejorros del genero *Bombus* empezaron a usarse desde 1880 para la producción de semillas de trébol rojo (Bohart 1972), sin embargo, fue hasta un siglo después que se desarrolló un método de cría para una de las especies (*B. terrestris*). Los abejorros tienen una gran importancia ecológica y económica gracias a sus hábitos alimenticios. La actividad de estos organismos que genera mayores beneficios humanos es la polinización (Michener 2000).

Para la utilización comercial de estos organismos es necesario vencer algunas dificultades. Algunas tienen que ver con la propia cría en cautiverio y otras con la adaptación de las colonias a las condiciones de producción de los cultivos, sean estos de invernadero o de campo abierto.

Nuestro grupo de investigación ha concentrado los esfuerzos de cría en cautiverio a la especie *B. pauloensis*, que pertenece al grupo de "constructores de bolsillos" (pocket makers) en el que se ha demostrado que el polen que se ofrece a las obreras, no se usa eficientemente en la alimentación de las larvas, lo que se traduce en una baja producción de reinas (Griffin *et al* 1991 citado en Almanza 2007). La regularidad con que las obreras alimentan las larvas, tanto como la calidad del polen ofrecido, son muy importantes para el desarrollo y sobrevivencia de las colonias. Otra dificultad que se ha



Figura 1. Alimentación tradicional de la reina.

encontrado para la cría en cautiverio es predecir el momento en que ocurre el “punto de cambio” (switch point), para lograr la producción de sexuos. No se conocen las condiciones que lo inducen y en la mayoría de las colonias, la reina muere sin iniciar la producción de sexuos generando el decaimiento de la colonia o induciendo la oviposición por parte de las obreras.

En el empleo de esta especie como agente polinizador, la mayor dificultad se ha encontrado en el manejo de las condiciones internas de los nidos en las cajas de cría. Una vez las cajas son llevadas

al invernadero, o a campo, las colonias deben mantener la temperatura del nido por encima de los umbrales de desarrollo (23°C para larvas y 16°C para adultos), por lo que el costo de crecimiento e incubación en términos energéticos, cuando las temperaturas están fuera de estos rangos, es elevado y afecta no solo la longevidad de los individuos sino la sobrevivencia de la cría y por ende el desarrollo de la colonia, influyendo directamente en su capacidad de polinización. Almanza (2007) propone implementar medidas que beneficien el servicio de la polinización realizada por *Bombus* mediante el diseño de cajas de cría aisladas que disminuyan el gasto de energía vía termo regulación, que permitan darle continuidad a las colonias y que completen su ciclo normal de desarrollo.

Los trabajos actualmente en curso buscan mejorar los procesos de cría del abejorro

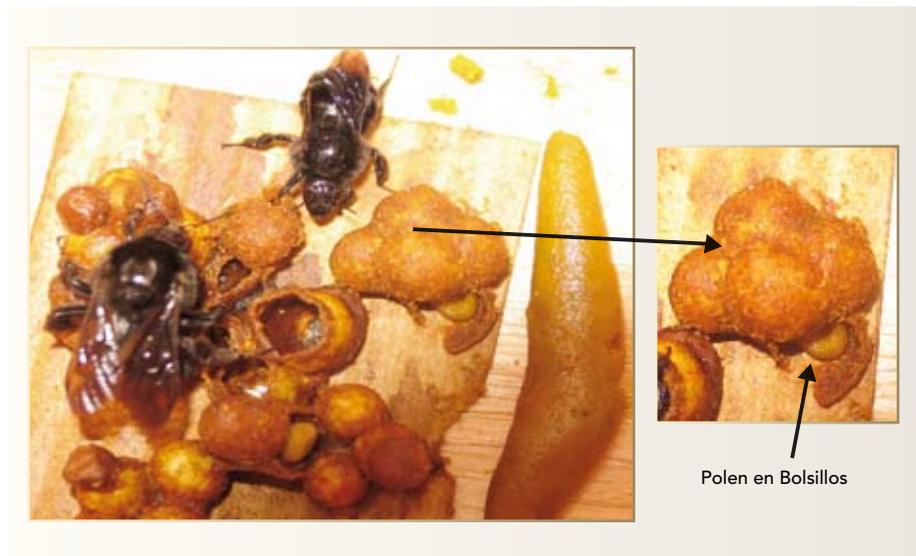


Figura 2. Alimentación de las larvas vía bolsillos.

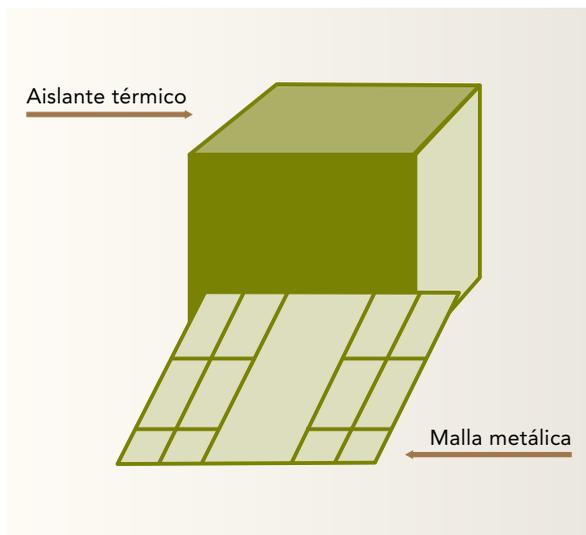


Figura 3. Caja modificada.

nativo *B. pauloensis* desde la iniciación de colonias hasta la reproducción de nuevas reinas en cautiverio, para la producción en escala de colonias; buscan también mejorar el diseño de las cajas de cría para mantener estables las condiciones ambientales en condiciones de producción y finalmente, evaluar el efecto que tiene la alimentación de las larvas vía bolsillo durante las fases iniciales del desarrollo de la colonia.

Generalidades de *Bombus*

En *Bombus*, como en las abejas de la miel, existe la diferenciación de castas dentro del sexo femenino: la reina de mayor tamaño y las obreras más pequeñas y usualmente no reproductivas. Algunos autores no consideran los machos como una casta (Alford 1975). El ciclo de las colonias es anual y se inicia en la primavera con el inicio de la floración, sin embargo en zonas neotropicales como Colombia, estudios en especies como *B. pauloensis* se ha

encontrado que en el año se dan dos ciclos de cría (Cruz et al 2007).

Las reinas de *Bombus* requieren cantidades suficientes de néctar y polen para iniciar la formación de sus nidos, por ello tienden a pasar largos periodos de tiempo cerca de las plantas que les proporcionan alimento. Para iniciar su propia colonia la reina busca un lugar apropiado donde pueda desarrollarse, explorando agujeros y zonas protegidas entre la vegetación. La búsqueda puede tomar de días a semanas y el lugar del nido debe proveer adecuada protección principalmente contra el clima (Michener 1974). Algunas colonias se establecen en nidos habitados anteriormente por pequeños mamíferos o debajo de hierba superficial que les provea protección. La mayoría de los nidos de *B. pauloensis* que se han encontrado, han sido observados en el suelo cubiertos por vegetación (Sakagami et al 1967), como *Eucalyptus* y *Pinus* en y se han encontrado en el suelo de áreas abiertas altamente perturbadas por la actividad humana (Gonzalez et al 2004).

Empleando el protocolo de alimentación vía bolsillo, se encontró que las obreras obtenidas fueron de mayor peso (0.26 gr) que las criadas con el protocolo de alimentación tradicional.

Después de seleccionado el sitio de nidación, la reina se ocupa de distribuir el material disponible para construir el nido. Inicia con la formación de una masa de cera con una pequeña cavidad que se convertirá en la cámara central (Alford 1975). Una vez realizada esta labor, la prioridad es el abastecimiento de néctar, por lo cual la reina sale a forrajear en busca de éste, una vez lo encuentra, lo lleva al nido en donde lo distribuye sobre las paredes para darle estabilidad y fuerza al nido al secarse y endurecerse. También forrajea para coleccionar polen que sirve para estimular el desarrollo de las glándulas de cera y para depositarlo en la cámara central y moldarlo para con las mandíbulas hacer una masa de polen para una vez completa, poder ovipositar sobre ésta y cubrir los huevos con cera (Alford 1975, (Prys-Jones & Corbet 1991). Esta fase es la que se conoce como la fase solitaria.

	Temp. (°C)	Humedad (%)	Temp. Suelo (°C)	Radiación (W/M2)	Vel. Viento (M/S)
Promedio	12,78	82,96	14,34	127,08	0,41
Mínima	4,25	34,92	3,41	0,00	0,00
Máxima	21,71	99,00	31,26	723,92	2,25

Tabla 1. Condiciones ambientales promedio anuales del invernadero.

En la fase sub social, la reina oviposita sobre la masa de polen y estos huevos darán origen a las obreras. En esta fase la reina se dedica a la alimentación y calentamiento de las primeras larvas que pasan por cuatro estadios hasta llegar a pupas y posteriormente a adultos (Michener 1974) y allí con la emergencia de las primeras obreras se inicia la fase eusocial de la colonia allí se aumenta el número de huevos ovipositados por la reina a medida que aumenta el número de obreras para cuidarlos. Las obreras pueden clasificarse en tres grupos dependiendo las actividades que

llevan a cabo en las colonias: caseras, caseras/forrajeras y las forrajeras (Garófalo 1978). Las obreras caseras se encargan de las labores dentro del nido, entre estas se encuentran la alimentación de las larvas, comportamiento de incubación y ayudar a

Referencia	Peso Promedio Obreras (Gr)	Ds	Tipo De	N
Presente	0,26	0,04	Vía bolsillo	51
Torres & Gómez (2008)	0,2	0,07	Tradicional en cautiverio, no vía bolsillo	160
Rojas (2005)	0,17*	0,08	Tradicional en cautiverio, no vía bolsillo	98

Tabla 2. Peso promedio de obreras obtenidas en varios experimentos.

*Dato calculado a partir de datos de longitud de ala (Rojas (2005)) empleando la regresión de Torres & Gómez (2008).



Figura 4. Estadios de desarrollo de *Bombus*. a) Celda de huevos, b) Celda de larva, c) Celda de pupa, d) adulto.

la emergencia de las nuevas obreras; las abejas caseras/forrajeras realizan actividades tanto dentro como fuera del nido, dependiendo del tamaño y necesidades de la colonia (Free 1955) y las abejas forrajeras se dedican exclusivamente a la recolección de néctar o polen.

Los machos aparecen en una etapa de desarrollo de la colonia llamada "punto de cambio", que es definido en el momento en que la reina y las obreras con potencial reproductivo colocan huevos haploides. Las nuevas reinas aparecen en la etapa final de la colonia, y la colonia entra en una fase denominada punto de competencia en el que la reina pierde el dominio de la colonia y reinas substitutas establecen la nueva colonia (Yeninar y Kaftanoglu 1997).

La duración de los ciclos de desarrollo varía dependiendo de la temperatura, la calidad y la cantidad de alimento (Alford 1975). Para especies del trópico como *B. pauloensis* criadas en

cautiverio, se ha encontrado que este oscila entre 26 a 31 días (Almanza et al 2002), mientras que para especies de zonas templadas como *B. morio* es de 32 días (Sakagami et al 1967).

MATERIALES Y METODOS

Localización

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar "Nueva Granada", estación experimental "Río Grande", ubicada en el municipio de Cajica, Cundinamarca, a una altura de 2.597 msnm y se dividió en cuatro fases:

Fase de campo 1:

Se llevó a cabo en el municipio de Mondoñedo Cundinamarca, que se encuentra ubicado a 2.650 m.s.n.m. Allí se capturaron con una red entomológica 20 reinas en el mes de junio de 2007 y se transportaron, en frascos de vidrio individuales con ventilación en la parte superior, a la cámara de cría.

Fase de laboratorio 1:

Una vez capturadas las reinas, éstas fueron llevadas a la cámara de cría ubicada en la estación experimental "Río Grande" en la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada, Cajica Cundinamarca.

En dicha cámara de cría las condiciones ambientales se mantienen en un rango de humedad relativa entre el 60 y 90% y de temperatura máx. de 30°C y min. de 28°C, esto se logra

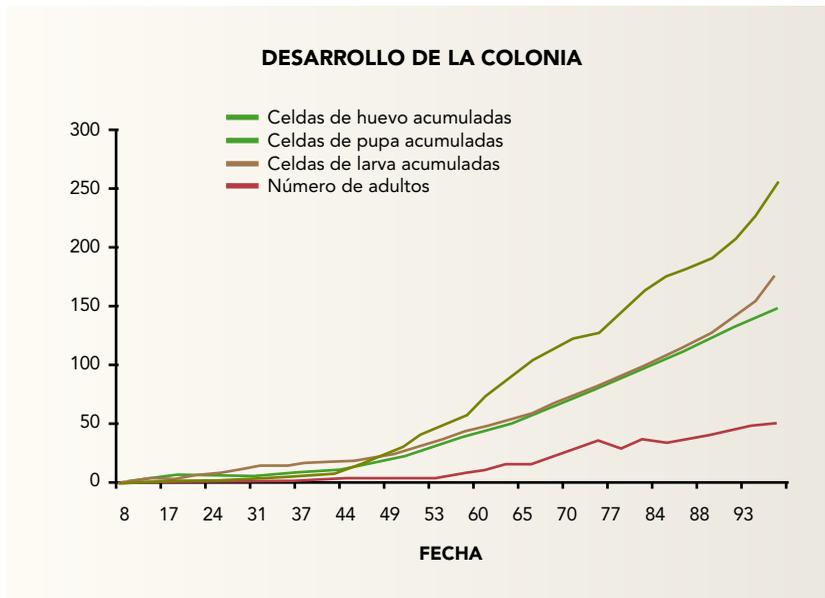


Figura 5. Desarrollo de la colonia en cautiverio

mediante el empleo de un humidificador de ultrasonido y un calentador de ambiente.

Cada una de las reinas capturadas se ubicó en cajas de iniciación de madera de dimensiones 12.5 x 7 x 5 cm que están diseñadas con la cara frontal de vidrio para permitir la observación de la reina y su cría. Adicionalmente la caja posee dos agujeros, uno en la cara lateral para permitir el acceso al bebedero de alimentación y otro en la cara superior para el suministro de polen.

La alimentación se llevó a cabo tres veces por semana y consistió en una solución azucarada (sacarosa y agua en proporción 1:1) que se suministró en los bebederos en las mismas cantidades a cada reina y en una mezcla húmeda de polen fresco macerado colectado por *Apis melífera*, el cual se proporcionó en cantidades iguales y exactas a las reinas (Figura 1).

Las larvas, una vez la reina inició la oviposición, fueron alimentadas vía bolsillo: ésta consiste en proporcionar el polen directamente en los bolsillos de alimentación de cada celda de larvas y se hace con el fin de simular la forma de alimentación que en condiciones naturales realizan las obreras. Se proporcionaron 0.04 gr a cada bolsillo de alimentación de larvas de cada colonia. En esta fase se registró el peso de las obreras, se registró el tiempo de desarrollo de cada estado fenológico (huevo, larva, pupa y adulto) y se hizo una descripción del desarrollo de las colonias obtenidas con esta forma de alimentación (Figura 2).

Una vez las colonias alcanzaron un número aproximado de 8 a 10 obreras, se trasladaron a cajas de cría de madera de dimensiones 12 x 19 x 18 cm. A estas cajas de cría tradicionales descritas por Almanza (2007) se les realizaron dos modificaciones importantes: se le

realizaron dos modificaciones importantes: se le

Referencia	Huevo	Larva	Pupa	Total (Huevo a Adulto)
Presente	4	12	8	24
Torres & Gomez (2008)	7,7	16,1	10,2	34,1

Tabla 3. Duración en días de cada estadio de desarrollo.

incorporo aislante térmico (termolón) en las 4 paredes externas y el piso de madera de la caja fue modificado adicionando una malla de ventilación metálica de la siguiente manera:

Las cajas modificadas, con el aislante térmico logran mantener temperaturas máximas de 16,3°C y mínimas de 14,2°C, mientras que las cajas tradicionales la mantienen en un rango de 63,3 °C a 14,4°C, a una temperatura dentro del invernadero que oscila entre los 17,6°C y los 15°C. También se encontró que con la malla de ventilación la humedad se logra mantener cercana al 68%, mientras que sin ningún manejo de ésta, la humedad llega al 96%.

Fase de campo 2:

Se realizó con una colonia que alcanzó en cautiverio 51 obreras. Esta fue trasladada a un cultivo experimental de 1849 m², bajo

invernadero, ubicado en la misma sede de la con las siguientes condiciones ambientales:

Allí, la colonia se mantuvo hasta la muerte de la reina fundadora, cuando se inició la producción de sexuados, tanto machos como reinas.

Se registraron las condiciones físicas de humedad y temperatura externas próximas a la colonia y las condiciones al interior de la colonia mediante el empleo de dos registradores Hobbo®.

En esta fase se registró la actividad polinizadora de la colonia, teniendo en cuenta el número de obreras forrajeando a lo largo del día. Para ello se eligieron tres horarios de acuerdo a lo recomendado en estudios anteriores, con picos de actividad forrajera (Almanza 2007). Se registró el porcentaje de flores de tomate polinizadas, mediante el conteo de flores marcadas por los abejorros (manchas necróticas en las anteras) así como las visitas a

los cultivos aledaños al tomate, como la uchuva o el lulo.

Una vez la colonia alcanzó el "switch point", se registró el número de reinas emergidas y éstas fueron llevadas nuevamente a la cámara de cría para la siguiente fase.

Fase de laboratorio 2:

Las reinas emergidas de la fase anterior fueron llevadas a la cámara de cría, en donde se ubicaron

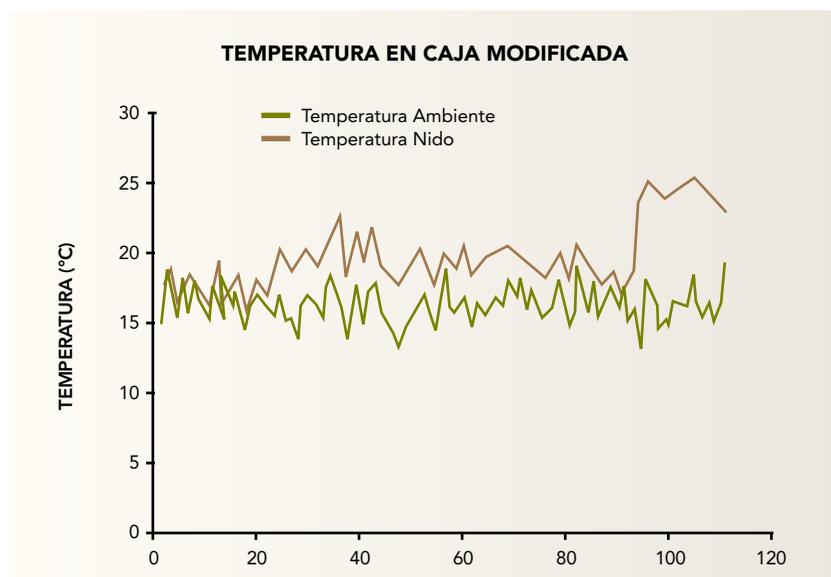


Figura 6. Temperatura (°C) registrada al interior y al exterior del nido.

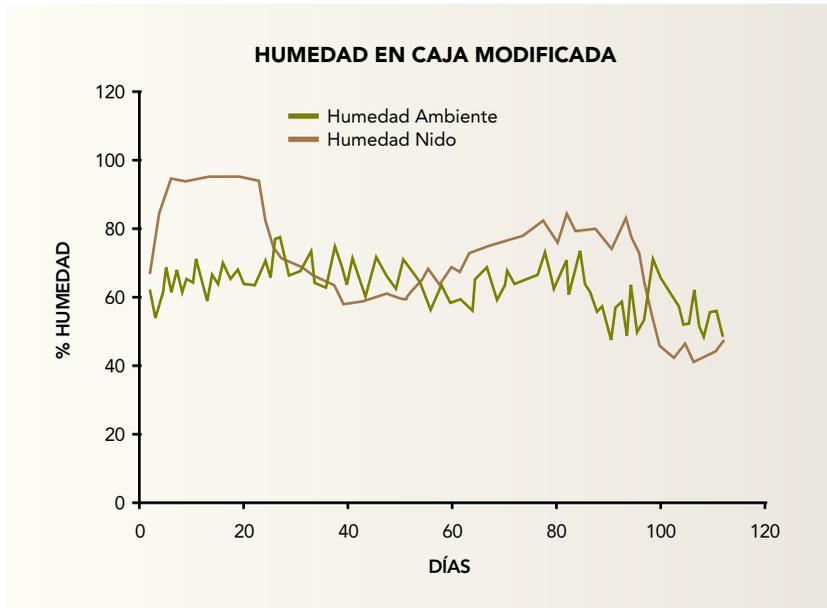


Figura 7. Humedad relativa (%) registrada al interior y al exterior del nido

en cajas de iniciación individuales para al día siguiente ser cruzadas en la cámara nupcial.

En la cámara nupcial se ubicó por cada reina recién emergida dos machos obtenidos de colonias de laboratorio y se dejaron allí desde las 7:00 a.m. hasta las 3:00 p.m., a temperatura ambiente, para recrear las condiciones naturales de cortejo y apareamiento.

Una vez se retiraron de la cámara nupcial, las reinas fueron ubicadas nuevamente en las cajas de iniciación y se mantuvieron en la cámara de cría bajo el mismo protocolo de alimentación mencionado para la reina fundadora.

Aquí, se registro el número de reinas que se cruzaron exitosamente, es decir que iniciaron su proceso de oviposición.

RESULTADOS Y DISCUSION

Fase de Laboratorio 1:

Empleando el protocolo de alimentación vía bolsillo, se encontró que las obreras obtenidas fueron de mayor peso (0.26 gr) que las criadas con el protocolo de alimentación tradicional:

En cautiverio se hizo el seguimiento a cada uno de los estadios de desarrollo a una sola colonia (Figura 4) que fue la única que inició la oviposición el día 8

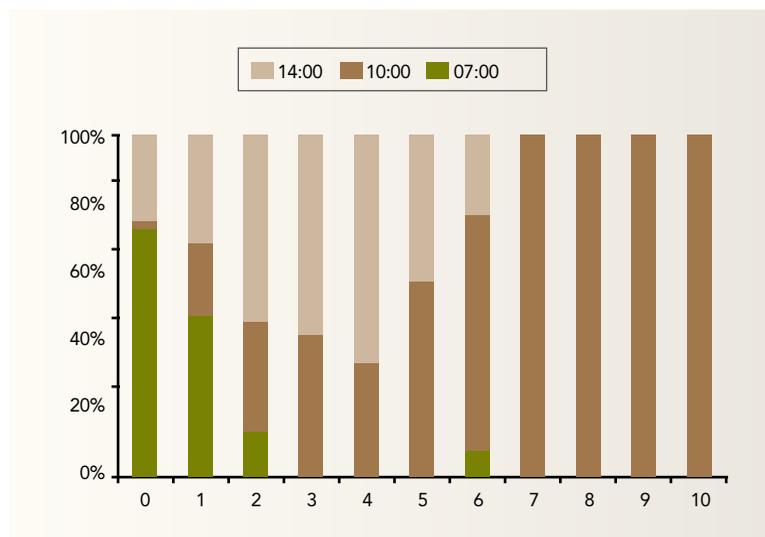


Figura 8. Número de obreras visitando el cultivo a lo largo del día.

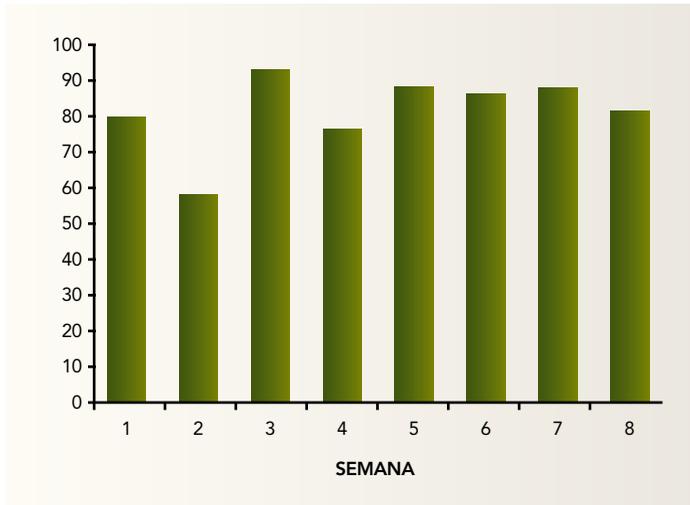


Figura 9. Porcentaje de flores de tomate polinizadas.

después de su captura. En esta colonia se inició la alimentación vía bolsillo el día 17 en que apareció la primera celda de larvas y su respectivo bolsillo de alimentación. Con este método se obtuvo un total de 148 celdas de huevo, 174 celdas de larva, 255 celdas de pupa y 51 obreras hasta el día 95 en que ésta colonia fue llevada al invernadero para ser empleada en la polinización de los respectivos cultivos. Comparado con los resultados que obtuvieron Torres & Gómez (2007), que para el día 91 la acumulación de huevos, larvas y pupas no superaba la cantidad de 50 respectivamente, se obtuvo un mayor número de individuos en una menor cantidad de tiempo (Figura 5).

En cuanto a la duración del desarrollo de la colonia se obtuvo una disminución en el número total de días desde huevo hasta adulto (Tabla 3) de 10 días (de 34.1 a 24 días, Torres & Gómez 2007).

Fase de campo 2:

Se encontró que el aislante térmico (“termolón”) mantiene las condiciones de temperatura del nido relativamente estables, a pesar de las fluctuaciones registradas al exterior (Figura 6) durante la mayor parte de las observaciones, sin embargo, a partir del 96 hay un incremento importante, lo que seguramente está relacionado con la construcción de celdas sobre las mallas de ventilación. En cuanto a la humedad (Figura 7), esta fue siempre elevada en relación a las condiciones

ideales, lo que se constató porque hacia el día 50 de ser trasladada la colonia al invernadero (día 145 del desarrollo total), se tuvo que usar papel absorbente para evitar la aparición de hongos y enfermedades ya que se disminuyó la aireación y aumento la humedad al interior del nido. El uso de este papel es benéfico

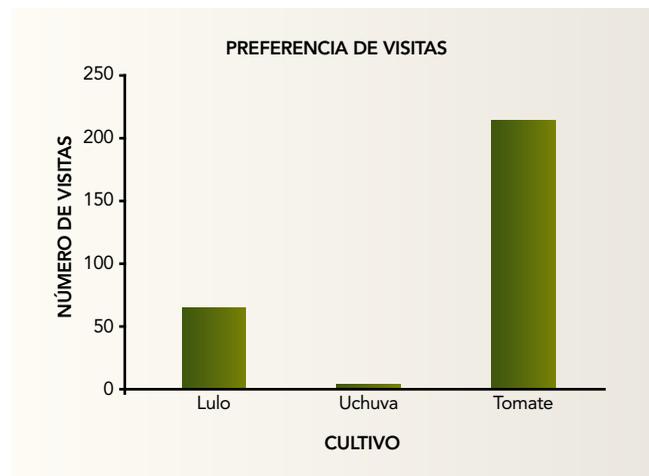


Figura 10. Preferencia de visitas en el invernadero.



Figura 11. Obreras de *B. pauloensis* visitando cultivos de a) lulo b) tomate.

para la colonia cuando aumenta su tamaño, sin embargo hacia el final de la colonia cuando inicia la aparición de reinas e inicia el decaimiento de la colonia la humedad disminuye y no es aconsejable usar este papel.

Se evaluó la actividad forrajera en términos del número de obreras visitando las flores ($n= 89$) en tres horas diferentes del día: 7:00 a.m. 10:00 a.m. y 14:00 p.m. Se encontró a las 7:00 a.m. un máximo de 6 obreras visitando

flores, esto mismo se presentó a las 14:00 p.m. A las 10:00 a.m. se registró un notable aumento en el número de visitas (10 obreras), siendo ésta la hora de mayor actividad forrajera en el día.

En el registro del porcentaje de flores de tomate polinizadas, hacia la semana 2 se encontró el menor porcentaje lo que puede atribuirse posiblemente al aumento en la humedad en el nido que afectó negativamente a la

Adicionalmente en el transcurso del registro de datos de actividad forrajera y polinización, se encontró que las obreras visitaban cultivos aledaños al cultivo de tomate como el lulo y la uchuva al interior del mismo invernadero, sin embargo la preferencia se mantuvo por las flores de tomate.

colonia e hizo que las obreras se ocuparan del cuidado de la cría y el nido. Una vez se hizo el respectivo manejo de la humedad y se adecuó la caja de colonia con otra franja de ventilación, se encontró en la semana 3 el máximo número de flores polinizadas llegando a un 93.27%;

Adicionalmente en el transcurso del registro de datos de actividad forrajera y polinización, se encontró que las obreras visitaban cultivos aledaños al cultivo de tomate como el lulo y la uchuva al interior del mismo invernadero, sin embargo la preferencia se mantuvo por las flores de tomate (Figura 10 y 11).

Fase de Laboratorio 2:

La colonia en invernadero produjo un total

Reinas	Alimentación Tradicional	Vía Bolsillo
Emergidas	8	53
Seleccionadas para Cruces	2	37
Cruzadas Exitosamente	0	26

Tabla 4. Reinas obtenidas y cruzadas exitosamente.

de 53 reinas, este registro constituye el primero para el grupo de investigación en el que se obtiene este número de reinas. Con la alimentación tradicional el promedio de reinas obtenidas hasta la fecha es de 8 por colonia, con la alimentación vía bolsillo se obtuvieron 53 de las cuales se cruzaron 37 y 26 iniciaron exitosamente la oviposición.

A partir de este trabajo se pudo concluir que:

La alimentación vía bolsillo produce obreras de mayor tamaño.

Simular en cautiverio la alimentación directamente en los bolsillos de las larvas o alimentación vía bolsillo puede aumentar la producción de reinas y disminuir la mortalidad de larvas por un uso más eficiente del polen.

Las obreras de *B. pauloensis* forrajean bajo invernadero preferiblemente a las 10:00 a.m. Además forrajean en lulo y uchuva.

La colonia bajo invernadero produjo más reinas que en cautiverio usando la alimentación tradicional.

Las nuevas reinas se cruzaron, eran fértiles y fecundas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Alford DV. 1975. Bumblebees. Davis Poynter Ltd. Londres. U.K.
- 2- Almanza MT. 2002 Biología de nidación y cría de abejorros del género *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). Memorias del I Encuentro colombiano de abejas silvestres. Bogotá. LABUN Universidad Nacional de Colombia
- 3- Almanza MT. 2007. Management of *Bombus pauloensis* bumblebees to pollinate Lulo (*Solanum quitoense* L), a native fruit from Andes of Colombia. Ecology and Development Series No 50. ZEF Bonn.
- 4- Bohart GE. 1972. Management of wild bees for the pollination of crops. Entomology Research Division. - U.S . Department of Agruculture, Logan Utah.
- 5- Cruz P, Almanza MT, Cure JR. 2007. Logros y perspectivas de la cría de abejorros del genero *Bombus* en Colombia. Revista Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. Vol III No 1. Colombia.
- 6- Free J. 1955. The Division of Labour within Bumblebees colonies. Ins. Soc.
- 7- Garófalo CA. 1978. Bionomics of *Bombus* (*Fervidobombus*) morio. II. Body size and length of life of workers. J. Apic. Res. 17
- 8- González VH, Mejia A, Rasmussen C. 2004. Ecology nesting behavior of *Bombus atratus* Franklin in Andean highlands. J. Hym. Res. 13 (2).
- 9- Michener CD. 1974. The social behavior of the bees. Harvard University. Cambridge-Massachusetts.
- 10- Prys-Jones OE, Corbet SA. 1991. Bumblebees. Richmond Publishing Co. Ltd. England.
- 11- Rojas D, Vecil D, Almanza MT, Cure JR. 2003. "Desarrollo, patrón de construcción y forma de alimentación en colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) criadas en cautiverio." XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali. SOCOLEN.
- 12- Rojas D. 2006. Dinámica de crecimiento de una colonia de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en condiciones de cautiverio y en condiciones de campo en un cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) var septentrionale bajo poli sombra. Tesis de grado para obtener el título de Biólogo. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá.
- 13- Sakagami SF, Akahira Y, Zucchi R. 1967. Nest architecture and brood development in a neotropical bumblebee *Bombus atratus*. Insects Sociaux. 14 (4). Paris.
- 14- Torres E, Gómez JD. 2008. Evaluación de diferentes tipos de dieta para la iniciación de colonias de abejorros *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en cautiverio. Tesis de grado para obtener el título de Biólogo. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá.
- 15- Yeninar H, Kaftanoglu O. 1997. Colony Development of Anatolian Bumblebees (*Bombus terrestris*) under laboratory conditions. Acta Hort. 437