



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
INIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Bombus en Chile: **ESPECIES, BIOLOGÍA Y MANEJO**



Patricia Estay Palacios

ISSN 0717-4713

COLECCIÓN LIBROS INIA Nº 22



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
MINISTERIO DE AGRICULTURA

BOMBUS EN CHILE: ***ESPECIES, BIOLOGÍA*** ***Y MANEJO***



Patricia Estay Palacios
Ingeniera Agrónoma, M.Sc.
Centro Regional de Investigación La Platina

Santiago de Chile, 2007

ISSN 0717 - 4713

COLECCIÓN LIBROS INIA N° 22

BOMBUS EN CHILE: ESPECIES, BIOLOGÍA Y MANEJO

Autora:

Patricia Estay Palacios
Ingeniera Agrónoma, M.Sc., Investigadora
Entomóloga

Directora Responsable:

Paulina Sepúlveda Ramírez,
Directora Regional INIA - La Platina.

Colección Libros INIA N° 22

Cita bibliográfica correcta:

Estay P., Patricia. 2007. *Bombus* en Chile: especies, biología y manejo.
82 p. Colección de Libros INIA N° 22. Instituto de Investigaciones
Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina,
Santiago, Chile.

© 2007, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA,
Centro Regional de Investigación La Platina,
Santa Rosa 11610, La Pintana, Teléfono (56-2) 7575100,
Fax: (56-2) 5417667, Casilla 439, Correo 3, Santiago de Chile.

N° de Inscripción: 162.533

ISBN: 978-956-7016-30-3

ISSN: 0717-4829

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin
autorización del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA),
Ministerio Agricultura.

Diseño y Diagramación: Jorge Berrios V.
Dibujos: Nancy Vitta P.
Fotografías: Patricia Estay P. y Virginia Aguilar G.
Impresión: Salesianos Impresores S.A.

Cantidad de ejemplares: 500

Santiago, Chile, 2007.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Agradecimientos _____	5
Prólogo _____	7
Introducción _____	9
Capítulo 1.	
Taxonomía, Reproducción y Desarrollo del Género <i>Bombus</i> _____	11
Taxonomía _____	12
Caracteres Morfológicos _____	14
Reproducción y Desarrollo _____	15
Comportamiento Polinizador _____	19
Capítulo 2.	
Descripción de las Especies del Género <i>Bombus</i> presentes en Chile _____	23
<i>Bombus dahlbomii</i> _____	23
<i>Bombus ruderatus</i> _____	27
<i>Bombus terrestris</i> _____	27
Capítulo 3.	
Aspectos sanitarios del Género <i>Bombus</i> _____	31
Protozoos _____	31
Nematodos _____	32
Ácaros _____	33
Insectos _____	34
Orden Lepidoptera _____	34
Orden Díptera _____	34
Orden Hymenoptera _____	35
Evaluación de riesgo sanitario _____	35

Capítulo 4.

Uso de <i>Bombus terrestris</i> como Polinizadores en Frutales y Hortalizas en Chile	37
Arándano	37
Recomendaciones para la polinización con <i>Bombus terrestris</i>	45
Efecto de <i>Bombus terrestris</i> en la polinización del palto	46
Liberación de agentes polinizadores	49
Efecto de <i>Bombus terrestris</i> en la polinización del tomate	55
Efecto de <i>Bombus terrestris</i> en la polinización de frutilla	61
Aplicaciones en diferentes cultivos	66
Pimiento	66
Brócoli	66
Melón	67
Canola o raps	68
Referencias Bibliográficas	71

AGRADECIMIENTOS

Todo el trabajo realizado en el proyecto y en la publicación, no habría sido posible sin el entusiasmo, profesionalismo y gran esfuerzo del equipo de trabajo que participó en él, agrónomos, técnicos, operarios y estudiantes. Destacada fue la participación de mi ex alumno y hoy colega Adrián Wagner V., pionero en este trabajo, con quien iniciamos la formación del laboratorio de Producción de Bombus. En la implementación de los ensayos y evaluación de los abejorros en el campo, también se agradece la importante participación de otra ex alumna y leal colaboradora, la colega Ingeniera Agrónoma Nancy Vitta P, quien además es autora de los dibujos adaptados que se presentan en esta publicación. Quiero además hacer un especial reconocimiento a Virginia Aguilar G., Ayudante de Investigación de Entomología, por su dedicación en el trabajo de campo y de laboratorio, el que ha sido fundamental para la obtención de una gran cantidad de información y de fotografías que se presentan en esta publicación.

En ordenar y revisar los múltiples detalles de las referencias bibliográficas me ayudó mi hija Francisca, a quien con mucho cariño y orgullo le agradezco su valioso apoyo.

Agradezco también, las correcciones y sugerencias de los colegas de INIA; Gabriel Saavedra, Paulina Sepúlveda y Marisol González y al Entomólogo de la Universidad de Chile Ingeniero Agrónomo Ph.D. Jaime Araya.

Finalmente, deseo destacar el apoyo de FONDEF de CONICYT, quien financió el proyecto que ha permitido la producción de Bombus en Chile, a partir del cual se generó toda la información que se presenta en esta publicación.

La Autora.

PRÓLOGO

La investigación en Entomología en el Centro Regional La Platina del INIA, ha existido por décadas. Esta disciplina agronómica comprende el estudio de la biología, ecología y control de los insectos de importancia en hortalizas y frutales, y que representan una constante preocupación para los productores. Disponer de tecnologías de producción lo más amigables con el medio ambiente es, sin duda, un factor cada vez más gravitante para la agricultura nacional.

Esta publicación, refleja el avance de un trabajo sistemático y permanente realizado por la autora, quien ha dedicado gran parte de su quehacer profesional, iniciado en 1980, a esta disciplina agronómica y a partir del año 2000, enfocada a insectos benéficos y resume los esfuerzos de investigación en torno a la introducción y manejo de otras especies de abejorros en Chile, principalmente, *B. terrestris*.

El presente libro, constituye un nuevo aporte a la agricultura nacional, profundizando el tema de los abejorros y será la base de futuros estudios en Chile y otros países. Estamos seguros que también será acogido por la comunidad agrícola y académica, con el mismo entusiasmo, como lo han sido otros documentos publicados por INIA, hecho que honra el quehacer de los integrantes de esta institución.

Dirigido a asesores técnicos, académicos y estudiantes, será también, una guía indispensable para los productores, quienes encontrarán una descripción de las especies del género *Bombus*, como también, toda la información necesaria para un adecuado uso de estos insectos polinizadores en frutales y hortalizas en Chile, elementos que permitirán aumentar los rendimientos en los cultivos utilizados.

Para INIA, este libro es un esfuerzo hecho realidad, gracias al desarrollo del proyecto FONDEF «Desarrolllo de un sistema de producción de abejorro (*Bombus*), como tecnología de polinización en frutas y hortalizas», aporte que se corona con su publicación, pero que a la vez, renueva el permanente compromiso de acompañar a la agricultura con nuevos estudios científicos, que le dan sustento a la actividad del Agro.

Paulina Sepúlveda Ramírez
Ingeniera Agrónoma M.Sc.
Directora Regional INIA La Platina.

INTRODUCCIÓN

Los abejorros del género *Bombus*, son mundialmente reconocidos como excelentes polinizadores de una serie de frutales, hortalizas y forrajeras en los cuales otros insectos no dan buenos resultados. Estos, han llegado a convertirse en un importante insumo para muchos agricultores en el mundo. En Norteamérica, Europa e Israel, el uso de abejorros se ha masificado, siendo el principal cultivo donde se utiliza en tomate bajo invernadero, especies forrajeras y algunas variedades de paltos.

En el año 1997, se introdujo a Chile la especie *B. terrestris*, la cual fue evaluada en el país y posteriormente se inició su importación periódica y su comercialización principalmente para la polinización de tomate en invernadero. Sin embargo, su uso no se masificó por el alto costo del producto importado, su inestabilidad en la oferta, y porque no se había realizado evaluaciones de su efectividad sobre otras especies vegetales. Por otra parte, la mayoría de los países que han desarrollado la industria de producción de especies del género *Bombus*, lo han hecho sobre la base de sus especies nativas. En Chile, la única especie nativa identificada es *B. dahlbomii*, reconocido abejorro cuya población en distintas regiones del país, ha ido en la úl-

tima década en disminución, probablemente por problemas ambientales. En investigaciones realizadas por Neira (1997), Estay *et al* (2001), se demostró que *B. dahlbomii*, era capaz de polinizar arándano y tomate en Chile bajo condiciones de invernadero y al aire libre. Fue así, que en el año 2002 fue aprobado por FONDEF el proyecto «Desarrollo de un sistema de producción de abejorro (*Bombus*) como tecnología de polinización en frutas y hortalizas», Código DO111028 ejecutado por INIA - La Platina, a través de un convenio entre FONDEF e INIA y las Empresas asociadas BIOCONTROL (V Región) y MIPAGRO (VI Región) y ejecutado entre los años 2002-2005. Cabe destacar, que el proyecto fue estratégico para el país, porque ha permitido la obtención de un procedimiento de producción masiva en laboratorio del abejorro nativo *B. dahlbomii*, procedimiento que hoy se encuentra en proceso de patentamiento en el DPI (Departamento de Propiedad Intelectual del Ministerio de Economía).

El proyecto planteó la importancia estratégica para el país, del desarrollo de un procedimiento técnico patentable de producción masiva de la especie de *Bombus* nativa y su evaluación sobre especies hortofrutícolas.

En el Laboratorio de Entomología de INIA-La Platina, se contaba con una línea de investigación en este tema, lo cual permitió, a partir de colectas del material importado, adaptado a las condiciones climáticas de la zona central de Chile, establecer un protocolo de crianza artificial de *B. terrestris* original. Ello, también permitió establecer una unidad de crianza de abejorros de la especie *B. terrestris* en Chile para su utilización como modelo para inversionistas, partiendo por la implementación de unidades piloto con las empresas asociadas y en el Centro Regional de Investigación La Platina. Lo anterior, en complementación con los ensayos de terreno que permitieron validar, ajustar y promover el uso de esta tecnología en frutales (paltos), frutales menores (arándano y frutillas) al aire libre y en invernadero, hortalizas para producción de semilla (melón, zapallo italiano, pepino ensalada, brócoli), hortalizas para consumo en fresco (variedades de tomate en invernadero) y producción de semilla para cultivo industrial (canola). El establecimiento de unidades productoras comerciales de abejorros, representa una ventaja estratégica para el país, desde el punto de vista comercial, favoreciendo su uso masivo debido al menor costo frente

al material importado y promoviendo en el futuro esta exportación no tradicional. Así fue como se logró establecer unidades locales de producción del abejorro *B. terrestris*, especie que hasta el año 2002 se importaba a Chile desde Holanda, Bélgica e Israel para ser usadas en la polinización de tomate en invernadero. El proyecto, también demostró la capacidad polinizadora de los insectos del género *Bombus*, no sólo en tomate, si no también, en arándanos, paltos, frutilla, hortalizas bajo plástico y hortalizas para producción de semilla, y que trae como beneficio, una mejor polinización cuando existen problemas de temperatura o atractivo de las flores y, por tanto, un incremento en los rendimientos, mayor calibre de frutos y calidad organoléptica. Su uso, también promueve la utilización de plaguicidas selectivos y control biológico frente a las plagas ayudando a promocionar más el producto chileno con sello de calidad y respeto a las Buenas Prácticas Agrícolas.

Finalmente, también como logro de este proyecto, es la presente publicación, que corresponde a toda la información obtenida durante la ejecución de este proyecto FONDEF.

La Autora.

TAXONOMÍA, REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO DEL GÉNERO *Bombus*

El género *Bombus*, agrupa a los insectos del Orden Hymenoptera, conocidos como abejorros y que pertenecen a la Familia Apidae, tribu Bombini.

Los abejorros son mundialmente conocidos como polinizadores de numerosas especies frutales, hortalizas y forrajeras, en las que el uso de otros insectos polinizadores no ha dado buenos resultados. Por ello, el uso de estos insectos polinizadores ha llegado a convertirse en la actualidad, en un importante insumo para muchos agricultores en el mundo (Desjardins y De Oliveira, 2006).

Los insectos de este grupo tienen características sociales y están organizados en cas-

tas, que habitan en colonias conformadas por una reina reproductora diploide, trabajadoras u obreras no reproductoras diploides, y machos reproductores haploides (**Foto 1**). Son fácilmente reconocidos por su tamaño, de 2,2 – 3,2 cm de largo, con un cuerpo grueso con pilosidad abundante, constituida por cerdas numerosas de color llamativo, que de acuerdo a la especie pueden ser blancas, negras, amarillas, anaranjadas o con diversos matices de color marrón. En todas las especies las reinas son las de mayor tamaño, duplicando muchas veces el de las obreras y los machos. Sólo las reinas y las obreras poseen aguijón, pero no son agresivas y solamente lo utilizan en maniobras disuasivas (Donovan y MacFarlane, 1984) (**Foto 2**).



Foto 1.
De izquierda a derecha; Reina, obrera y macho de *B. terrestris*.



Foto 2.
Especies de abejorros. De izquierda a derecha; *B. dahlbomii*, *B. terrestris*, *B. ruderatus*.

El aparato bucal de este género de insectos se caracteriza por presentar una proboscis, que dependiendo de las especies fluctúa entre 7 y 12 mm (**Foto 3**).

Los abejorros se dividen en especies de proboscis cortas y largas. El tamaño de esta parte de la cabeza incide fuertemente en la relación del insecto con la flor, y por lo tanto, con la polinización. La proboscis la insertan en busca de los néctarios para extraer el néctar. Con su aparato bucal, cuerpo y patas también atrapan polen; la mayoría lo traslada en la tibia de su tercer par de patas. En algunas flores, el polen es colectado con las mandíbulas, pero en otras, con los pelos de su cuerpo especialmente los presentes en el tórax, los cuales están adaptados para retenerlo. Con las patas del medio lo llevan a la zona del tercer par de patas; aunque en realidad lo más frecuente es lo que señala Sladen (1989), que el polen se une y comprime en el metatarso con la aurícula o espuela, para luego ser alojado en la parte de la tibia llamada corbícula o cesta de polen (**Figura 1**).

TAXONOMÍA

El género *Bombus* comprende 239 especies distribuidas en 38 subgéneros, que han sido descritos por Ito (1985) y Williams (1996), según los caracteres morfológicos, principalmente de los machos, y que se resumen en el **Cuadro 1**.

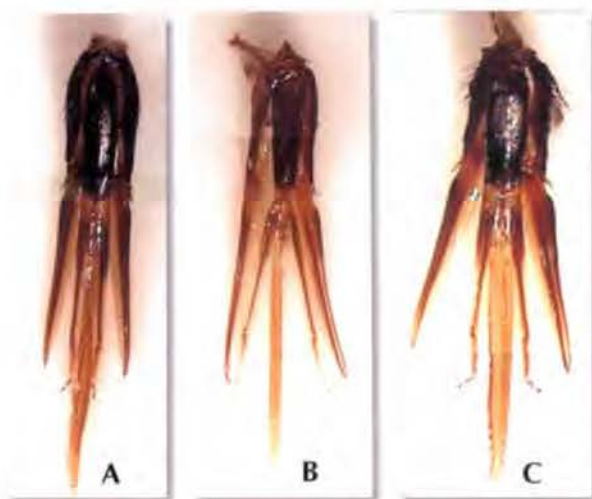


Foto 3. Aparato bucal de abejorros. A, reina; B, macho; C, Obrera.

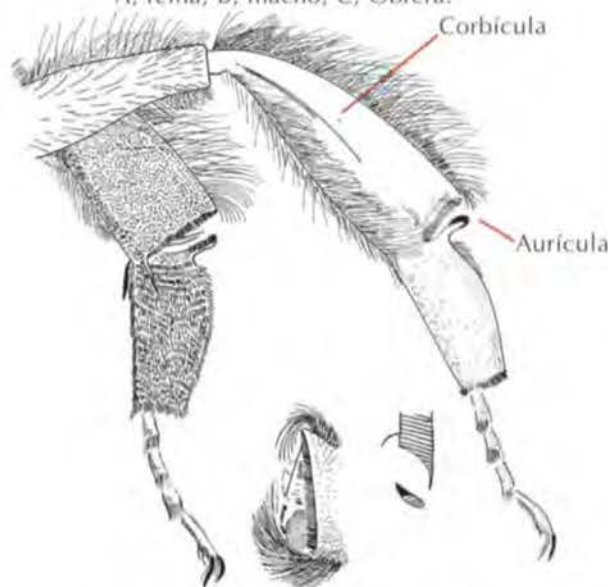


Figura 1. Pata de *Bombus terrestris* (adaptado por Vitta, 2006 desde Sladen, 1989).

En base a la composición de especies del género *Bombus*, Williams (1996) estableció 12 regiones biogeográficas, las que se presentan en la **Figura 2**. Como se puede observar, las especies de este género se concentran en su mayoría en zonas de bajas temperaturas, incluso en el Ártico, lo que indica que son especies adaptadas a condiciones de

Cuadro 1. Subgéneros y número de especies del género *Bombus* (Ito, 1985).

Número	Subgéneros	Número de especies	Número	Subgéneros	Número de especies
1	<i>Mendacibombus</i>	12	20	<i>Alpigenobombus</i>	6
2	<i>Bombias</i>	2	21	<i>Pyrobombus</i>	45
3	<i>Confusibombus</i>	1	22	<i>Festivobombus</i>	1
4	<i>Mucidobombus</i>	1	23	<i>Rufipedibombus</i>	2
5	<i>Eversmannibombus</i>	1	24	<i>Pressibombus</i>	1
6	<i>Psithyrus</i>	29	25	<i>Bombus s.str.</i>	10
7	<i>Laesobombus</i>	1	26	<i>Cullumanobombus</i>	4
8	<i>Orientalibombus</i>	3	27	<i>Obertobombus</i>	2
9	<i>Exilobombus</i>	1	28	<i>Melanobombus</i>	14
10	<i>Tricornibombus</i>	3	29	<i>Siricobombus</i>	5
11	<i>Thoracobombus</i>	19	30	<i>Fraternobombus</i>	1
12	<i>Fervidobombus</i>	20	31	<i>Crotchiibombus</i>	1
13	<i>Senexibombus</i>	4	32	<i>Robustobombus</i>	6
14	<i>Diversobombus</i>	4	33	<i>Separatobombus</i>	2
15	<i>Megabombus</i>	14	34	<i>Funebribombus</i>	2
16	<i>Rhodobombus</i>	3	35	<i>Brachycephalibombus</i>	2
17	<i>Kallobombus</i>	1	36	<i>Rubicundobombus</i>	1
18	<i>Alpinobombus</i>	5	37	<i>Coccineobombus</i>	2
19	<i>Subterraneobombus</i>	9	38	<i>Dasybombus</i>	2
			Total		239

bajas temperaturas y a largos períodos de condiciones desfavorables, en especial la reina. En los trópicos y al sur de los conti-

nentes, sólo se encuentran especies nativas en el sudeste de Asia y en Sudamérica.

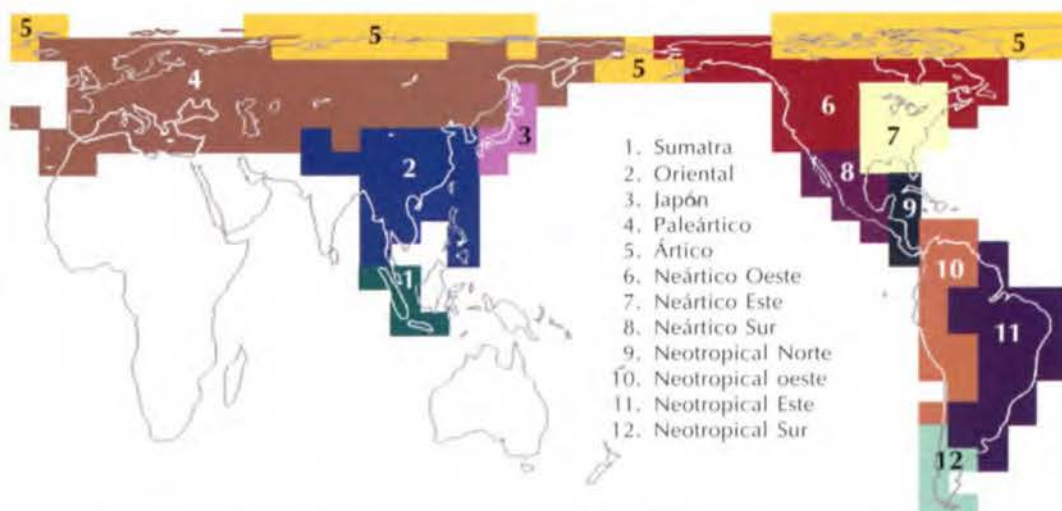


Figura 2. Regiones biogeográficas de acuerdo a la composición de especies nativas del Género *Bombus* (adaptado de Williams, 1996).

Abrahamovich *et al.* (2004), analizaron los patrones de distribución de las especies neotropicales y andinas del género *Bombus*, y determinaron 36 especies, de las cuales sólo *B. dahlbomii* (Guérin) es nativa de Chile y Argentina. Esta especie se encuentra distribuida desde la zona central de Chile hasta Magallanes y en Argentina en provincias como Buenos Aires, Chubut, Mendoza, Neuquen, Río Grande y Santa Cruz.

Bombus dahlbomii, pertenece al Subgénero *Fervidobombus* Skarikov, que comprende 20 especies distribuidas en la zona norte de México, América Central y Sudamérica. Esta especie de acuerdo a los estudios de Abrahamovich *et al.*, (2004), quienes establecieron patrones de agrupación de las especies de este subgénero, no tiene relación con las restantes de las zonas Neotropical y Andina.

CARACTERES MORFOLÓGICOS

El cuerpo de un abejorro, como el de cualquier insecto adulto, está dividido en tres partes, cabeza, tórax y abdomen. El tórax se divide en tres partes, protórax, mesotórax y metatórax. En la parte dorsal del tórax, conocida como noto, el protórax en los abejorros se conoce como collar, el metatórax como escutelo y el mesotórax como banda interalar. El abdomen se divide en la hembra en seis segmentos y en los machos en siete. Las placas dorsales se conocen como tergitas y las ventrales como esternitas y el término del abdomen como cola (**Figura 3**). En las hembras, en el tercer par de patas se presenta el canastillo de polen o corbicula, constituido por una gran masa de pelos. Posee antenas compuestas por antenitos en número que, dependiendo de la especie determina el largo de las antenas. Estas son más larga en general en los machos. En la reina, se presentan 12 antenitos y en los machos, 13.

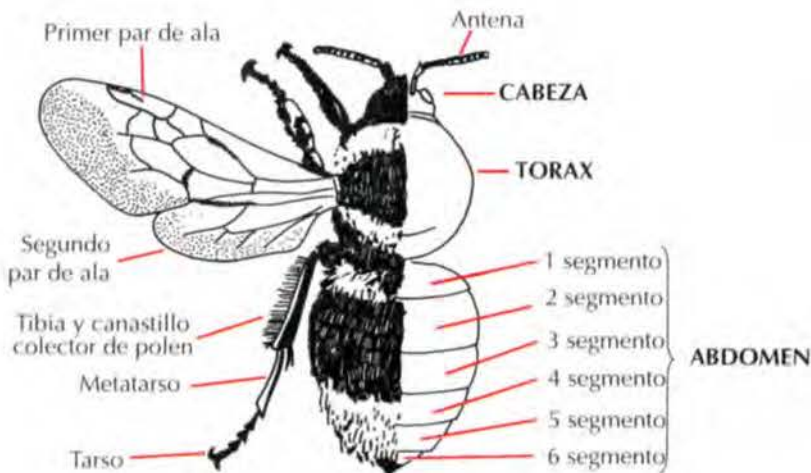


Figura 3. Anatomía externa del cuerpo de una reina de *Bombus* (adaptado por Vitta, 2006, desde Sladen, 1989).

En su aparato bucal, se distingue la proboscis, ubicada entre las dos mandíbulas (**Figura 4**).

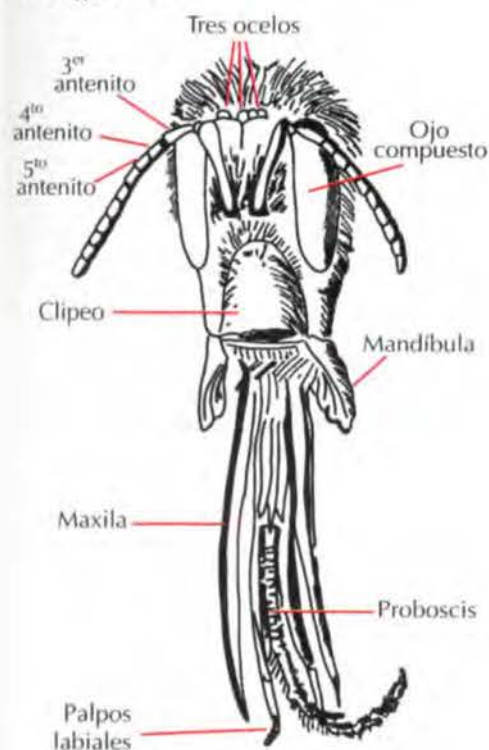


Figura 4. Partes de la cabeza de una reina de *Bombus* (adaptado por Vitta, 2006 desde Sladen, 1989).

La hembra posee un aguijón que corresponde al ovipositor atrofiado, el cual utiliza como mecanismo de defensa (**Foto 4**).



Foto 4. Aguijón de un abejorro.

También es muy importante en el reconocimiento de especies la cápsula genital del macho, donde se distinguen: el largo y forma de las valvas y el unco (**Figura 5**).



Figura 5. Cápsula genital de un macho (adaptado por Vitta, 2006, desde Sladen, 1989).

Las reinas en todas las especies son más largas y de mayor peso que las obreras y machos. Las obreras en todas las especies, como regla general, tienen el mismo patrón de color que la reina, pero puede variar en los machos. Para la identificación de especies de *Bombus*, se sugiere utilizar las claves descritas en Prys-Jones y Corbet (1987), como también revisar la página de internet <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/bombus/regions.html>, del Museo de Historia Natural de Londres (Reino Unido).

REPRODUCCIÓN Y DESARROLLO

Al igual que las abejas, los abejorros, especialmente la reina, producen cera, pero ésta es mucho más plástica que la de abejas y de color marrón oscuro. Los abejorros exudan esta cera entre los segmentos del abdomen, especialmente entre el cuarto y quinto segmento. Desde allí es recolecta-

da por las numerosas cerdas presentes en el metatarso del tercer par de patas, que actúan como peines que remueven la cera de la pata contraria. La reina cesa de producir cera cuando la primera obrera emerge.

Los huevos de los abejorros son de color blanco, traslúcidos y alargados (**Foto 5**), mucho más grandes que los de las abejas y miden entre 2,5 y 4 mm. La reina incuba los huevos, sale del nido (que en forma natural construye bajo el suelo), sólo cuando requiere coleccionar alimento. Para almacenar miel construye una tacita globosa de 0,5 a 1,25 cm en la parte más ancha y que contiene un dedal de miel (**Foto 6**). Esta estructura de almacenamiento, se encuentra a la entrada del nido, justo antes del trozo de polen y huevos.

Durante la noche, la reina succiona gran cantidad de miel desde la tacita y la deposita en el piso. Esta miel se evapora debido al calor del cuerpo y queda un residuo delgado, que sirve para pegar el material del nido y mejorar su impermeabilización. Esta estructura de almacenamiento es frágil y de paredes muy delgadas. La miel contenida en esta estructura de almacena-



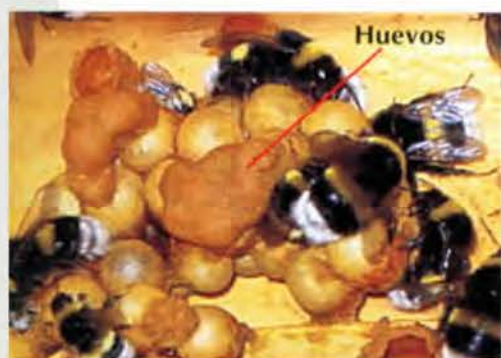
Foto 6. Tacita, de almacenamiento de miel.

miento es mucho menos concentrada que la almacenada por las abejas. Según Sladen (1989), especies como *Bombus lapidarius* pueden llenar esta tacita en menos de tres horas y a las 9:00 AM se encuentra totalmente llena. Si se produce actividad de la reina, ésta puede depositar ocasionalmente el néctar en el piso y techo del nido y lo ubica en su entrada, justo antes del depósito o trozo de polen, mezclado con miel, donde la reina pone los huevos.

Con sus mandíbulas la reina, mezcla el polen junto con el néctar, formando una masa compacta y sobre la que construye una pared de cera. Una vez que esta pared está formada, deposita su primera masa de huevos y la cierra con cera en la parte superior. El tamaño completo de esta estructura es como el de una semilla de una arveja (**Foto 7**). Normalmente, el período de incubación es de cuatro días después de la oviposición. Las larvas que emergen de los huevos son vermiformes y sin patas y a medida que crecen van adquiriendo una forma curvada, conocida como escarabeiforme, que se mantiene hasta que pupan. Tanto las larvas como los huevos no se pueden ver a simple vista, porque la reina los mantiene cubiertos con cera. La



Foto 5. Huevos de *Bombus*.

Foto 7. Masa de huevos de *Bombus*.

larva devora el polen que forma parte de su cama y también polen fresco, el cual es administrado por la reina, como también una mezcla de polen y néctar preparada por ella. Para alimentar a las larvas, la reina hace una pequeña perforación con sus mandíbulas a través de la cera e inyecta con su aparato bucal una pequeña cantidad de la mezcla entre las larvas y cierra en seguida los orificios (**Foto 8**). Mientras las larvas son pequeñas, ellas son alimentadas en forma colectiva. A medida que avanzan en desarrollo, ellas reciben la mezcla de alimento en forma separada. También, a medida que van creciendo, la reina añade cera para cubrirlas. A los cinco días de edad, el trozo de polen que las

Foto 8. Larvas de *Bombus* en capullos.

contiene se ha extendido, indicando la posición de cada larva. Once días después de la oviposición, las larvas han adquirido su desarrollo máximo y se cubren con un capullo oval amarillo claro, de consistencia de papel delgado y muy resistente.

Los primeros capullos se presentan en un rango de siete a 16 días después de la oviposición, dependiendo de la especie de *Bombus* y de la capacidad de la reina. Los capullos se mantienen en posición vertical y adheridos unos a otros por los costados (**Foto 9**) y constituyen una masa compacta. Los capullos de las orillas son más altos que los del medio, debido a que la reina no sólo incuba a los huevos, sino que también mantiene la temperatura de las larvas, aumentando al doble el largo de su abdomen, para poder alcanzar el máximo de capullos. A los 22 -29 días después de la oviposición, aparece la primera obrera, la que emerge generalmente desde el centro de la masa de capullos. En la naturaleza, el ciclo desde la oviposición a emergencia de la primera obrera se extiende durante un mes. Las obreras nuevas demoran alrededor de 48 horas después de la emergencia en adquirir el color de la reina y comenzar a colectar polen.

Foto 9. Capullos que contienen larvas que darán origen a obreras de *Bombus*.

Cuando las larvas están formando los capullos, la reina continúa oviponiendo en celdillas de cera, las que construye sobre uno o dos de los capullos que forman parte de la depresión en que ella se mantiene temperando a las larvas. Las posturas de huevos se producen en intervalos de dos a tres días.

Una vez que las obreras provenientes de la primera postura están activas colectando el polen y néctar, la reina deja de salir en busca de alimento y se dedica a incrementar el tamaño de la colonia e incubarla. Algunas veces, cuando el primer grupo de obreras no es numeroso, es incapaz de mantener a la colonia y la reina continúa saliendo hasta que aparecen más obreras. Las obreras no utilizan la tacita donde la reina almacena la miel; ellas almacenan la miel en los restos de los capullos que fueron desocupados, agregándoles cera e incrementando su capacidad. Cuando están llenos, reducen su tamaño con cera con sus mandíbulas. Sin embargo, muchas especies, entre ellas *B. terrestris*, construyen sus propias estructuras de almacenamiento, de menor tamaño que la construida por la reina. También se observan diferencias en la consistencia de la miel. La de la reina es más líquida y la de las obreras más espesa. Tanto el polen como la miel son almacenados en estructuras distintas. A medida que el nido crece construyen celdillas especiales para el polen.

Una vez que la reina ha puesto entre 200 y 400 huevos que darán origen a obreras, ella comienza la ovipostura de huevos haploides que darán origen a machos, y huevos diploides que originarán reinas. Es casi imposible reconocer entre larvas y capullos que darán origen a machos y obreras. Sin embargo, las larvas y capu-

llos que darán origen a reinas pueden ser reconocidos por su gran tamaño. Por lo general, la reina primero pone huevos que darán origen a machos y luego a reinas. Cuando la reina está senescente, las obreras pueden iniciar el proceso de ovipostura y originar machos provenientes de huevos haploides. El número de machos y reinas que se producen en la naturaleza puede variar entre 100 y 500, dependiendo del número de obreras de la colonia.

Apenas emergidos los machos abandonan la colonia volando y no retornan por comida o refugio. Su vida es de 3 a 4 semanas. En cambio, las reinas nuevas pueden retornar al nido, con polen en las patas, pero dejan definitivamente la colonia cuando se han fecundado y buscan los lugares para invernar. Por otra parte, las reinas viejas pierden sus pelos gradualmente, primero en el abdomen, luego en el tórax. De acuerdo a Sladen (1989), las reinas de *B. terrestris* perderían sus pelos más rápidamente que otras especies (**Foto 10**). Cuando la mayoría de las reinas nuevas ha emergido, el número de obreras disminuye rápidamente. Cuando hay menos de 50 obreras por nido se reduce la actividad polinizadora y finalmente la colonia muere, lo que en los lugares de origen de las especies, coincide naturalmente con el término del verano.



Foto 10. Reinas nueva y vieja de *Bombus terrestris*.

COMPORTAMIENTO POLINIZADOR

En comparación con otros insectos, los abejorros presentan, características importantes al seleccionar un polinizador. Entre ellas destacan:

1. Trabajo activo por muchas horas al día. Pueden iniciar la actividad pecoreadora muy temprano en la mañana, antes del amanecer y hasta que se esconde el sol (Free & Butler, 1959; Terás, 1976; Estay & Vitta, 2006). Según literatura un abejorro puede visitar en promedio 10 a 14 flores/minuto.
2. Hay una mayor transferencia de polen desde la flor al cuerpo del abejorro. El mayor tamaño de su cuerpo y su gran pilosidad le permiten el transporte de un mayor número de granos de polen (MacFarlane & Donovan, 1976; Harder, 1983).
3. Colectan polen y néctar en condiciones ambientales desfavorables para otros insectos hasta temperaturas bajo 5°C. Incluso se ha observado su actividad en arándano en Chile durante períodos con temperaturas de 1°C.
4. No transmiten información a los componentes de la colonia, sobre las fuentes de alimentación. Cada abejorro forrajea por su propia iniciativa, lo que los hace muy útil para el trabajo en invernadero y también sobre plantas que tienen flores pocas atractivas (por ejemplo en paltos). Cuando las colonias son introducidas, los abejorros vuelan sobre las flores presentes en su entorno inmediato y trabajan en el lugar donde se liberaron.

Una vez adquirida o aprendida una ruta de forrajeo o retiro de néctar y polen, los abejorros, continúan utilizándola y la siguen en forma repetida, con variaciones muy leves. En un árbol, las obreras trabajan sobre flores ordenadas en ramillas verticales, haciéndolo generalmente desde la base del ápice. Este hábito del insecto tiene significación adaptativa, porque en muchos casos favorece la polinización cruzada, como señala Corbet *et al.* (1991), en especial cuando existen flores femeninas y masculinas, o maduración a destiempo de los órganos sexuales entre variedades.

El comportamiento de los abejorros también está influenciado por factores, como el aroma y color de la flor. En trébol blanco, Henrich (1979) demostró que una flor iniciando la apertura huele más intensamente que una totalmente abierta. Por lo tanto, el abejorro evita las flores que están iniciando la apertura porque en ese estado los estambres y nectarios no están aun aptos para alimentarse. Cambios en el color también le entregan información al abejorro. Por ejemplo, las flores nuevas de color amarillo las atraen y evitan flores viejas más oscuras. Por otra parte, la mayoría de las especies de abejorros son capaces de captar los colores en longitudes de onda entre el ultravioleta y el anaranjado, evitando el color rojo. Investigaciones en Chile de Martínez *et al.* (2005) indican que *B. dahlbomii* presenta una preferencia innata por el color azul y en segundo lugar por el violeta y el rojo. Las flores con estos colores resultaron significativamente más visitadas que aquellas amarillas y anaranjadas. Esto explica por qué *B. dahlbomii* es un importante polinizador en bosques templados de Chile de flores de color rojo (Aizen *et al.*, 2002).

A menudo, los abejorros colectan néctar y polen, probando con su lengua en la base de la flor, en busca de nectarios y también se posan en la flor para limpiar los pelos de su cuerpo, almacenando el polen en el canastillo de su tercer par de patas.

Cuando se presentan especies vegetales que carecen o tienen muy poco néctar y el polen es su recurso disponible, como ocurre con especies de *Hypericum* y/o *Actinidia*, un abejorro colector de polen se trepa sobre las anteras y cubre su cuerpo con polen, el cual es más tarde ordenado, o también el polen es obtenido por vibración, causada por el zumbido característico de los abejorros. Este último método lo utiliza generalmente cuando visita flores con anteras tubulares, como en tomate (*Lycopersicum esculentum*).

Normalmente, cuando los abejorros no pueden obtener el polen y néctar de una misma flor, igual colectan ambos productos en un mismo viaje. En tales casos, la obrera que colecta néctar puede ser vista con carga de polen en sus patas. La presencia de tal carga de polen no significa que puede haberlo colectado en el momento, sino que puede haber fallado en dejar su carga después de un viaje temprano, pero la ausencia de polen indica que la obrera solo colecta néctar.

La colecta de polen está regida parcialmente por las necesidades de la colmena, por lo que el tiempo en el cual las flores liberan su polen es muy importante. La apertura de las anteras depende del clima. Especies cuyas flores liberan el polen temprano en las mañanas, pueden liberarlo a diferentes horas del día bajo condiciones desfavorables.

Por otra parte, algunas flores de especies del género *Alcea* (Prys-Jones y Corbet, 1987) producen polen que no es aceptado por los abejorros, por lo que no lo almacenan en sus patas y lo mantienen en el cuerpo en las cerdas, donde puede entrar en contacto con el estigma de una flor antes de ser eliminado.

La observación del polen que el abejorro transporta en sus patas permite hacer un listado de las flores que la obrera ha visitado. Cuando el polen tiene un color característico, azul, blanco invierno o rojo, su presencia en las patas o resto del cuerpo del abejorro puede indicar actividad sobre una planta. Sin embargo, para determinar la capacidad polinizadora de un abejorro es necesario utilizar técnicas de laboratorio para el montaje del polen y observación bajo microscopio para su identificación. Mediante el uso de claves y de polen de flores conocidas (estándar) se puede reconocer a qué especie vegetal pertenece el polen recolectado. También en el nido o colonia es posible identificar la capa externa del grano de polen, conocida como exina que ha sido ingerido por las larvas. Finalmente es posible, a través de trazas de material fecal, detectar y reconocer la cáscara de polen. Incluso es posible conocer la historia de la colonia, reconociendo los grupos de capullos y su composición, para así reconstruir la sucesión de fuentes del polen recolectado durante una estación climática.

En crías artificiales de *B. terrestris*, se ha determinado que el origen del polen influye en el desarrollo de la colmena y en la capacidad reproductiva de la reina. El polen de distintas especies puede variar en el contenido de proteína para la dieta

del abejorro, lo que puede afectar la ovipositora y el tamaño de los adultos (Duchâteau y Velthuis, 1988). Según investigaciones de Génissel *et al.* (2002), el polen proveniente de especies del género *Taraxacum* (familia Compositae), conocida como diente de león, retardan la ovipositora, el desarrollo larvario y la producción de reinas en comparación con el polen de especies de los géneros *Prunus* (familia Rosaceae) y *Salix* (familia Salicaceae). Las especies de *Taraxacum* presentan un polen con deficiencia de los aminoácidos cistina, triptofano y fenil alanina, lo que podría

inducir fenómenos de ovofagia. Ello ocurre en colonias sin reinas y bajo número de larvas, situación que también podría presentarse cuando el polen es seco, lo que puede modificar los contenidos de algunos aminoácidos (Ribeiro *et al.*, 1996).

El estómago de una obrera puede revelar información sobre la alimentación que ha tenido, porque puede almacenar entre 60 y 200 microlitros de néctar, dependiendo del tamaño de la obrera. Cuando está lleno, a través de disección, se puede observar el estómago como un saco de néctar.

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *Bombus* PRESENTES EN CHILE

En Chile se encuentran presentes tres especies de abejorros en la zona central y sur, *Bombus dahlbomii* (Guérin), es la única especie nativa, *B. ruderatus* Fabricius, especie introducida desde Nueva Zelanda en 1982 (Aballay, 1985; Arretz y MacFarlane, 1986; Aballay y Arretz, 1986) y *B. terrestris* Linneaus, especie introducida en 1997 (Ruz y Herrera, 2001).

Bombus dahlbomii

Bombus dahlbomii (Guérin) es conocido también como moscardón. Presenta un característico color anaranjado-rojizo. Se caracteriza por te-

ner un largo aparato bucal, donde la glosa de la reina supera 11 mm, y la de obrera 8,5 mm. De acuerdo a estudios realizados en INIA-La Platina, el tamaño de las reinas puede fluctuar entre 26 y 33 mm; el de los machos entre 17 y 22 mm y el de las obreras entre 16 y 23 mm. El peso de las reinas alcanza entre 0,96 y 1,54 g, mientras tanto machos y obreras alcanzan un peso promedio de 0,41 g. Las reinas presentan antenas de una longitud de 5.810,92 micrones en promedio, las obreras 4.130,04 micrones y los machos 7887,7 micrones (**Foto 11 y 12**).



Foto 11. Reina de *Bombus dahlbomii*.



Foto 12. Obrera de *Bombus dahlbomii*.

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *Bombus* PRESENTES EN CHILE

En Chile se encuentran presentes tres especies de abejorros en la zona central y sur, *Bombus dahlbomii* (Guérin), es la única especie nativa, *B. ruderatus* Fabricius, especie introducida desde Nueva Zelanda en 1982 (Aballay, 1985; Arretz y MacFarlane, 1986; Aballay y Arretz, 1986) y *B. terrestris* Linnaeus, especie introducida en 1997 (Ruz y Herrera, 2001).

Bombus dahlbomii

Bombus dahlbomii (Guérin) es conocido también como moscardón. Presenta un característico color anaranjado-rojizo. Se caracteriza por te-

ner un largo aparato bucal, donde la glosa de la reina supera 11 mm, y la de obrera 8,5 mm. De acuerdo a estudios realizados en INIA-La Platina, el tamaño de las reinas puede fluctuar entre 26 y 33 mm; el de los machos entre 17 y 22 mm y el de las obreras entre 16 y 23 mm. El peso de las reinas alcanza entre 0,96 y 1,54 g, mientras tanto machos y obreras alcanzan un peso promedio de 0,41 g. Las reinas presentan antenas de una longitud de 5.810,92 micrones en promedio, las obreras 4.130,04 micrones y los machos 7887,7 micrones (**Foto 11 y 12**).



Foto 11. Reina de *Bombus dahlbomii*.



Foto 12. Obrera de *Bombus dahlbomii*.

Este insecto es generalista, y visita muchas de especies de distintas familias de plantas. Aizen *et al.* (2002) señalan que en la Isla de Chiloé, durante las temporadas de floración 1999-2000 y 2000-2001, *B. dahlbomii* fue el polinizador que visitó más especies de plantas, el más importante en 18 de las 24 especies estudiadas. Además, incrementó su importancia relativa en especies de floración tardía y fue el polinizador más eficaz de *Alstroemeria aurea* (Aizen *et al.*, 2002). Por otra parte, en estudios en semillero de trébol rosado en la IX región Marabolí y Ruiz (1985), verificaron la preferencia por las flores de trébol, superando a la abeja melífera y a otros polinizadores silvestres. Sin embargo, encontraron una falta de sincronización entre la floración del trébol y la mayor densidad poblacional de los abejorros, debido a que éstos alcanzan una población adecuada a mediados de febrero en la X región, cuando las plantas están próximas a la cosecha.

Su ciclo de vida comienza en primavera con la salida de la reina fundadora (Joseph, 1960). Prospecciones realizadas por INIA-La Platina indican que es posible observar vuelo de reinas en la zona central de Chile desde agosto hasta diciembre, con el mayor período de vuelo en octubre. La emer-

gencia de reinas fundadoras se retrasa a medida que se aleja de la zona central y en lugares de mayor altitud (Figura 6).

Diversos autores afirman que *B. dahlbomii* (Guérin) nidifica en forma subterránea, prefiriendo ocupar galerías de roedores pequeños o cavidades naturales que se forman en las raíces de árboles en bosques densos (Montealegre, 1927; Marabolí y Ruiz, 1985). Los nidos encontrados por el Laboratorio de Entomología de INIA-La Platina, confirman lo señalado. De un total de 12 nidos recolectados, el 100% se encontraba en cavidades ya formadas, lo que no coincide con Joseph (1960), quien señala que la reina cava el suelo para fundar su colonia.

Una vez elegido el lugar, la reina inicia la construcción del nido utilizando pasto seco y comienza la postura de huevos en la cámara de crianza sobre una base de polen, donde se incuban los huevos, se desarrollan las larvas y forman capullos. Estos miden aproximadamente 10 a 15 mm de diámetro en su sección más ancha y con una longitud entre 12 a. 19 mm (Foto 13).

En la zona Central de Chile, la emergencia de las primeras obreras se produce a inicios de octubre. En cambio, hacia la

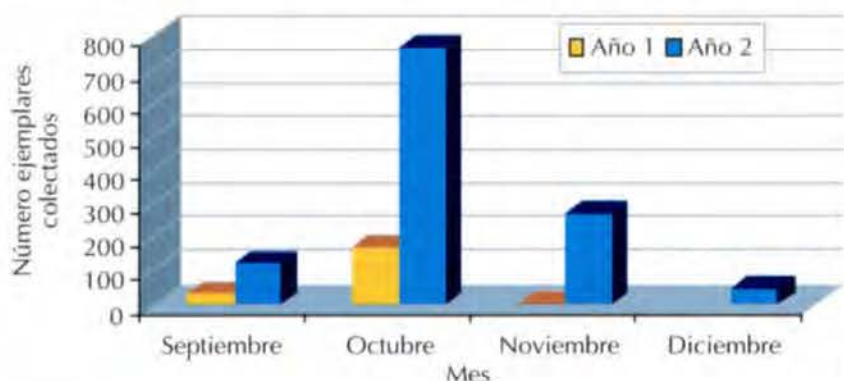


Figura 6. Presencia de *Bombus dahlbomii* en dos años consecutivos en la zona central.

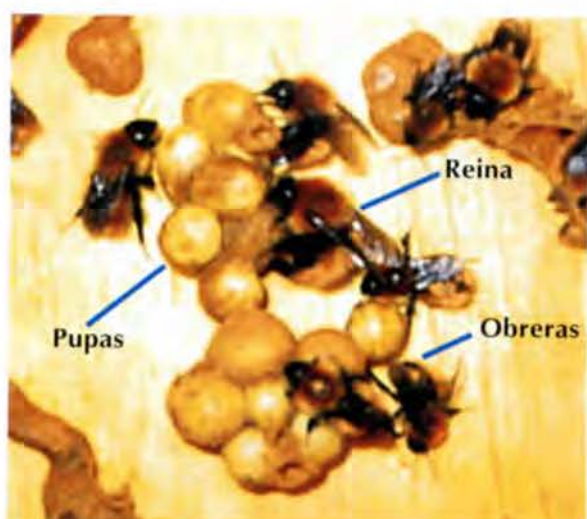


Foto 13.
Colmena de
Bombus
dahlbomii.

novena región, la emergencia se produce a fines de noviembre o principios de diciembre. Estos adultos recién emergidos permanecen en el nido de tres a cinco días, aproximadamente, después de los cuales asumen tareas específicas en la colonia, como defensa, crianza y mantenimiento.

Las obreras de mayor tamaño (de 23 mm de largo) se dedican al pecoreo, visitando flores desde donde obtienen el néctar y polen necesarios para alimentar las larvas. Las obreras de menor tamaño (las que miden en promedio 12 mm), se dedican a la defensa de la colmena y al cuidado de las larvas. Las obreras viven en promedio 45 días (Marabolí y Ruiz, 1985).

A partir de principios de febrero se inicia la producción de machos y reinas jóvenes en la colmena, apareciendo primero en la zona central y a fines de febrero en la novena región. Como ocurre en otras especies del género *Bombus*, los capullos que dan origen a reinas son de 21 mm de largo por 12 a 16 mm de diámetro, siendo notoriamente más grandes que los que darán origen a machos y obreras.

En estudios realizados en nidos en el Laboratorio de Entomología de INIA-La Platina, obtenidos en la zona de San Fernando, durante la segunda semana de febrero de la temporada 2005, se encontró un promedio de 84 reinas por nido entre capullos y hembras emergidas, difiriendo con Marabolí y Ruiz (1985), quienes en la novena región, observaron nidos con ocho y 12 reinas.

Los machos adultos abandonan el nido aproximadamente a los tres días desde su emergencia. Lo hacen en forma definitiva y esperando la salida de nuevas reinas para fecundarlas en el vuelo. El umbral de vuelo de esta especie es de aproximadamente 10°C (Marabolí y Ruiz, 1985). Una vez fecundada, la reina pernocta en el nido original durante 10 a 20 días, saliendo a recolectar néctar y polen, con el fin de reunir las reservas que almacenará en los cuerpos grasos y que le permitirá permanecer en hibernación durante el invierno. Al entrar en hibernación las reinas fecundadas, el nido antiguo muere junto con su reina fundadora y obreras.

Por primera vez en el mundo, en Chile se ha domesticado en condiciones de laboratorio esta especie nativa. El método de domesticación y producción en el Laboratorio de *Bombus dahlbomii*, fue desarrollado por INIA-La Platina¹. Durante los tres años que duró el proyecto se produjeron con fines de investigación, 124 colmenas y 695 reinas, con un promedio de 19 reinas por colmena (Estay y Carvajal, 2005).

El ciclo de vida de *B. dahlbomii*, desde la reina en ovipostura hasta la colmena lista para salir a polinización, en condiciones de laboratorio a 29°C y 50% de humedad relativa fue de 138 días (Cuadro 2).

Al compararse colonias silvestres de *B. dahlbomii*, recolectadas en la VI región de Chile (precordillera de San Fernando) en febrero, con colmenas artificiales reproducidas en el Laboratorio de Entomología de INIA-La Platina durante la etapa de producción de reinas, no se observaron diferencias significativas en la composición de las colmenas (Cuadro 3).

Lo mismo ocurrió, con la producción de reinas, ya que las colmenas artificiales produjeron en promedio 45 reinas y las silvestres 80 de ellas, sin diferencias significativas entre ambas.

Cuadro 2. Ciclo de vida (días) de *Bombus dahlbomii*, para la obtención de colmenas y producción de reinas año 3.

Estados de desarrollo	Duración promedio (días)
Reina a huevo con inducción (abejas)	18
Reina a huevo sin inducción (sin abejas)	20
Huevo a emergencia primera obrera	44
Emergencia de primera obrera a colmena lista	74
Total	138

Cuadro 3. Composición de las colonias silvestres y criadas artificialmente de *Bombus dahlbomii* (INIA La Platina, 2005).

Tratamiento	Número de pupas de obreras	Número de pupas de reinas	Número total	Porcentajes de obreras (%)	Porcentaje de reinas (%)
Colonias silvestres	52 a	84 a	136 a	45,65 a	54,35 a
INIA La Platina	70 a	45 a	115 a	61,40 a	38,80 a

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \geq 0,05$).

¹ Proyecto FONDEF DO111028: "Desarrollo de un sistema de producción de abejorros (*Bombus*) como tecnología de polinización en frutas y hortalizas".

Bombus ruderatus

Bombus ruderatus (F) se introdujo a Chile en 1982 desde Nueva Zelandia (Arretz y MacFarlane, 1986) para mejorar la polinización del trébol rosado (*Trifolium pratense*) en la IX y X regiones, adaptándose a la zona y dispersándose a la zona central de Chile y a la Argentina. Esta especie es nativa de la Región Paleártica y en 1885 se introdujo a Nueva Zelandia desde Gran Bretaña para mejorar también la polinización del trébol rosado. Actualmente esta especie se encuentra distribuida en toda Nueva Zelandia. Se estima que su introducción, junto con otras especies del género *Bombus* como *B. subterraneus* (L) y *B. hortorum* (L), permitieron a este país pasar de importador de semilla de trébol rosado a exportador de esta forrajera (Maraboli y Ruiz, 1985).

Bombus ruderatus (F) es también una especie de proboscis larga, pero de menor tamaño que *B. dahlbomii* (Guérin). Su tamaño corporal fluctúa entre 12 y 25 mm, con un cuerpo de pilosidad abundante y cuya coloración varía desde el negro total a parcial con dos franjas amarillas en los extremos superior e inferior del tórax y abdomen, siendo la del extremo inferior de este último más ancha y blanquecina (Palacios, 2004) (**Foto 14**).

El ciclo biológico es básicamente igual a la de otras especies del género, variando sólo en aspectos como el número de huevos, obreras, machos y reinas producidas (Donovan y MacFarlane, 1984). El tamaño de la colonia es variable, pudiéndose encontrar nidos subterráneos con una población promedio entre 200 y 400 individuos, de los cuales 25 a 30 son reinas nuevas (Maraboli y Ruiz, 1985).



Foto 14. *Bombus ruderatus* (F).

En Chile, su distribución y actividad podría haberse visto afectada en la zona Sur porque existe información (Wratt, 1968) que señala que las temperaturas muy altas afectan su actividad de vuelo.

Bombus terrestris

Bombus terrestris se introdujo a Chile en 1997 (Karlezi, 1999; Ruz y Herrera, 2001), a través de la importación de colmenas para la polinización de tomate en invernadero. Se trata de una especie de proboscis corta y una de las más estudiadas en el mundo por el desarrollo logrado en su domesticación. Perteneció al subgénero *Bombus* y es nativa de la región Paleártica. La reina mide entre 20-22 mm, las obreras entre 11 y 17 mm y los machos 14 a 16 mm. Su cuerpo presenta pilosidad abundante de color negro, con una banda de color amarillo en el protórax y en el segundo segmento del abdomen y la cola de color blanco amarillento, empezando en el cuarto segmento abdominal.

En condiciones naturales, en su lugar de origen este insecto presenta una generación al año. La reina inicia su vuelo a fines de invierno y la actividad se incrementa en primavera-verano. Se trata de un insecto adaptado a trabajar en condiciones extremas de clima, porque su hábitat son lugares fríos, habiéndose encontrado volando hasta a 800 km del Polo Norte. Por esta razón, las temperaturas bajas no lo afectan y hace una labor eficiente en días nublados y de lluvia (Meisels y Chiasson, 1997). Por otro lado, Estay y Vitta (2006), señalan actividad de *B. terrestris* producidos en condiciones de laboratorio en Chile hasta 2°C bajo lluvia e informan de la actividad a 1°C en cultivos de arándano. Finalmente, se cuenta con la información de desarrollo de nidos de *B. terrestris* en Chile Chico, XI Región, a partir de material producido en condiciones de laboratorio y enviado a esa región, para evaluar su acción polinizadora sobre flores de cerezo (Diego Arribillaga, INIA Tamel Aike, 2006; comunicación personal). El mismo científico, informa de la presencia de este insecto en zona limítrofe de Argentina con Chile, detectándose actividad de obreras sobre flores de trébol blanco, frambuesa, lavanda, alfalfa y malva.

En la actualidad son numerosos los Centros de Investigación y Empresas Comerciales que producen abejorros en el mundo a partir de la producción continua de *B. terrestris*, desarrollada originalmente por Van den Eijnde *et al.* (1991) en Europa. En Chile, esta tecnología de producción fue adaptada a las condiciones locales por Estay *et al.* (2001) y consiste en simular en laboratorio las condiciones en que se desarrolla el ciclo de vida natural del abejorro. En lo que sí se interviene es en la selección del material genético y en la cali-

dad de la alimentación para dar origen a familias de mejores atributos.

Hasta el 2005, en el Laboratorio de Entomología de INIA-La Platina se habían producido un total de 25578 reinas, originadas a partir de material parental colectado en las regiones V y Metropolitana, el cual corresponde a material adaptado a las condiciones locales. Al comparar la calidad del material de *B. terrestris* producido por INIA después de cuatro generaciones con la información publicada por el Laboratorio de la Universidad de Amsterdam en Holanda sobre el número de obreras, reinas y machos y el número de días a emergencia de obreras, se puede observar (**Cuadros 4 y 5**) que el material reproducido en Chile muestra un estándar internacional en relación al número promedio de obreras (220,8/colmena) y a la baja cantidad de machos por nido (117 individuos/colmena).

Las colmenas artificiales de *B. terrestris* que se utilizan para polinización consisten en una colonia constituida por una reina en plena ovipostura, larvas en desarrollo y alrededor de 60 obreras adultas, de las cuales un 90% se preocupa de la alimentación de las larvas con polen y néctar. Para que se produzca actividad polinizadora de la colmena, es fundamental la presencia de las larvas, porque alrededor del 90% del polen que colecta la obrera, está destinado a la alimentación de éstas.

Evaluaciones realizadas por INIA-La Platina del material producido en Chile indican que es posible obtener colmenas con promedios de 143 a 551 individuos, observándose la mayor actividad de colmenas en aquellas que presentan una mayor población.

Cuadro 4. Número de obreras, reinas, machos, individuos totales y número de días de emergencia de obreras (Laboratorio de Crianza de *Bombus terrestris* del INIA-La Platina.

Duración de diapausa	Número obreras/colmena Total colonia	Número total/colmena		Primera emergencia de obreras (días)
		Reinas	Machos	
3 meses	229	0	170	21
	118	44	190	24
	271	108	24	21
	179	25	160	19
	307	49	40	21
Promedios	220,8	55	117	21

Cuadro 5. Número de obreras, reinas, machos, individuos totales y número de días de emergencia de obreras (Laboratorio Universidad de Amsterdam, Holanda.

Duración de diapausa	Número obreras/colmena Total colonia	Número total/colmena		Primera emergencia de obreras (días)
		Reinas	Machos	
3 meses	118	108	364	18,7
	128	70	266	15,2
	138	59	383	14,2
Promedios	128	79	338	16

ASPECTOS SANITARIOS DEL GÉNERO *Bombus*

Las colonias de *Bombus*, pueden presentar diversos organismos asociados en el mundo. Destacan especies de protozoo, nematodos, ácaros e insectos, entre los más importantes:

PROTOZOOS

1. *Nosema bombi*. Esta especie es distinta a *Nosema apis*, la que afecta a las abejas. Está presente en todo el hemisferio norte y en Nueva Zelandia (MacIvor, 1995). Es una enfermedad que se presenta en condiciones artificiales de crianza. En Chile no se tiene referencia de su presencia a la fecha. Las esporas de este microorganismo se presentan principalmente en el tracto digestivo, pero también puede estar presente en los tubos de Malpighi, el sistema traqueal y los cuerpos grasos tanto en adultos como en larvas y pupas. Este organismo se expresa como enfermedad cuando se presenta deficiencia sanitaria o problemas de falta de alimento en la crianza. Los síntomas de la enfermedad son diarreas e inhibición del apareamiento (Figura 7).
2. *Mattesia bombi* o *Apicystis bombi*. MacFarlane et al., (1995) señalan que se distribuye en el hemisferio norte. Se presenta en condiciones naturales en los cuerpos grasos de los adultos de abejorros. En las reinas causa muerte prematura en primavera. En Canadá se ha observado que las reinas infectadas mueren en un período promedio de 14 días y que causa hasta un 19 % de mortalidad de reinas silvestres.

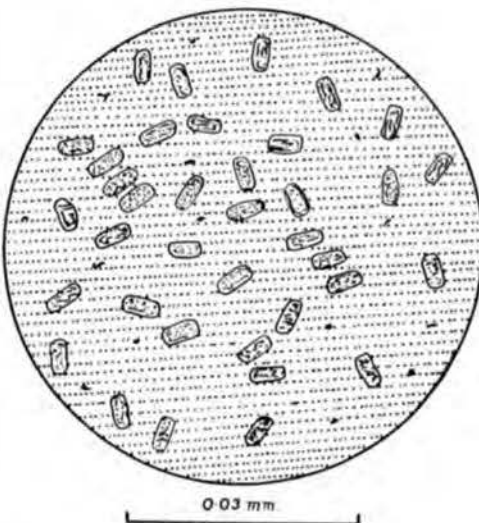


Figura 7. Esporas de *Nosema bombi* (adaptado por Vitta, 2006, desde Alford, 1975).

3. *Crithidia bombi*. Corresponde a un tripanosoma flagelado que ha sido observado en el intestino de los abejorros en alto porcentaje, entre 47 y 81% según MacFarlane *et al.*, (1989). Sin embargo, no causa síntomas patológicos de importancia.

NEMATODOS

1. *Sphaerularia bombi*. Es una de las enfermedades más importante que ataca el género *Bombus*. Se encuentra presente en Europa y América del Norte, donde afecta 15 especies de *Bombus* (Alford, 1975). Este nematodo infecta sólo a las

reinas y no se presenta en estados inmaduros del insecto. Si se colectan reinas del campo en primavera, cuando están infectadas contienen en el abdomen una estructura de 10 a 20 milímetros de largo con la forma de una salchicha de color blanco. Se trata de una hembra adulta del nematodo, la que produce un gran número de huevos, que son liberados a la hemolinfa del insecto. Posteriormente se produce la eclosión, dando origen a larvas de 1 mm de largo, las que alcanzan el sistema reproductor. De esta forma, las reinas no desarrollan los ovarios, no pueden construir nidos y mueren posteriormente (Figura 8).

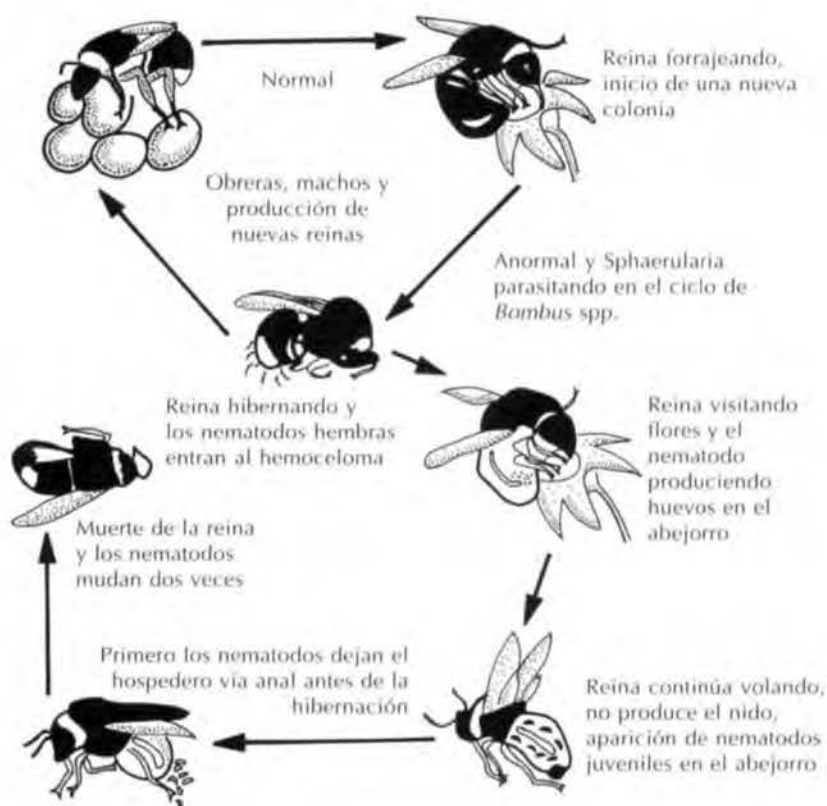


Figura 8. Ciclo de desarrollo de *Sphaerularia bombi* (adaptado por Vitta, 2006, desde Alford, 1975).

Una vez fecundadas las hembras del nemátodo, salen del cuerpo de la reina infectada, permaneciendo en el suelo e introduciéndose a reinas nuevas cuando estas llegan al suelo a hibernar. A comienzos de primavera no hay diferencias en el comportamiento, sólo que las infestadas nunca formarán nidos.

- *Parasitus fucorum* (Figura 9).
- *Tyrophagus laevis*.
- *Hypoaspis* spp (Figura 10).
- *Proctolaelaps* spp.
- *Fuscuropoda marginata*.
- *Glyciphagus ornatus*.
- *Glyciphagus domesticus*.
- *Bombacarus buchneri* (Figura 11).

ÁCAROS

Las especies del Orden Acarina, que se pueden presentar sobre *Bombus*, según Alford (1975), son las siguientes:

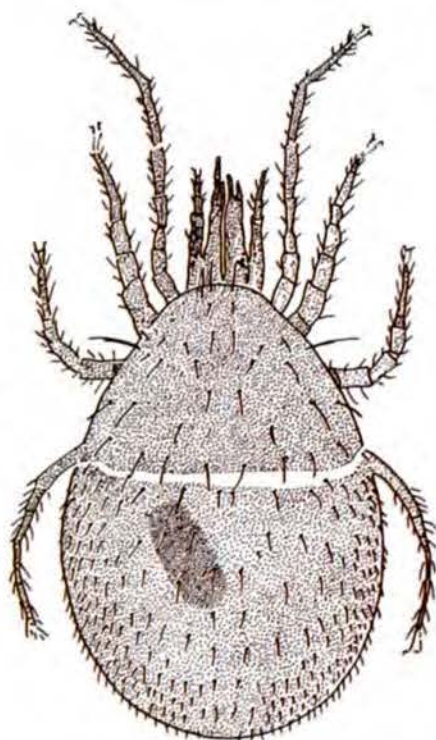


Figura 9. Hembra de *Parasitus fucorum* (adaptado por Vitta, 2006, desde Alford, 1975).

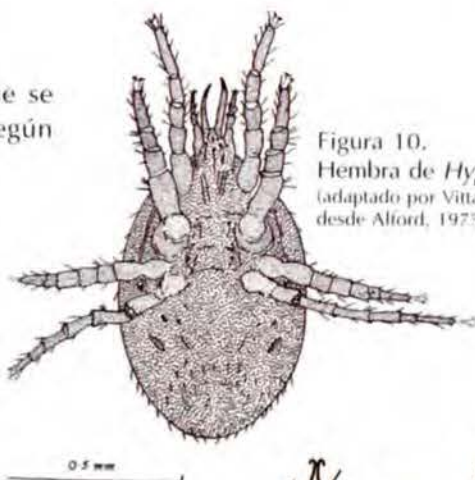


Figura 10.
Hembra de *Hypoaspis* spp.
(adaptado por Vitta, 2006,
desde Alford, 1975).

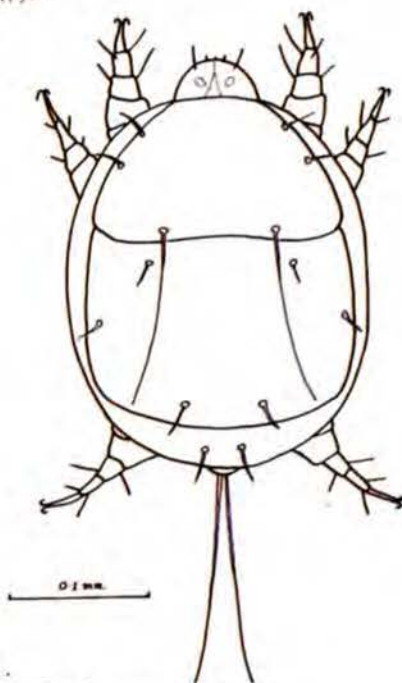


Figura 11.
Hembra de *Bombacarus buchneri*.
(adaptado por Vitta, 2006, desde Alford, 1975).

De todos los ácaros mencionados, el de mayor importancia en las crianzas de *Bombus*, es *Bombacarus buchneri*. El resto de las especies son ácaros depredadores de materia orgánica (géneros *Tyrophagus*, *Glyciphagus*), saprófagos que se adhieren a cerdas de abejorros como es el caso de *Hypoaspis*, ácaros del género *Proctolaelaps* y *Fuscuropoda marginata*. Éstos últimos son mencionados como depredadores de otros ácaros y de otros miembros de la fauna asociada a los abejorros. Al igual que el género *Parasitus*, se pueden encontrar en gran cantidad en los nidos y son mencionados también como foréticos en colonias de abejorros.

Bombacarus buchneri, está presente en Europa, América del Norte y Nueva Zelanda. Es uno de los artrópodos más importantes en condiciones de crianza artificial. Se presenta en estados adultos. Coloniza internamente el sistema traqueal y los sacos aéreos. Causa mortalidad de obreras. Afecta la hibernación de reinas y la formación de nidos.

INSECTOS

Entre los insectos nocivos asociados a los abejorros destacan numerosas especies de los órdenes Lepidoptera (polillas), Díptera (moscas), Hymenoptera (avispa) y Coleoptera (escarabajos).

Orden Lepidoptera

Destacan dos especies:

Aphomia sociella. (Linnaeus), una especie de la familia Pyralidae que se encuentra presente en Europa y cuyas larvas se alimentan de los nidos y generalmente son

responsables de su destrucción, cuando se reproducen en condiciones naturales (Prys Jones y Corbet, 1987).

Vitula edmandsii (Packard), también de la familia Pyralidae, es una polilla cuyas larvas se alimentan de polen y restos de nidos y frutos secos. No presenta gran importancia, porque se alimenta de los nidos en la etapa de declinación de la colonia. Se encuentra presente en Norteamérica y su presencia se reporta por primera vez en Inglaterra en 1997 Europa (Blades, 1998). En la Universidad de Cornell (1998), se ha desarrollado la feromona específica para su seguimiento (www.nysaes.cornell.edu/pherolist/phlist/vitula/html).

En Chile en crianzas de *B. terrestris* en laboratorio, como también en colmenas en el campo se ha determinado la presencia de *Ephestia kuehniella* y *Galleria mellonella*, esta última proveniente de polen contaminado con esta polilla conocida como polilla de la cera.

Orden Díptera

La mayoría de las especies de moscas asociadas con los abejorros afectan los nidos. A nivel mundial destacan las siguientes especies, cuya presencia no ha sido descrita en Chile:

- *Brachicoma devia*.
- *Physocephala rufipes*.
- *Sicus ferrugineus*.
- *Volucella bombylans*.
- *Fannia canicularis*.

Brachicoma devia. Su aspecto es similar al de la mosca común. Este parasitoide es vivíparo la hembra deposita pequeñas larvas

sobre las larvas de abejorros. Cuando la larva del abejorro ha operculado, le produce la muerte, emergiendo de los nidos en verano. Otra especie es *Fannia canicularis*, que en estado adulto tiene un aspecto similar al de *B. devia*, sin embargo, en las larvas de esta última especie se presentan espinas en el cuerpo y se alimentan de las fecas de los abejorros.

Physocephala rufipes. Es un parasitoide de obreras forrajeras adultas. En Europa afecta preferentemente a *B. terrestris*. Después de la eclosión del huevo, la larva de mosca se ubica en un saco aéreo del abejorro, en el cual se alimenta internamente. La incidencia de este parasitoide en Europa, en ciertas áreas es cerca de 30 %, cuando los abejorros se reproducen en forma silvestre. Finalmente, el género *Sicus* actúa en forma similar.

Volucella bombylans. Esta es una mosca mimética de *Bombus*, que pone sus huevos en las colonias de estos insectos. Su larva es excavadora y se alimenta de restos del nido, sufriendo éste pérdidas de estructura.

Orden Hymenoptera

Entre las especies de importancia, como parasitoides del género *Bombus* se destacan las siguientes:

- *Melittobia acasta*.
- *Mutilla europaea*.
- *Syntretus splendidus*.

Melittobia acasta. Es uno de los enemigos naturales de mayor riesgo en la crianza artificial del género *Bombus*. Corresponde a un calcidido alado, que parasita a las crías de abejorros. La presencia de este

enemigo natural puede afectar el tamaño de los adultos de abejorro producidos y causa problemas en la producción de reinas. *Melittobia acasta* afecta a especies del género *Bombus* y también a otros himenópteros y dípteros entre los que se mencionan a *Apis mellifera* y especies de los géneros *Megachile*, *Osmia*, *Musca Leucospis*, entre otros.

EVALUACIÓN DE RIESGO SANITARIO

En Chile el SAG ha determinado que los enemigos naturales potenciales de mayor riesgo al introducir colonias artificiales de *Bombus* son:

1. *Melittobia acasta*, porque puede parasitar varios géneros de polinizadores presentes en Chile (*Megachile*, *Bombus*).
2. *Bombacarus buchneri*, porque este enemigo natural podría establecerse en Chile sobre las colonias silvestres de *B. ruderatus* y *B. dahlbomii*.
3. *Sphaerularia bombi* y *Mattesia bombi*. Estos enemigos naturales indican malas condiciones de crianza, higiene y bioseguridad en la producción artificial de colonias.

Por lo tanto, las exigencias establecidas por el SAG para la importación de colonias y/o reinas del género *Bombus* son en la actualidad las siguientes:

- Inspección en origen de los sistemas de producción artificial.
- Ingreso caso a caso. Resolución Exenta del SAG, con condiciones de Ingreso.
- Certificado Sanitario.

- Inspección y análisis de cada partida, por parte del Laboratorio del SAG.
- Espera de las colonias ingresadas en depósitos de almacenamiento en espera de los resultados de los análisis de laboratorio.

Las muestras que se analizan por cada ingreso corresponden a lo menos a dos colonias.

Los análisis que el SAG hace en laboratorio corresponden al estudio de los cuerpos grasos para la determinación de *Mattesia bombi*, la disección de 5-10 obreras y estudio de los sacos aéreos para el análisis de *Bombacarus buchnerii* y el uso de trampas pegajosas o trampas de luz negra para la determinación de adultos de *Melittobia acasta*.

USO DE *Bombus terrestris* COMO POLINIZADORES EN FRUTALES Y HORTALIZAS EN CHILE

Durante los tres años del Proyecto*, se evaluó el comportamiento como agente polinizador de los abejorros *B. terrestris* y *B. dahlbomii* en especies de frutales y hortalizas.

Los resultados de estas experiencias por especie vegetal se señalan en este capítulo.

ARÁNDANO

El arándano pertenece a la familia Ericaceae y al género *Vaccinium*, el cual comprende a 300 especies. En Chile, la

especie más importante es *Vaccinium corymbosum*, conocido también como arándano alto o "highbush". También se cultiva *V. macrocarpon* (cranberry) y *V. ashei* o arándano ojo de conejo.

Las flores se producen en inflorescencias (**Foto 15**). Las flores son generalmente axilares, con sépalos cortos y pétalos de color blanco o rosado, y estambres que rodean completamente el estilo, el que generalmente es más largo y sobresale de la corola junto con el estigma.

El arándano, *V. corymbosum* puede presentar autopolinización y polinización cru-

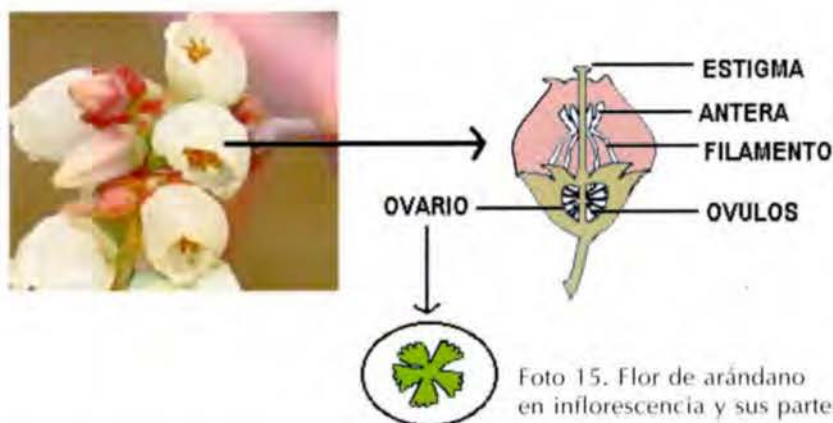


Foto 15. Flor de arándano en inflorescencia y sus partes.

* Proyecto FONDEF DO111028: "Desarrollo de un sistema de producción de abejorros (*Bombus*) como tecnología de polinización en frutas y hortalizas"

zada. Sin embargo, las flores están adaptadas a la polinización por insectos. La dependencia de las flores de insectos polinizadores se manifiesta cuando la planta es forzada a la autopolinización automática por ausencia de entomofauna. Esta produce una disminución significativa del número de semillas, diámetro ecuatorial y peso de los frutos en comparación con la polinización cruzada, producida por la acción de los insectos, como lo demostró Moraga (2000), en la variedad Blueray. También, Muñoz (2000), trabajando con la variedad Elliot en el sur de Chile, determinó la necesidad del uso de polinizadores para alcanzar una fructificación óptima, a pesar de ser un cultivar autocompatible. Numerosas publicaciones indican que los cultivares de *V. corymbosum* pueden presentar desde una autocompatibilidad total hasta una autoincompatibilidad completa, pasando por la partenocarpia en autopolinización.

En la especie de arándano *V. angustifolium*, también ocurre baja autopolinización (Aalders y Hall, 1961), por lo que también requiere polinización cruzada para un buen rendimiento y calidad de frutos.

El agente polinizador más utilizado en el mundo para el arándano son las abejas (*Apis mellifera*), cerca del 80% (Desjardins y De Oliveira, 2006). Sin embargo, en la última década, en el mundo se ha generado una disminución de disponibilidad de abejas de calidad para la polinización debido a la infestación por el ácaro *Varroa destructor* (Desjardins y De Oliveira, 2006), considerado el principal problema sanitario también en Chile. Ello ha creado la necesidad de contar con otros polinizadores para no depender exclusivamente de las abejas.

Las especies del género *Bombus* aparecen en diversas regiones del mundo cohabitando con especies del género *Vaccinium*, y se adaptan a su polinización, debido a las siguientes características:

- Insectos endotérmicos. Forrajean en diversas condiciones meteorológicas, incluso con temperaturas cercanas a 1°C y por períodos del día más prolongados que las abejas (Willmer, 1983).
- Tienen capacidad para hacer vibrar la flor, con el consiguiente desprendimiento del polen (Javorek *et al.*, 2002).
- Visitan forrajeando un gran número de flores (Sttubbs y Drummond, 2001).
- Depositán gran cantidad de polen en los estigmas.
- Presentan gran fidelidad hacia las flores del arándano (Whidden, 1996).
- Son capaces de forrajear y polinizar en condiciones de invernadero a los arándanos, donde las abejas tienen dificultades.

En Norteamérica, *Bombus* es considerado el principal polinizador del arándano. Se indica el uso de *B. impatiens* y *B. occidentalis*. En Nueva Zelandia, se utiliza *B. terrestris*. En Chile, se indica la actividad de *B. dahlbomii* y *B. ruderatus* en forma natural.

Muñoz (2000), Moraga (2000) y Neira *et al.*, (2003), informan que en los cultivares Jersey y Blueray, cultivados en el sur de Chile, los principales agentes polinizadores son las abejas y los abejorros, pero que *Apis mellifera* tuvo más visitas a las flores de arándano que los abejorros. Éstos permanecieron menos tiempo en la flor, pero transportaron el mayor número de granos de polen de arándano en su superficie corporal y también en su tracto digestivo.

En general, la polinización de las flores con insectos nativos o adaptados al ambiente es impredecible, debido a que su densidad poblacional es variable año a año, lo que genera problemas de polinización algunas temporadas.

Las colonias de *B. terrestris* obtenidas a través de la metodología de crianza adaptada por el Laboratorio de Entomología de INIA-La Platina produjeron insectos con capacidad para trasladar polen de arándano en su tercer par de patas y en su cuerpo (**Foto 16**). En condiciones de producción de arándano al aire libre (**Foto 17, 18 y 19**) e invernadero (**Foto 20 y 21**), visitando un mínimo de 42 flores por minuto (**Cuadro 6**), superando a otras especies de abejorro y a *A. mellifera*.



Foto 16. Polen de arándano.



Foto 17 (superior izquierda),
foto 18 (superior derecha)
y foto 19 (derecha),
visita de abejorros
B. terrestris en flores
de arándano
cv. O'Neal.



Foto 20 y 21.
Colmenas de *B. terrestris* instaladas
en arándano cv. O'Neal, cultivado
bajo plástico.



Cuadro 6. Número de flores/minutos visitadas por
Bombus y abejas en arándano.

Visitas cv. O'Neal	Número flores visitadas/minuto
<i>Bombus terrestris</i>	Aire libre 42 - 180 Invernadero 42 - 120
<i>Bombus dahlbomii</i>	17 - 22
<i>Bombus ruderatus</i>	18 - 27
<i>Apis mellifera</i>	8,0 - 13

Los ensayos desarrollados en Lampa, en arándanos cv O'Neal, comparando el efecto de colonias de *B. terrestris* en densidad de cinco colmenas/ha más abejas, comparadas con arándanos con 10 colmenas de abejas/ha, indicaron que en la cosecha de noviembre (**Cuadro 7**) no hubo diferencias en el rendimiento total entre ambos tratamientos, aunque si las hubo en el calibre a la cosecha. El tratamiento con *Bombus*, mostró a los frutos concentrados en los

calibres "Extra large" con 13,5 % y "Large" con 86,5 % (**Cuadro 8**). Por otra parte, estos mayores calibres se obtuvieron muy temprano en la temporada, por lo cual el uso de *Bombus* adelantó la madurez.

Esto se explica porque *Bombus* traslada una mayor cantidad de granos de polen y de mayor diversidad, lo que implica que es capaz de depositar más granos de polen en el estigma, como lo demostraron

Cuadro 7. Efecto del uso de *Bombus terrestris* en el rendimiento total (g) por planta de arándano cv. O'Neal (Lampa, agosto-noviembre 2002).

Tratam.	Días de Noviembre de 2002							Total
	06	10	15	19	22	26	29	
Abejas	270,3 a	240,5 a	649,5 a	380,5 a	341,5 b	547,8 a	394,5 a	2824,6 a
<i>Bombus</i> (*)	340,5 a	386,8 a	522,3 a	410,3 a	251,3 a	405,8 a	232,8 a	2549,8 a

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$).

(*) Densidad (5 colmenas/ha)

Cuadro 8. Efecto del uso de *Bombus terrestris* en la distribución del calibre en frutos de arándano cv. O'Neal (Lampa, agosto-noviembre 2002).

Tratamiento	Extra large < 90 frutos/ envase 166 g (%)	Large 90 a 129 frutos/ envase 166 g (%)	Medium 130-189 frutos/ envase 166 g (%)
<i>Bombus</i>	13,5 a	86,5 a	0,0 a
Abejas	0,0 b	63,0 b	37,0 b

Javorek *et al.*, (2002). Esta mayor cantidad de granos de polen podría permitir la fertilización de óvulos por polen genéticamente superior a través de la competencia en el estilo (Mulcahy y Mulcahy, 1987; Cruden, 1997). Este fenómeno conocido como efecto xenico, se ha demostrado en muchas especies (Freytag, 1979; De Oliveira *et al.*, 1983). El vigor del polen está definido por la velocidad de crecimiento del tubo polínico en el estilo, lo que afecta tamaño de la semilla y el calibre de los frutos. En arándano, este fenómeno ha sido descrito por Desjardins y De Oliveira (2006).

También en cultivos de arándano bajo polietileno en la zona de Los Ángeles, las colonias de *B. terrestris* se observaron polinizando este frutal bajo una densidad de 10 colmenas/ha aún con temperaturas de 1°C (**Cuadro 9**).

En relación con la actividad de la colonia, el mayor número de salidas de obreras (**Cuadro 10**), se producía entre las 08:00 y las 12:00 AM y la mayor entrada de obreras entre las 12:00 y las 16:00 (**Cuadro 11**). Sin embargo, el mayor número de obreras ingresando con polen de arándano se produce a las 12:00 PM (**Cuadro 12**).

Cuadro 9. Temperaturas (°C), durante la floración de arándano cultivado en invernadero (Los Angeles, agosto-octubre, 2004).

Hora	18 ago		25 ago		08 sep		15 sep		22 sep		01 oct		05 oct		12 oct		19 oct		25 oct	
	AL C		AL C		AL C		AL C		AL C		AL C		AL C		AL C		AL C		AL C	
	AL	C	AL	C	AL	C	AL	C	AL	C	AL	C	AL	C	AL	C	AL	C	AL	C
08:00	1	1	4		3	3,5	7,5	10	8		9	11	9	11	4	6	4	6	6	8
16:00	19	20	13	17	9	16,5	15	19	23	20	8	12	14	16	17	18			8	10
12:00	21	21	11	18	17		22								21	25	5	5	13	19

AL = Aire Libre

C = Cubierta polietileno

Cuadro 10. Salidas de *B. terrestris*, en varios horarios de recuento (Angol, agosto-octubre, 2004).

Hora de recuento	Salidas
16:00 PM	3,0 a
12:00 AM	3,6 a b
08:00 AM	4,1 b

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$)

Cuadro 11. Entradas de *B. terrestris*, en varios horarios de recuento (Angol, agosto-octubre, 2004).

Hora de recuento	Entradas
08:00 AM	2,8 a
16:00 PM	4,2 b
12:00 AM	4,7 b

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$)

Cuadro 12. Actividad de entradas de obreras de *B. terrestris*, con polen de arándano en las patas, de acuerdo al horario de recuento (Angol, agosto-octubre, 2004).

Horas de recuento	Entradas de obreras con polen	Porcentaje de entradas de obreras con polen, respecto al total de entradas
08:00 AM	0,27 a	9,6 a
16:00 PM	1,43 b	34,0 b
12:00 AM	3,10 c	66,0 c

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$)

Los resultados en Los Ángeles, se presentan en la **Figura 12**.

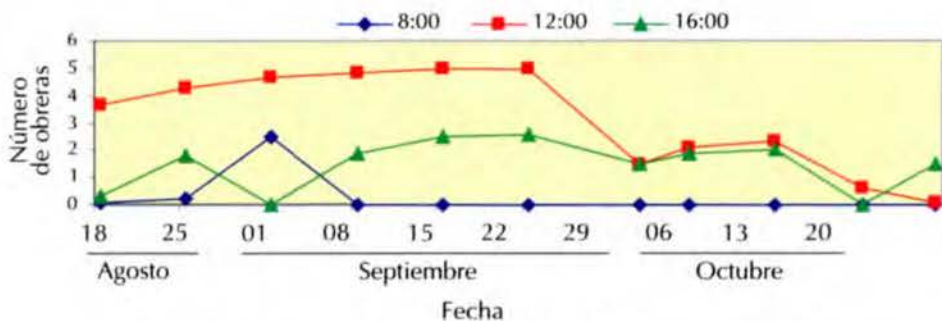


Figura 12. Ingreso de *B. terrestris* con polen de arándano en tres horarios de recuento (Los Ángeles, agosto-octubre, 2004).

No hubo diferencias de cuaja entre los tratamientos bajo cubierta, donde el único polinizador fue *Bombus*, y al aire libre, donde además de *Bombus*, actuó la entomofauna del sector (abejas, dípteros). A la cosecha, el uso de *Bombus* en arándano cultivados bajo cubierta en la zona de Los Ángeles, donde durante floración hubo temperaturas del orden de 1°C, permitió obtener frutos maduros una semana antes, alcanzando una concentración del calibre "Large" de 54,5% (Cuadro 13).

Los estudios de INIA-La Platina en arándano indicaron que las obreras de *B. terrestris* presentan un rango limitado de forrajeo entre 0 y 150 m (Figura 13). En cambio, las abejas son capaces de forrajear hasta 5 Km desde la colmena y *B. impatiens* hasta 400 m.

La proximidad de forrajeo asegura la polinización, pero complica la distribución de las colonias en el campo. Por ello, el número de colonias debe ser distribuido en la hectárea de acuerdo al número de hileras, para no superar distancias mayores a 100 m desde la colonia.

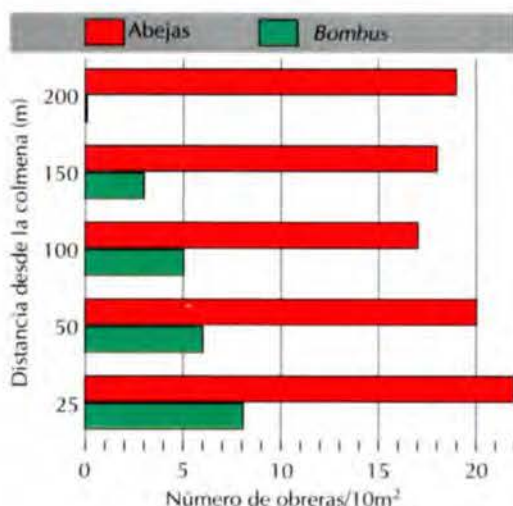


Figura 13. Densidad de *Bombus terrestris* y *Apis mellifera* en función de la distancia desde la colmena.

En la estimación del número de colonias o de obreras para asegurar la cuaja de arándano, es necesario considerar el número de plantas por hectárea y el número de flores. Además, considerar el número de obreras de la colonia. Si se parte con 5% de floración y colonias nuevas, éstas deben tener un mínimo de 60 obreras en el momento de la instalación, alcanzando una población final de 200 obreras en tres semanas. Con ello podemos asegurar la producción de frutos de calibre Extra Large y Large.

Cuadro 13. Efecto del uso de *B. terrestris* en la distribución del calibre (%) en frutos de arándano Cv. O'Neal (Angol, 2004-2005).

Tratamiento	Large 90 a 129 frutos/envase (166 g) (%)	Medium 130 a 189 frutos/envase (166 g) (%)	Small < a 189 frutos/envase (166 g) (%)
Con cubierta	54,5 a	18,1 a	27,4 a
Sin cubierta	33,3 b	11,1 a	55,6 b

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$)

En el **Cuadro 14**, se muestra un cálculo que puede ayudar a estimar el número de colmenas de acuerdo a las condiciones de floración del cultivo y estimando que una obrera de acuerdo a nuestras observaciones, pueden visitar un mínimo de 42 flores/minuto hasta 180 flores/minuto al medio día. Se estimó que sólo poliniza en promedio el 10% de estas flores, considerando así que en un día, una obrera de *Bombus terrestris*, puede visitar y polinizar entre 720 y 3060 flores/día. Para efectos de la estimación propuesta, se utilizó, como se presenta en el **Cuadro 15**, un va-

lor promedio de 1890 flores/día. En el cálculo de flores de arándano, se trabajó con un número de 800 flores/m² de arándano. Si se considera que la floración es paulatina, en un inicio al partir con 5 % de floración, se tendría alrededor de 400.000 flores/ha, alcanzando los 4 millones de flores con un 50 % de floración. El productor puede efectuar sus propios cálculos de acuerdo al número de flores que estime tendrá por hectárea, considerando que debe iniciar la instalación de los *Bombus* con un 5 % de floración.

Cuadro 14. Determinación del número de colmenas de *Bombus terrestris*, para asegurar la cuaja.

Número colmena/ha	Nº obrera inicio(*) superficie (m ²)	Número obrera final(**) superficie (m ²)
4	320 1/31 m ²	800 1/12,5 m ²
8	640 1/15,6 m ²	1600 1/6,25 m ²
18	1440 1/6,9 m ²	3600 1/2,8 m ²

(*) Inicio 80 obreras/colmena,

(**) Final 200 obreras/colmena

Cuadro 15. Determinación del número de obreras de *Bombus terrestris* por hectárea, para asegurar la cuaja de arándano.

	Número de flores/ha (800 m ²) Porcentaje floración (%)			
	5 400 M	10 800 M	25 2 MM	50 4 MM
Número obreras por superficie (m ²)	1/47 m ²	2/23,5 m ²	1/9,4 m ²	1/4,7 m ²
Número obreras por planta (6.657 plantas/ha)	1/3	1/16	1/6	1/3
Número obreras necesarias	212	425	1.060	2.120

Es muy importante verificar la calidad de la colonia. Para lograr la emergencia de nuevas obreras, la colonia debe tener larvas para que se produzca la necesidad de las obreras de trasladar polen a la colonia. Si no hay larvas disminuyen los requerimientos de néctar y de polen.

Recomendaciones para la polinización con *Bombus terrestris*.

Los estudios de INIA-La Platina durante tres años en polinización de arándano con *B. terrestris* permitieron generar las siguientes recomendaciones:

- Iniciar la instalación de las colmenas de *B. terrestris* con 5 % de floración y un máximo de 25%.
- Instalar las colmenas en tarimas a una altura de 1,2 m distribuidas uniformemente según el número de hileras por hectárea. La máxima distancia desde la colmena a las últimas plantas a polinizar debe ser 100 m. La piquera debe tener orientación nororiente.
- Proteger sus colmenas del sol directo y lluvia.
- Estimar los requerimientos de obreras de *B. terrestris*, por el número de flores y calidad de la colmena, considerando que una obrera puede polinizar 1890 flores/día.
- Verificar la calidad de las colmenas al momento de la compra, evaluando entradas de obreras entre las 12 y 13 PM, a los 2 y 4 días. Este índice debe ser superior o igual a cuatro obreras en cinco minutos.
- Proteger las colmenas del ataque de hormigas.
- Cerrar las colmenas la noche anterior a la aplicación de plaguicidas permitidos con el uso de *Bombus*.
- Consultar página web: www/inia.cl/hortalizas/entomología/polinizadores para un listado de plaguicidas compatibles.

El uso de *Bombus* en Chile está siendo incorporado como una práctica de manejo del cultivo, que asegura buen calibre y calidad de los frutos, porque aún cuando en la actualidad el negocio del arándano permite la producción de calibres pequeños, esta situación puede cambiar en el futuro.

■ EFECTO DE *Bombus terrestris* EN LA POLINIZACIÓN DEL PALTO

El palto es una especie cuyo factor limitante es la polinización. Las razones de este problema se explican por las características de su flor y de sus requerimientos para que se produzca la polinización y fecundación.

La flor del palto es hermafrodita, de 1 cm de diámetro (**Foto 22**). Presenta dicogamia sincronizada, es decir, florece primero como flor femenina y al día siguiente como flor masculina. Así, cultivares como Hass se clasifican como tipo A, porque florece en la mañana, como hembra, cierra al medio día, y en la tarde del día siguiente abre como macho. Los de tipo B, como el cultivar Edranol, abren como hembra en la tarde y en la mañana del día siguiente abre como macho. Debido a esta dicogamia sincronizada, a pesar de ser flores hermafroditas requieren del uso de cultivares polinizantes y de agentes polinizadores en el huerto para que se produzca una polinización efectiva. En palto, puede haber tres tipos de polinización:

1. Autopolinización.
2. Polinización cercana.
3. Polinización cruzada.

La **autopolinización** se produce cuando el polen de la flor llega al estigma de la misma flor. Generalmente se produce por acción del viento y los frutos producidos abortan.

La **polinización** cercana se produce entre flores vecinas dentro del mismo árbol o de un mismo cultivar.

La **polinización cruzada** ocurre entre flores en estado femenino del cultivar A, durante la mañana y flores en estado masculina del cultivar B. Este tipo de polinización es más eficiente y requiere de insectos polinizadores. En la mayoría de los casos se producen frutos resistentes al aborto y de mayor tamaño, por el fenómeno conocido como efecto xénico.

Por otra parte, para que se produzca una polinización cruzada eficiente, se requieren en promedio 20 granos de polen por estigma.

Las limitaciones de las abejas como insectos polinizadores en palto, de deben a que:

- a) La flor del palto es poco atractiva para ellas.
- b) La mayor parte de las abejas obreras actúan dentro de un área limitada entre uno y tres árboles, y a una distancia de hasta dos hileras de árboles. Entre 2 y 4% de las obreras colectoras son exploradoras y pueden transportar polen desde varios hasta cientos de metros, favoreciendo la polinización cruzada.



Foto 22. Flor de palto.

- c) Observaciones de Ish-Am y Eisikowitch (1993) indican que las abejas obreras que colectan sólo polen de palto, generalmente no visitan las flores pistiladas, por lo que no contribuyen a la polinización. Por otra parte, las que lo hacen, generalmente mantienen disponible en los pelos de su cuerpo entre 0 a 5 granos para polinizar paltos.

Por otro lado, estudios en Israel (Ish-Am *et al.*, 1998; Ish-Am, 2004) con el abejorro *B. terrestris*, indican que éste podría presentar algunas ventajas significativas sobre las abejas melíferas, porque:

- Transporta mucho más polen en su cuerpo, que es de mayor tamaño y más peludo.
- Trabaja más rápido ya que visita 20 flores de palto en un minuto y la abeja 6-9 flores/minuto.
- Por su patrón de comportamiento, no requiere o no prefiere otras flores alternativas al palto, como hace la abeja.
- Es más eficiente en la polinización cruzada, debido a su mayor movilidad durante el vuelo de recolección.

En Chile, INIA-La Platina, a través del Proyecto FONDEF DO111028, evaluó la conducta polinizadora de *B. terrestris* en palto (Estay *et al.*, 2005).

Los experimentos se hicieron en las temporadas 2002-2003, 2003-2004 y 2004-2005 en las localidades de Llay-Llay (V región) y Talagante (RM). Las variedades, porcentajes de floración y los tratamientos evaluados se señalan en el **Cuadro 16**.

Durante los tres años, en los experimentos se evaluó:

- Actividad de pecoreo de las colmenas de *B. terrestris*.
- Determinación del número de flores que visita *B. terrestris* y del tiempo de permanencia.
- Capacidad de traslado de polen.
- Reconocimiento del polen colectado por las obreras.
- Determinación del efecto de *B. terrestris* sobre el rendimiento y la calidad de los frutos de palto variedad Hass.

Cuadro 16. Ensayos de polinización realizados con *Bombus terrestris* en palto (2002-2005)

Temporada Localización	(2002-2003) Llay-Llay	(2003-2004) Llay-Llay	(2004-2005) Talagante
Variedades	Hass 5 % Edranol	Hass 5 % Edranol	Hass 0-10 % Edranol
Inicio ensayo	25 % floración 03 Octubre	2-3 % floración 30 Septiembre	5-10 % floración 01 Octubre
Tratamientos	5 <i>Apis mellifera</i> + 5 <i>B. terrestris</i> (colmenas/ha)	<i>B. terrestris</i> 1 colmena/12 m ²	<i>B. terrestris</i> 10 col/ha
	10 colmenas/ha <i>Apis mellifera</i>	<i>Apis mellifera</i> /12 m ² <i>Apis mellifera</i> 10 colmenas/ha	<i>Apis mellifera</i> 10 colmenas/ha

En el primer año del experimento se estudió mediante observaciones de campo y de laboratorio, el origen del polen que transportaban los abejorros a las colmenas, como también el efecto de los tratamientos sobre la cuaja de flores, el rendimiento y peso promedio de frutos.

Durante el segundo año de experimento se mantuvieron en jaulas, paltos y abejorros como también abejas y se determinó el número promedio de flores de palto visitadas en un minuto, en diferentes fechas

de floración. También se determinaron porcentajes de cuaja, supervivencia de frutos, rendimientos totales por árbol y peso promedio de frutos (**Fotos 23, 24, 25 y 26**).

En el tercer año se utilizó la misma metodología que en los años anteriores, en cinco predios de la Comuna de Talagante, sobre paltos de la variedad Hass que tenían como polinizante la variedad Edranol. En cada predio se seleccionaron dos cuarteles de palto, con las mismas características de edad de la planta, variedades en



Foto 23. Vista externa de una jaula con paltos y una colmena de abejorros.



Foto 24. Vista interna de una jaula con palto y una colmena de *B. terrestris*, producida por INIA La Platina.



Foto 25. Vista interna de una jaula con palto y una colmena de *B. terrestris*, producida por Empresa MIPAGRO.



Foto 26. Vista interna de una jaula con palto y una colmena de *B. terrestris*, producida por Empresa BIOCONTROL.

producción y polinizantes, distancias de plantación, manejo agronómico e historial productivo y distancia mínima entre los dos cuarteles de 300 m lineales (Fotos 27 y 28).

En cada cuartel se seleccionaron al azar 20 árboles de acuerdo a los tratamientos indicados en el Cuadro 17. Cada árbol se consideró como una repetición y en cada árbol se marcaron dos ramillas, una con orientación norte y otra orientación sur, lejos y cerca del polinizante Edranol.

Liberaciones de agentes polinizadores

El experimento, se inició cuando los árboles presentaban 5% de floración. Las colmenas de *B. terrestris* se liberaron en densidad de 10 colmenas/ha. Las colmenas de *B. terrestris* utilizadas correspondieron a material reproducido por la Empresa MIPAGRO, BIOCONTROL e INIA-La Platina, a través del Proyecto FONDEF DO111028. El número promedio de insectos fue 60 obreras iniciales de *B. terrestris* más 140 pupas, de las cuales emergieron



Fotos 27 y 28.
Colmena de *B. terrestris*
producida por Empresa
BIOCONTROL e instalada
en palto.

Cuadro 17. Tratamientos de insectos polinizadores utilizados por cuartel (Talagante, 2004-2005).

Cuartel	Tratamiento/ insectos	Número de colmenas/ha	Número de árboles/ensayo
1	<i>Bombus terrestris</i>	10	
	Cerca del polinizante		10
	Lejos del polinizante		10
2	<i>Apis mellifera</i>	10	
	Cerca del polinizante		10
	Lejos del polinizante		10

nuevas obreras. Para homogenizar su distribución se contó el número total de hileras de los ensayos y se distribuyeron las colmenas de abejorros entre las hileras.

Durante el primer año se determinó que los abejorros visitaban flores de palto de la variedad Edranol que durante la maña-

na permanecían abiertas como flor macho, aportando el polen que permitiría la polinización de la flor de la variedad Hass que abre como hembra durante la mañana. Esto se verificó en abejorros obreras provenientes de todas las colmenas que se mantuvieron en el ensayo (**Fotos 29, 30, 31, 32 y 33**), (**Cuadro 18**).



Fotos 29, 30, 31, 32, 33.
Secuencia de visitas de *B. terrestris* a flores de palto.

Cuadro 18. Identificación del origen del polen extraído de las patas de *Bombus terrestris*, colectadas de acuerdo al estado de floración del palto cv. Hass (*Persea americana* Mill).

Fecha de muestreo	Porcentaje de floración (%)	Horario de colecta	Identificación de colmenas	Identificación del origen del polen
30/10/02	50	12:00/13:00	41-45-50-52-54	Palto
07/11/02	100	12:00/13:00	41-45-50-52-54	Palto
14/11/02	0 (cuaja)	12:00/13:00	41-45-50-52-54	Palto + rosas

Durante el primer año de evaluación no hubo diferencias en el número de flores cuajadas de palto entre el tratamiento de abejorros y abejas mezcladas y el tratamiento de sólo abejas en una densidad de 10 colmenas/ha (**Cuadro 19**).

Al año dos, al mantenerse paltos variedad Hass en floración encerrados con abejorros y ramillas de paltos con flores de la variedad Edranol, se estableció que una obrera de *B. terrestris* podía visitar 12 a 30 flores de palto por minuto (**Cuadro 20**). Por otra

parte, en paltos mantenidos en jaulas, los abejorros lograron polinizar produciendo 0,93% de cuaja, sin diferencias significativas con las abejas al aire libre, donde las abejas permitieron 1,75% de cuaja. Sin embargo, a la cosecha, en los árboles donde se utilizó *B. terrestris* en la polinización, los frutos se mantenían en el árbol hasta en 95,15%, con diferencias significativas con el tratamiento de abejas al aire libre, donde la supervivencia de los frutos fue de 72,5% (**Cuadro 21**). Esto podría ser explicado porque los abejorros, como se in-

Cuadro 19. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de cuaja de flores de palto cv. Hass (Llay-Llay, 9 octubre – 14 noviembre 2002).

Tratamiento	Número de colmenas/ha	Porcentaje de cuaja de flores (%)
<i>B. terrestris</i> + <i>A. mellifera</i>	5 + 5	2,7 a
<i>A. mellifera</i>	10	2,8 a

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

Cuadro 20. Visitas y duración en segundos en flores de palto (Llay-Llay, 7-21 octubre 2003)

Fecha	Jaula	Visitas	Segundos	Flores/seg	Seg/flor	Flores visitas/min
07/10/03	1	8,5	17,5	0,5	2,1	30
	2	4,7	13,2	0,4	2,8	24
14/10/03	1	10	52,3	0,2	5,2	12
	2	6,5	29	0,2	4,5	12
21/10/03	1	8,5	35	0,2	4,1	12
	2	4,9	20,1	0,2	4,1	12

Cuadro 21. Número total de flores promedio/árbol y porcentajes de cuaja y supervivencia, cv. Hass (Llay-Llay, 2003-2004).

Tratamientos	Número total flores	Porcentajes de cuaja (%)	Porcentajes de supervivencia (%)
<i>A. mellifera</i>	24.677 a	0,12 a	21,25 a
<i>Bombus terrestris</i>	17.761 a	0,93 ab	95,15 c
<i>A. mellifera</i> , aire libre	14.572 a	1,75 b	72,50 b

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

dicó anteriormente, favorecían la polinización cruzada, fenómeno que posteriormente se confirmó a través de pruebas biotecnológicas. Éstas demostraron que las plantas nuevas provenientes de las semillas de los frutos cosechados de estos árboles, presentaban los genes de las variedades Hass y Edranol.

Al tercer año, en la localidad de Talagante se analizó la relación entre el ingreso de obreras de abejorros a las colonias y el

número de éstos que ingresaron con polen (Cuadro 22). Cuando las plantas presentaban entre 25 y 50% de floración, las obreras que ingresaban con polen en el cuerpo y en las patas, gran parte de este polen era de palto (Fotos 34 y 35).

Por otra parte, en los predios, se observó que en una misma variedad se puede encontrar la presencia de flores femeninas y masculinas. Incluso en un mismo árbol se puede encontrar ambas flores (Cuadro 23),

Cuadro 22. Relación entre el número de obreras que entran a la colmena con polen y el número que entra con polen de palto en cinco minutos (4 predios) (Talagante, octubre-noviembre 2004).

Fechas de observación	Ecuación	R	R ²	P
18 Octubre 2004	$Y = 0,362 + 0,175 X$	0,28	7,6	0,001
25 Octubre 2004	$Y = 0,251 + 0,561 X$	0,89	79,4	0,001
02 Noviembre 2004	$Y = 0,009 + 0,553 X$	0,82	67,4	0,001
09 Noviembre 2004	$Y = -0,250 + 0,630 X$	0,75	56,0	0,001



Foto 34. Obrero de *B. terrestris* ingresando con polen de palto a la colmena.

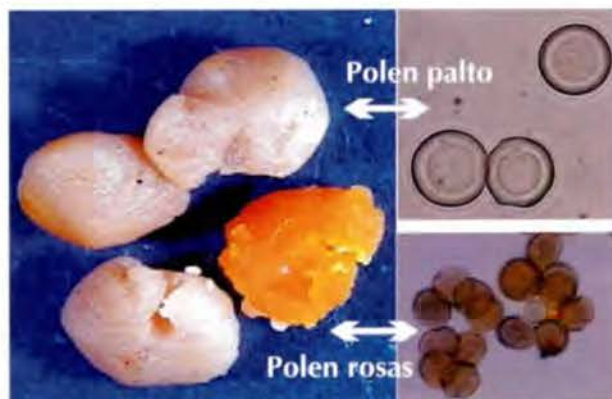


Foto 35. Polen de palto y de rosas extraídos de las patas de obreras de *B. terrestris*.

Cuadro 23. Visitas de abejorros y tiempo (segundos) en flores de palto (Talagante, octubre-noviembre 2004).

Hora	Nº visitas	Segundos	Promedio flores/ segundos	Promedio segundos/ flor	Promedio flores visitadas/ minuto
08:30-09:00	6	10	0,60	1,7	36
09:30-10:00	12	40	0,30	3,3	18
10:30-11:00	17	47	0,40	2,8	24
12:30-13:00	15	44	0,35	2,9	20,5

lo que demuestra que la dicogamia en paltos del cultivar Hass no se presenta en las condiciones climáticas en Talagante, donde se hicieron las evaluaciones. Estas observaciones coinciden con las de Hernández (1991), Tapia (1993), Araya (1996), Cristofanini (1996), García (1997), Mena (1997) y Castañeda *et al.* (1999) para las condiciones de Quillota, donde en paltos cvs. Fuerte y Hass se presentan ambos estados sexuales durante todo el día. Incluso durante la noche Ish-Am (2004) indica también que las condiciones de temperatura pueden invertir completamente el horario de apertura de las flores en estado masculino como femenino y durante el día.

La pérdida de dicogamia observada en las cvs. Hass y Edranol, coinciden con lo observado durante todo el período de floración, donde independientemente del horario y temperatura del día, los abejorros colectaron polen de palto. Esto indica actividad de polinización, pues para ser capaces de trasladar en sus patas polen de palto, es porque visitan muchas flores, intentando llegar a los nectarios tanto de la flor femenina como masculina, lo que favorece tanto a la polinización cruzada como también la autopolinización.

También se determinó que el número de visitas de *B. terrestris* a las flores de palto variedad Hass entre 08:00 y 13:00 horas fluctúa entre 18 y 36 flores en un minuto al aire libre, lo que corrobora lo observado el año anterior en la V región usando *B. terrestris* sobre paltos en jaulas.

Al comparar la actividad de *B. terrestris* y de abeja *A. mellífera*, en las mismas densidades de colmenas (10/hectárea), no se observó diferencias significativas en el número de flores cuajadas, si se presentó el mismo fenómeno de las temporadas anteriores, que los frutos cuajados por *Bombus* abortaron menos que los cuajados por abejas, y esto a la cosecha puede significar que de 1000 flores que se cuenten en palto, con el uso de abejorros, se pueden lograr 2,4 frutos y con abejas 1,03 frutos (Cuadro 24).

La explicación para estos resultados podría estar en el efecto xénico o metaxenia, es decir que el abejorro al trasladar mas polen en su cuerpo, transfiere al estigma mas número de granos de polen que lo se requiere para una óptima polinización, al trasladar mas granos de polen de palto hay mayor diversidad y se desarrollaría mayor competencia entre ellos por fertili-

Cuadro 24. Porcentaje de flores cuajadas, supervivencia de frutos y número de frutos a la cosecha por 1000flores cv. Hass (Talagante, octubre2004-mayo2005).

Tratamientos	Porcentaje de cuaja	Porcentaje de supervivencia de frutos	Número de frutos a cosecha por 1000 flores
<i>B. terrestris</i>	1,9 a	12,7 a	2,41 a
<i>A. mellifera</i>	2,4 a	4,3 b	1,03 b

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$).

zar el único óvulo, así por selección estarán disponibles los mejores granos de polen, esta situación se ve además favorecida por la polinización cruzada.

De acuerdo a Ish-Am (2004) una abeja cargada de polen deposita en promedio sólo 1 a 3 granos de polen sobre el estigma de la flor de palto y para una adecuada fertilización en palto se requieren veinte o más granos de polen que lleguen al estigma para alcanzar una alta probabilidad de fertilización. También Ish-Am *et al.*,

(1996), señala que una obrera de *B. terrestris*, es 20 veces mas eficiente que una obrera de *A. mellifera* actuando en la polinización cruzada de palto.

Por otra parte Addicott (1983), indica que alrededor del 99% de las flores y frutitos recién cuajados abortan y estos abortos en su mayoría durante las primeras semanas después de floración se debe a que los óvulos no fueron fertilizados, pérdidas posteriores descartan efectos de fertilización, como causal de caída de frutos.

■ EFECTO DE *Bombus terrestris* EN LA POLINIZACIÓN DEL TOMATE

El tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, es un hortaliza que presenta una flor hermafrodita dispuesta en un número de ocho a 17 unidades en una inflorescencia. Cada flor posee cinco o más anteras unidas por filamentos trabados para formar un cono hueco alrededor del estilo. El cuello del cono consiste en extensiones estériles de las anteras que están cerradas alrededor del estigma.

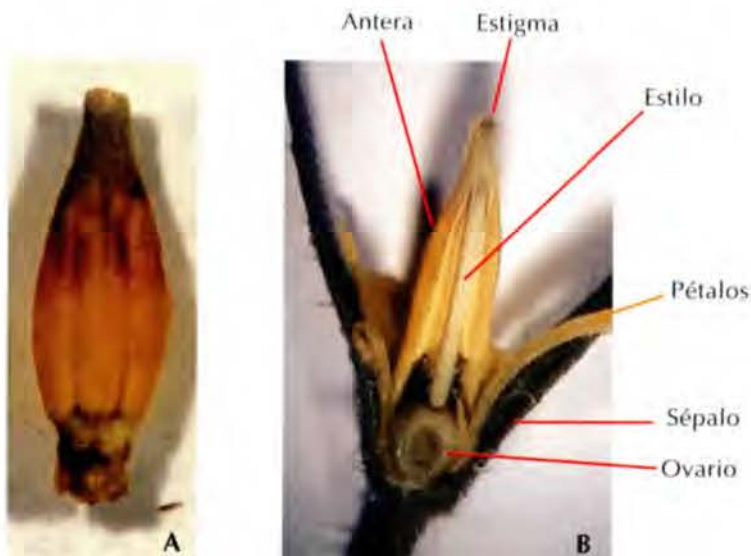
Las anteras son bilobuladas y contienen varios cientos de granos de polen, las cuales son liberados desde el interior a través de las hendiduras longitudinales. El polen al ser liberado, cae sobre el estigma y puede germinar. Esta estructura asegura la autopolinización aún en ausencia de insectos polinizadores (Figura 14).

En el tomate cultivado fuera de temporada en invernadero, la plantación se realiza

cuando las condiciones ambientales no son las adecuadas. Esto implica que los procesos de inducción y diferenciación floral, polinización, cuaja y desarrollo de frutos, se realice en condiciones limitantes de temperatura e intensidad luminica, junto con altas humedades relativas. Estos factores influyen directamente sobre la fecundación de las flores, produciendo un bajo número de frutos en ausencia de aplicaciones de reguladores de crecimiento o tratamientos que mejoren la autopolinización, como el uso de vibradores, corrientes de aire o insectos polinizadores (Picken, 1984; Escaff, 1992; Giaconi y Escaff, 1998). En ninguna variedad de tomate se produce cuaja bajo los 10°C, como consecuencia de la esterilidad del polen. Es así como bajo 13°C y también sobre 32°C, la mayoría de los granos de polen son estériles. Temperaturas de 18°C tendrían los mejores efectos en cuanto a la cuaja de frutos (Escaff, 1992).

Otro factor importante en el proceso de formación de frutos, es la elevada humedad al interior de los invernaderos, la cual

Figura 14.
Estructura Floral
del tomate.
A: Cono
estamínico;
B: Sección
longitudinal de
flor de tomate.



aglutina los granos de polen sin que puedan desprenderse de los estambres y alcanzar el estigma floral, lo que dificulta la polinización. La humedad relativa ideal es entre 60 y 70 % (Sivori *et al.*, 1984).

Desde hace muchos años, en Chile y el mundo, se ha utilizado una gama muy amplia de auxinas puras y en mezcla con giberelinas con el fin de mejorar la cuaja (Mapelli *et al.*, 1978; Picken, 1984; Abad y Guardiola, 1986; Cuartero *et al.*, 1987). Dentro de los ingredientes activos, el ácido B-naftoxiacético (BNA), el ácido paraclorofenoxiacético (PCFA) y giberelina (Ga3), pueden ser utilizados con este propósito (Tesi y Tognoni, 1986). Algunos abejorros del género *Bombus* poseen conductas que los hacen excelentes polinizadores de diversos cultivos, entre ellos el cultivo del tomate (Banda, 1990; Van den Eijnde, 1990; Buchmann, 1992). Las aplicaciones de compuestos han sido desplazadas en los últimos años, por abejorros del género *Bombus* (Van den Eijnde, 1990). El encarecimiento de la mano de obra en las labores de polinización, y la fuerte tendencia de los consumidores de países europeos y norteamericanos a preferir productos sin aplicación de agroquímicos, ha obligado a los productores abastecedores de estos mercados a utilizar este tipo de abejorro en reemplazo de hormonas (Van den Eijnde, 1990; López, 1997; Ruijter, 1997).

El uso de abejorros implica la utilización de plaguicidas selectivos y de controladores biológicos frente a las plagas que se presenten en el cultivo (Ruijter, 1997), por lo cual esta tecnología requiere de un manejo integrado de plagas (**Foto 36**).

Numerosas investigaciones realizadas en Israel, Holanda, Taiwán, Japón, España, Fran-



Foto 36. Colmenas de *B. terrestris*, instaladas en invernaderos de tomate.

cia, Inglaterra, Italia, Nueva Zelandia, etc., a partir de la década de los 80, una vez que se logró domesticar a *B. terrestris*, indican que esta especie en condiciones de invernadero en tomate, logra reemplazar la polinización natural, manual y de vibrado eléctrico. De esta forma, mejora los porcentajes de cuaja, aumentando los porcentajes de rendimiento, calibres de frutos y cantidad de semillas (Dogterom *et al.*, 1989; Van Ravensting y Van der Sande, 1991; Cribb *et al.*, 1993; Abak *et al.*, 1995; Porporotto *et al.*, 1995; Vechio *et al.*, 1995; Vecchio *et al.*, 1996; Chitung y Fengkong, 1996).

En Chile, el abejorro *B. terrestris*, fue introducido al país en septiembre de 1997, realizando la Universidad Católica de Valparaíso, las primeras evaluaciones en tomate en la zona de Quillota (López, 1997).

El abejorro en tomate, cuando visita la flor, la topa con la proboscis, repitiendo varias veces este comportamiento hasta colgarse del cono estaminal (**Fotos 37 y 38**), produciendo una vibración que permite que los granos de polen se suelten de las anteras para ser recolectados en sus patas. Durante este paso, cierta cantidad de granos de polen entra en contacto con la superficie estigmática, adhiriéndose y dando comienzo a la germinación y formación del tubo polínico. En tomate, a diferencia de otras especies vegetales se requiere sólo del estímulo de la polinización para que

se inicie el desarrollo del fruto. Este mecanismo de cuaja de frutos, se conoce como polinización bzz (Asada y Ono, 1996).

Cada flor visitada por un abejorro, presenta una marca dejada por el abejorro en el cono estamínico de la flor. Estas marcas, se deben a una necrosis provocada por las mandíbulas del abejorro, que al posarse sobre la flor ejerce presión, dañándola (**Fotos 39 y 40**). También se describe que pueden provocar este daño con los tarsos del insecto (Van Ravenstijn y Van der Sande, 1991).



Fotos 37 y 38. Visita de abejorro a la flor de tomate.



Fotos 39 y 40. Flor de tomate marcada por la acción polinizadora de *B. terrestris*.

Esta marca floral, es un buen indicador de la eficiencia de polinización del abejorro. El 50 % de flores marcadas es un indicador de trabajo de polinización eficiente siendo el óptimo el 80 % (Dogterom *et al.*, 1998). Cuando se trabaja con abejorros, es muy importante la evaluación de la marca floral, porque puede ocurrir que la colonia de abejorros esté activa con adultos en vuelo, pero haber dejado de ser efectiva en polinización.

Esto puede ocurrir, porque la colonia consume dos tipos de alimento: polen y néctar. Se sabe que el 90 % del polen recolectado lo consumen las larvas y el 10 % restante los adultos. Cuando una colonia está al final de su ciclo de vida, existen muchas obreras y machos; las primeras salen a volar y buscar néctar, pero como no hay larvas que alimentar, no buscan polen y los segundos no lo colectan.

Las razones entonces por las cuales puede no estar actuando en forma eficaz una colonia de *Bombus*, son las siguientes:

1. Colonia al final de su ciclo de vida, sin larvas.
2. Altas temperaturas en invernadero. Por sobre 27°C, se ve afectada su actividad, por ello son activos muy temprano en la mañana y al final de la tarde (Koide y Hayashi, 1993).
3. Contenido de polen de la variedad. Falta de producción de polen de buena calidad depende de factores como: alta humedad ambiental, elevada temperatura. Si se observa una situación de flores sin polen, el abejorro no la tocará, afectando la cuaja y fecundación.
4. Falta de jarabe, o problema para obtener esta solución, por parte de los abejorros, por problema de diseño de

las cajas que contienen a la colonia. Este aspecto es muy importante en el uso de abejorros en tomate, debido a que la flor de tomate no produce néctar, el abejorro obtiene sólo el polen de la flor de tomate, y el néctar es reemplazado por el suministro artificial de jarabe. Si no se tiene disponibilidad de éste, el abejorro, saldría fuera del invernadero, buscando fuentes de alimento más atractivas.

5. Número insuficiente de colmenas en invernadero, por lo cual no se polinizan todas las flores. Una colonia debe tener como mínimo 60 obreras activas y alrededor de 100 larvas, que aseguren la búsqueda de polen por parte de las obreras. Bajo estas condiciones se necesita un mínimo de cinco colonias por hectárea, con una esperanza de vida activa de cuatro a seis semanas.

Ensayos realizados por INIA-La Platina en tomate de invernadero, evaluando la eficacia de una colonia de *B. terrestris*, como polinizador de tomate de crecimiento indeterminado, mostró que una vez liberados los abejorros, a los cuatro días se verificó (**Figura 15**), sobre el 80 % de marca floral en todas las variedades de tomate, reduciendo bajo el 50 % de marca floral a los 30 días después de su liberación y no actuando sobre las flores, lo cual coincide con la información generada en el extranjero.

Con temperaturas promedios entre 18 y 27°C, en la mayoría de las fechas de monitoreo, no se observó en estas variedades de tomate un aumento en el peso promedio de frutos, ni en el calibre de frutos cuando se comparó con los frutos de las mismas variedades, pero tratadas con la hormona Procarpil. Sin embargo, los fru-

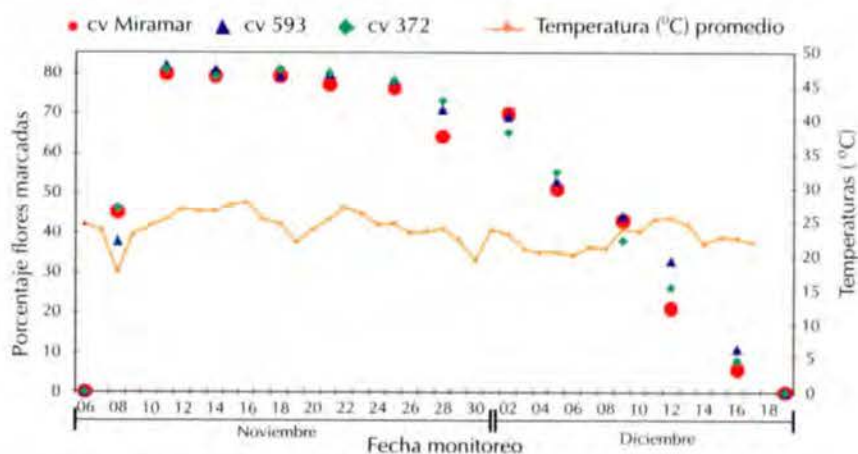


Figura 15. Porcentaje de flores de tomate por variedad marcadas por *Bombus terrestris* (INIA La Platina, abril 2003).

tos polinizados por abejorros mostraron un mayor número y peso de semilla (**Cuadro 25**).

El aumento en el número y peso de las semillas se explica por la actividad de los abejorros sobre las flores de tomate, mejorando el desprendimiento de polen, con la consecuente polinización, cuaja y fecundación que asegura el normal desarrollo de la semilla, la presencia de gel y la mayor calidad de frutos.

Por otra parte, también se evaluó al abejorro nativo *B. dahlbomii* (Guér) Estay et al.,

(2001), como agente polinizador del tomate en invernadero a partir de nidos naturales que se reins-talaron en colmenas artificiales. El ensayo se realizó, en la Región Metropolitana (33°34' latitud sur, 70°38' longitud oeste), durante el período estival y el abejorro nativo fue comparado con tomate que se manejo sin polinización, ni fitohormona.

Los resultados mostraron que el 80 % de las flores fueron visitadas por los abejorros, producto de lo cual quedaron marcas necróticas en el tubo estamínico de la flor, igual a lo ocurrido con la especie *B.*

Cuadro 25. Efecto del uso de abejorros y la aplicación de Procarpil sobre el número y peso promedio de semilla por fruto de las tres variedades de tomate (INIA-La Platina, mayo 2003).

Tratamiento	Variedades de tomate/ Número promedio de semilla			Variedades de tomate/ Peso promedio semilla (g)		
	Miramar	593	372	Miramar	593	372
Abejorro	109,62a	83,96a	83,87a	0,36a	0,28a	0,30a
Hormonal	51,56 b	50,76 b	60,12 b	0,17 b	0,16 b	0,16 b

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0.05$).

dahlbomii (Foto 41). Por otra parte, se logró identificar polen de tomate en las patas de los abejorros y en las tazas de almacenamiento de polen de la colonia. Por ello, la acción de forrajeo estaría favoreciendo el desprendimiento del polen desde las anteras de la flor (Foto 42). También, como se observa en el Cuadro 26,

con el abejorro nativo *B. dahlbomii*, se produjo un aumento del número de semillas en el tratamiento.

Como se aprecia en el Cuadro 27, las características del fruto como cuaja, peso y calibre promedio no fueron afectadas por la actividad de *B. dahlbomii*.



Foto 41. Visita de *B. dahlbomii* a flores de tomate.



Foto 42. Polen tomate.

Cuadro 26. Número de semillas en tomate obtenido con el uso de *Bombus dahlbomii*.

Tratamiento	Promedio de semilla por fruto
Con abejorro	161,18 a
Sin abejorro	147,14 b

Letras distintas, denotan diferencias significativas entre los tratamientos $P \leq 0,05$

Cuadro 27. Promedio de cuaja, peso y calibre de frutos de tomate cv. FA 144 (marzo, 1998).

Tratamiento	Cuaja promedio	Peso promedio (g)	Calibre promedio (mm)
Sin abejorro	57,61 a	120,33 a	63,38 a
Con abejorro	61,58 a	126,89 a	64,78 a

Valores de igual letra, no difieren estadísticamente ($P \geq 0,05$), según la Prueba t de Student.

EFFECTO DEL USO DE *Bombus terrestris* EN LA POLINIZACIÓN DE FRUTILLA

La frutilla *Fragaria ananassa*, presenta flores hermafroditas, con cáliz persistente y cinco pétalos libres blancos (Foto 43). Los estambres pueden estar en un número de 24 a 36 rodeando como una corona la base del receptáculo. Los pistilos son numerosos y se ubican en forma helicoidal sobre el receptáculo y al ser fecundados dan origen a los verdaderos frutos llamados achenios.

La sección comestible corresponde al receptáculo, que al ser fecundados los ovarios se ensancha y se desarrolla. La fecundación de todos los ovarios, es fundamental para obtener el desarrollo regular del fruto. Si la polinización es parcial, esa parte del receptáculo no se desarrolla quedando deprimida (Sudsuki, 1992; Gariglio, 2004).

Los estigmas de la flor, se vuelven receptivos antes que las anteras de la misma liberen polen, por lo cual ocurre polinización cruzada, aunque también puede ocurrir autopolinización (Shoemaker, 1955).



La polinización se realiza por viento y por insectos. Los insectos más utilizados son las abejas. La actividad máxima de las abejas ocurre con temperaturas entre 18°C y 26°C (Connor, 1970; Allen y Gaede, 1963). Hughes (1961), observó que al excluir mediante jaulas a los insectos en la polinización de la flor de frutilla, se daba lugar a una reducción de la producción y a frutos malformados.

Aunque la flor de la frutilla produce néctar y polen, no es lo suficientemente atractiva para las abejas, aunque se ha determinado preferencia de las abejas por algunos cultivares (Free, 1968). Se ha establecido que para una adecuada polinización por abejas en frutillas, se requiere al menos de 16 a 20 visitas por flor (Skrebtsova, 1957 y 1958).

Mommers (1961), Bonfante (1970), y Moore (1969), mostraron en diversos ensayos de frutilla en invernadero, que las abejas y otros insectos son esenciales para la polinización, cuaja, máximo rendimiento y tamaño de las frutillas.

En 1996, Bolckmans y Marc, demostraron que los abejorros polinizan a la frutilla en condiciones de invernadero, presentando ventajas en relación a las abejas, debido a su mayor capacidad de transporte de polen y a su menor agresividad.

Los ensayos realizados en Chile, muestran a *B. terrestris*, como polinizador y mejorador de la calidad de la frutilla, tanto en producción al aire libre como en invernadero (Vitta *et al.*, 2005).

Foto 43.
Flor de frutilla.

La actividad de *B. terrestris*, se evaluó en frutilla variedad Camarosa en la localidad de San Pedro (Región Metropolitana). Para ello se utilizó como tratamientos: polinización natural predominando la especie *Apis mellifera* y polinización utilizando cinco colonias de *B. terrestris*/5000 m². Las colonias fueron instaladas con un 2 % de floración a mediados del mes de septiembre.

El análisis del ingreso de polen en las patas de los abejorros (**Cuadro 28**), muestra que a partir de la segunda fecha de observación, después de la liberación de estos insectos, se observó que todas las colmenas presentaban abejorros que ingresaban con polen de frutilla (**Foto 44**). Entre éstas, se destacó el día 13 de octubre la colmena N° 1, que mostró un total de cuatro abejorros, lo cual correspondió al mayor ingreso de obreras con polen de frutilla en cinco minutos, con diferencias significativas con el resto de las colmenas.

También la colmena N° 1 presentó desde el primer monitoreo (30 de Septiembre) una alta actividad de abejorros, trasladando polen de frutilla y que correspondió al 76,9% del total de abejorros que ingresaron a las colmenas.

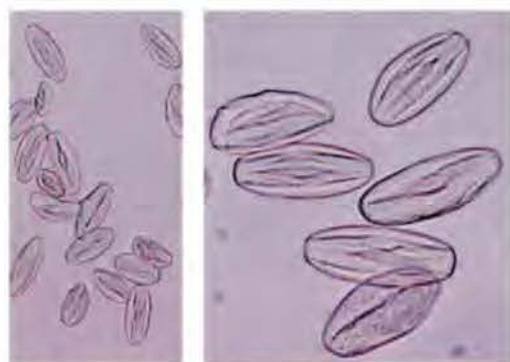


Foto 44. Polen de frutilla (izquierda, aumento 20X y derecha aumento 40X).

Al comparar el efecto del uso de *B. terrestris* en frutilla producida al aire libre, se observa en dos fechas de cosecha un mayor número promedio de frutos por planta (29 octubre y 27 noviembre del 2004), al usar abejorro, lo cual no se vio reflejado en el número total de frutos cosechados por planta (**Cuadro 29**).

Al comparar el efecto del uso de los tratamientos en el peso de los frutos se observó que en las cuatro cosechas se presentaron diferencias significativas en cuanto al peso promedio de los frutos del tratamiento *Bombus* con el tratamiento testigo. Los pesos variaron entre 4,44 a 19,80 g prom/

Cuadro 28. Ingreso de *B. terrestris*, con polen de frutilla a la colmena en cinco minutos, de acuerdo al número de la colmena (San Pedro, septiembre-octubre 2004).

Número colmena	30 sept.		07 oct.		13 oct.		22 oct.		29 oct.	
	Nº	% total	Nº	% total	Nº	% total	Nº	% total	Nº	% total
4	0,0 a	0	1,0 a	100	1,0 a	37,0	1,0 a	37,0	1,0 a	30,3
2	0,0 a	0	1,3 a	48,7	0,3 a	11,1	1,0 a	50,0	1,7 a	32,0
3	0,3 a	33,3	1,0 a	30,3	1,0 a	15,9	0,6 a	20,0	0,3 a	4,4
5	1,0 a	21,2	2,7 a	62,7	1,3 a	20,6	1,3 a	43,3	2,0 a	28,5
1	1,0 a	76,9	3,0 a	30,0	4,0 b	52,0	1,0 a	25,0	0,3 a	6,9

Promedios seguidos de igual letra no difieren entre sí (IP = 0,05).

planta para el tratamiento testigo y 15,06 a 25,05 g prom/planta (**Cuadro 30**).

En relación con el tamaño de los frutos, en todas las fechas se observó un mayor diámetro polar del fruto de frutilla cuando

se usó *B. terrestris* (**Cuadro 31**), y un mayor diámetro ecuatorial (**Cuadro 32**), en las fechas de cosecha del 29 de Octubre, 4 y 27 de Noviembre respectivamente, con diferencias significativas al 95%, aplicando el Test de LSD. Esto quiere decir que, la

Cuadro 29. Número de frutos promedio/planta para cada fecha de cosecha (San Pedro, octubre-noviembre 2004).

Tratamiento	Fecha de cosecha/frutos promedios por planta (Año 2004)					
	29-Oct.	04 Nov.	11 Nov.	18 Nov.	27 Nov.	Total
Testigo	0,9 a	8,67 a	8,67 a	6,53 b	1,73 a	26,5
<i>Bombus</i>	2,8 b	7,73 a	9,73 a	4,27 a	5,80 b	30,3

Promedios seguidos de igual letra no difieren entre sí ($P = 0.05$).

Cuadro 30. Peso promedio de frutos (g)/planta para cada fecha de cosecha (San Pedro, octubre-noviembre 2004).

Tratamiento	Fecha de cosecha/peso promedio por planta (Año 2004)					
	29-Oct.	04 Nov.	11 Nov.	18 Nov.	27 Nov.	Total
Testigo	8,13 a	19,80 a	15,89 a	15,97 a	4,44 a	64,2
<i>Bombus</i>	24,32 b	25,05 b	19,49 b	15,06 a	15,13 b	99,1

Promedios seguidos de igual letra no difieren entre sí ($P = 0.05$).

Cuadro 31. Diámetro polar (prom.) de frutos/planta para cada fecha de cosecha (San Pedro, Octubre- Noviembre 2004).

Tratamiento	Fecha de cosecha/Diámetro polar (Año 2004)					
	29-Oct.	04 Nov.	11 Nov.	18 Nov.	27 Nov.	
Testigo	1,69 a	4,17 a	4,06 a	3,91 a	1,27 a	
<i>Bombus</i>	4,17 b	4,47 b	4,35 b	4,09 b	3,61 b	

Promedios seguidos de igual letra no difieren entre sí ($P = 0.05$).

Cuadro 32. Diámetro ecuatorial (prom.) de frutos/planta para cada fecha de cosecha (San Pedro, octubre-noviembre 2004).

Tratamiento	Fecha de cosecha/Diámetro ecuatorial (Año 2004)					
	29-Oct.	04 Nov.	11 Nov.	18 Nov.	27 Nov.	
Testigo	1,32 a	3,15 a	3,03 a	2,91 a	1,03 a	
<i>Bombus</i>	3,38 b	3,53 b	3,19 a	2,94 a	2,77 b	

Promedios seguidos de igual letra no difieren entre sí ($P = 0.05$).

presencia de los abejorros *Bombus terrestris*, influyeron en el aumento del diámetro polar (largo), diámetro ecuatorial (ancho) y en el peso promedio de los frutos/planta, mejorando su calidad.

Estos resultados, corroboran lo señalado por Pritts y Kelly (2004), indican que la Universidad de Cornell, propicia el uso de *Bombus* para mejorar la polinización de las flores de frutilla, las cuales requieren traslado del polen desde las anteras al estigma de las flores presentes en el receptáculo. Otras investigaciones, realizadas por Paydas *et al* (2000), demuestran que las especies del género *Bombus*, usados como polinizadores de frutillas de distintas variedades, producen frutos de un mayor peso y mayor rendimiento por planta, que el alcanzado sin el uso de un polinizador o empleando abejas. El mayor peso de frutos obtenido con el tratamiento *Bombus*, puede ser explicado porque en el caso de la frutilla que es una flor hermafrodita y que presenta autopolinización, ésta debe ser producida por el viento y por insectos. Cuando ésta no se produce, las partes del receptáculo que constituye el fruto, ante la falta de hormona, por la ausencia de fecundación, no aumenta de grosor y en al-

gunos casos se produce deformaciones de frutos.

Evaluaciones realizadas en invernadero con frutillas y con las especies de abejorro *Bombus terrestris* y *Bombus dahlbomii*, mostraron a esta última, sin capacidad para pecorear flores de frutilla y sin capacidad para desarrollar la colonia al interior de un invernadero. Por otra parte, bajo estas condiciones *B. terrestris*, fue capaz de visitar flores de frutilla (**Fotos 45 y 46**), aumentar el número promedio de frutos cuajados por planta, su peso promedio y longitud de frutos (**Cuadro 33**). Finalmente, esto significa concentrar la producción en calibre Extra y 1 (**Cuadro 34**), que es la que alcanza mejor precio a nivel nacional e internacional (Peñaloza, 2004).

En relación al porcentaje de frutos deformes obtenidos con *Bombus terrestris*, este alcanzó un 2,25 %, sin mostrar diferencias con el tratamiento sin insectos y el cual presentó un 3,25 % de frutos deformes. Se observó que los frutos deformes obtenidos con el uso de *B. terrestris*, fueron debidos a la acción de obreras y machos de esta especie, que en busca de polen y de néctar pecoreaban varias veces la



Fotos 45 y 46.
Bombus terrestris, visitando flores de frutillas.

Cuadro 33. Efecto del uso de *Bombus terrestris*, en el número, peso promedio y longitud de frutos de frutilla cultivada bajo invernadero (La Platina, agosto-octubre, 2003).

Tratamiento	Número frutos/planta	Peso frutos/planta (g)	Longitud promedio (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)
<i>Bombus terrestris</i>	11,9 a	8,45 a	35,6 a	19,9 a
Sin insectos	8,6 b	5,57 b	29,1 b	11,2 a

Letras diferentes entre sí, denotan diferencias estadísticas ($P=0,05$).

Cuadro 34. Efecto del uso de *Bombus terrestris*, en la distribución de calibre de frutos de frutilla, cultivada en invernadero (La Platina, agosto-octubre, 2003).

Categoría	Diámetro ecuatorial (mm)	Porcentaje de frutos en cada calibre	
		<i>Bombus terrestris</i>	Sin insectos
Extra	> 25	30 a	15 a
1-2	> 18	52,5 a	45 a
3	< 18	17,5 b	40 a

Letras diferentes entre sí, denotan diferencias estadísticas ($P=0,05$).

misma flor, dañando el receptáculo y observándose marcas necróticas como las presentadas en la Fotos 47 y 48.

Las razones pueden haber sido: exceso de individuos para la superficie evaluada; una colonia de 50 individuos/20,8 m²; baja disponibilidad de flores con polen y néctar en el momento que se determinó el daño y que las plantas presentaban 90 %

de pétalos caídos. De manera que *B. terrestris*, poliniza mejorando el número, peso y calibre de los frutos, pero se debe tener cuidado que en el momento de la liberación de los abejorros, la planta presente sobre 25 % de floración y la colmena tenga suficiente disponibilidad de jara-be y de polen en la caja donde se mantiene la colonia.



Foto 47 y 48. Daño producido por *B. terrestris* en frutillas.

APLICACIONES EN DIFERENTES CULTIVOS

Pimiento

En pimiento se ha comprobado que el uso de *Bombus dahlbomii*, mejora el número

de semillas y peso de semilla en comparación con la polinización manual, sin afectar la germinación (**Cuadro 35**).

Cuadro 35. Número, peso y porcentaje de germinación de semillas de pimiento variedad SZZ (Pomaire, enero-abril, 2003).

Tratamiento	Número de semilla/fruto	Peso semilla/fruto (g)	Porcentaje de germinación (%)
<i>Bombus dahlbomii</i>	18,82	2,00	70,0
Manual	11,37	0,83	68,8

Brócoli

En brócoli, se ha observado la actividad de *B. terrestris* (**Fotos 49 y 50**) y *B.*

dahlbomii (**Fotos 51 y 52**), determinando como se muestra en el **Cuadro 36**, el número de flores que visita en un minuto.



Fotos 49 y 50. *B. terrestris* en flores de brócoli.



Fotos 51 y 52. *B. dahlbomii*, en flores de brócoli.

Cuadro 36. Número de flores visitadas por *B. terrestris* y *B. dahlbomii*/minuto.

Tratamiento	Número de flores/segundo	Segundo/flor	Número de flores/minuto
<i>Bombus terrestris</i>	0,4	2,5	24
<i>Bombus dahlbomii</i>	0,2	5,0	12

Melón

El uso de *Bombus terrestris*, también se ha comprobado que mejora el tamaño y peso

de frutos de melones en comparación con abejas (**Cuadro 37 y Fotos 53 y 54**).

Cuadro 37. Peso, número y peso de semillas por fruto y porcentaje de germinación de semillas de melón *Cucumis melo* cv. Money Dew.

Tratamiento	Peso frutos (Kg)	Número de semillas/fruto	Peso de semilla/fruto (g)	Porcentaje de germinación (%)
<i>Bombus terrestris</i>	3,21 a	453 a	13,81 a	89,4 a
<i>Apis mellifera</i>	2,25 b	445 a	11,64 a	87,5 a

Medias seguidas de igual letra no difieren entre sí ($p=0,05$).



Fotos 53 y 54. *B. terrestris*, visitando flores de melón.

Canola o raps

La actividad polinizadora de *Bombus terrestris* en comparación con abejas (*Apis mellifera*), sobre cultivo de canola destinado a producción de semilla, fue demostrado utilizando jaulas de exclusión. Antes de iniciar la liberación de los abejorros, en ambas divisiones de la jaula se procedió a determinar el porcentaje de flores femeninas abiertas, el número total de flores y número total de plantas por hilera, como se indica en el **Cuadro 38**. El porcentaje de flores masculinas abiertas en esa fecha superaba el 50%.

Desde el momento de la liberación de las colmenas de abejorros realizada a las 14:15 PM, se procedió a observar el número de individuos que salía de cada colmena en 5 minutos (**Cuadro 39**).

Cuadro 39. Actividad de salida de abejorros *B. terrestris* 5 minutos después de su liberación (Linderos, Enero 2005).

Colmena	Hora	Salidas
1844	14:15-14:20	48
1852	14:20-14:23	70

Como se observa en el Cuadro 39, la colmena número 1844, tuvo una salida de 48 abejorros en 5 minutos y la colmena 1852 en 3 minutos tuvo una salida de 70 abejorros.

Quince minutos después de la primera salida de los abejorros se observó el número de visitas de obreras a flores masculinas y femeninas (**Foto 55 y 56**), determinando el número de flores masculinas y femeni-

Cuadro 38. Porcentaje de flores femeninas abiertas, número total de flores/hilera y número de plantas femeninas por hilera para ambos tratamientos (Linderos, Enero 2005).

Tratamiento	% de floración	Nº plantas/hilera	Flores totales
<i>B. terrestris</i>	5,1	29	7348,6
<i>Apis mellifera</i>	6,7	28	5934,6



Fotos 55 y 56. Visita a flor de canola por *B. terrestris*

nas que era capaz de visitar en 1 minuto y el tiempo de permanencia en la flor (**Cuadro 40**), también se observó el número de abejorros que mostraban polen de canola en sus patas (**Cuadro 41**).

En los monitoreos siguientes se verificó actividad de *Bombus terrestris* como se muestra en los **Cuadros 42 y 43**.

Cuadro 40. Número de flores masculinas y femeninas de canola , visitadas por una obrera de *B. terrestris* y abejas *Apis mellifera* en 1 minuto y tiempo de permanencia (segundo) (Linderos, Enero 2005).

Tratamiento	Flor	Nº visitas/ 1 minuto	Permanencia del insecto en cada flor (segundos)
Bombus	Masculina	11,5	5,2
Abeja	Masculina	8	7,5
Bombus	Femenina	12	5,0
Abeja	Femenina	0,33	180,0

Cuadro 41. Nº de obreras de *B. terrestris* con polen de Canola en el tercer par de patas y número de abejorros sobre las hileras a los 15 minutos de liberadas (Linderos, 12 Enero 2005).

Nº de obreras/ hilera	Hilera	Polen patas	% polen patas
10	macho	10	100
5	hembra	1	20

Cuadro 42. Actividad de entrada, salida e ingreso de obreras de *B. terrestris* con polen durante 5 minutos (Linderos, Enero 2005).

Colmena	Fecha	Hora	Entradas	Salidas	% Ingreso con polen
1852	13-01-05	10:13-10:18	4	5	50
		10:43-10:48	3	3	66,6
		11:13-11:18	3	8	33,3
1844	13-01-05	10:13-10:18	4	3	75
		10:43-10:48	0	2	0
		11:13-11:18	5	3	40
1852	21-01-05	10:13-10:18	9	10	0
1844	21-01-04	10:30-10:38	15	7	0
		10:40-10:45	7	7	0

Cuadro 43. N° de obreras de *B. terrestris* con polen de Canola en el tercer par de patas y número de abejorros sobre las hileras/minuto (Linderos, 13 Enero 2005).

N° de obreras/ hilera	Hilera	Polen patas	% polen patas
22	hembra	11	50
18	macho	10	55,5

La actividad de ingreso de las obreras con polen de canola, el día 13 de Enero, se explica porque en ese periodo las flores masculinas estaban en plena flor, lo que no ocurrió en 21 de Enero cuando ya no se presentaban flores masculinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AALDERS, L., and I. HALL. 1961. Pollen incompatibility and fruit set in lowbush blueberries. Can. J. Genet. Cytol.3: 300-307.
2. ABAD, M., and J. GUARDIOLA. 1986. Fruitset and development in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under protected conditions during the cool season in the Southeastern Coast Region of Spain. The response to exogenous growth regulators. Acta Hortic. 191: 123- 132.
3. ABALLAY, E. 1985. Análisis del establecimiento de *Bombus ruderatus* (F.). Evaluación del manejo de *Bombus dahlbomii* (G.) y *Bombus ruderatus* (F.) en domicilios artificiales. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile. 86 pp.
4. ABALLAY, E., Y P. ARRETZ. 1986. Análisis del establecimiento en Chile de *Bombus ruderatus* (F.) introducido para la polinización del trébol rosado (*Trifolium pratense* L.). Investigación Agrícola (Chile) 9:31-36.
5. ABAK, F., N. SARI, M. PAKSOY, O. KAFTANGLU, H. YENINAR, R. FERNANDEZ-MUÑOZ, J. CUARTERO, and M. L. GOMEZ GULLAMON. 1995. Efficiency of bumble bees on the yield and quality of eggplant and tomato grown in unheated glasshouses. Acta Hortic. 412: 268- 274.

6. ABRAHAMOVICH, A. H., N. B. DIAZ, and J. J. MORRONE. 2004. Distributional patterns of the neotropical and andean species of the genus *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). *Acta Zoológica Mexicana* 20(1): 99- 117.
7. ADDICOTT, F.T. 1983. Abscissic acid in abscission. *In*: Abscissic acid (ed. F.T. Addicott), Praeger Publisher, New York, p. 269-300.
8. AIZEN, M., D. VAZQUEZ, and C. SMITH-RAMIREZ. 2002. Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica Austral. *Revista Chilena de Historia Natural*. 75: 79-97.
9. ALFORD, D. V. 1975. Bumble bees. Davis -Poynter Ltd. London, U.K. 352pp.
10. ALLEN, W. W., and S. E. GAEDE. 1963. Strawberry pollination. *Jour. Econ. Ent.* 56: 823- 825.
11. ARAYA, G. 1996. Caracterización de la floración del palto (*Persea americana* Mill.) en los cultivos Bacon, Edranol, Hass, Negra de la Cruz y Zutano para la zona de Quillota, V región. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile. 77pp.
12. ARRETZ, P.V., and R.P. MACFARLANE. 1986. The introduction of *Bombus ruderatus* to Chile for red clover pollination. *Bee World*. 67: 15- 22.
13. ASADA, S., and M. ONO. 1996. Crop pollination by Japanese bumblebee, *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae): tomato foraging behavior and pollination efficiency. *Appl. Entomol. Zoo.* 32: 581- 586.
14. BANDA, H. 1990. Pollination of greenhouse tomatoes by honeybees and bumblebees. Thesis. Ph. University of Wales of Cardiff, School of pure and Applied Biology. Cardiff, UK.1990. 236 pp
15. BOLCKMANS, K., and P. MARC. 1996. The pollination of strawberries. *Fruit- Belge* N° 464. 185- 192.

16. BONFANTE, S. 1970. Pollination of the strawberry. Conv. Naz. della Fragola, Atti. Cesena, Italy. 4: 291- 296.
17. BUCHMANN, S. 1992. Buzzing is necessary for tomato flower pollination. Bumble-Bee Quest 2: 1-3.
18. CASTAÑEDA, A., A. EQUIHUA, J. VALDES, F. BARRIENTES, G. ISH-AM, and S. GAZIT. 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los Estados de México y Michoacán, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 129-136.
19. CHITUNG CHEN and FENGKONG F. 1996. Evaluation of pollination efficiency of the bumble bee (*Bombus terrestris* L.) on greenhouse tomatoes. Chinese Journal of Entomology 16(3): 167- 175.
20. CONNOR, L. J. 1970. Studies of strawberry pollination in Michigan..Ark. Agr. Ext. Serv. Misc. Pub. 127, 157- 162.
21. CORBET, S. A., I. WILLIAMS, and J. OSBORNE. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. Bee World. 72 (2): 47- 57.
22. CRIBB, D. M., D. W. HAND, and R. N. EDMONDSON. 1993. A comparative study of effects of using honeybee as a pollinating agent of glasshouse tomato. J. of Hortic. Sci. 68 (1): 79- 88.
23. CRISTOFFANINI, L. 1996. Caracterización de la floración en paltos (*Persea americana* Mill) cvs. Fuerte, Gawn, Whitsell y Esther. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile. 81pp
24. CRUDEN, R. 1997. Implications of evolutionary theory to applied pollination ecology. Acta Hortic. 437: 27- 45.
25. CUARTERO, J., J. COSTA, and F. NUEZ. 1987. Problems of determining parthenocarpy in tomato plants. Sci Hortic. 32: 9- 15.

26. DE OLIVEIRA, D., S.PION, and R. PARADIS. 1983. Entomogamie et production du fraisier Redcoat, *Fragaria x ananassa* Such, au Québec. Bull. Soc. Entomol. Fr. 88: 356-359
27. DESJARDINS, E-C., and D. DE OLIVEIRA. 2006. Comercial Bumble Bee *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) as a Pollinator in Lowbush Blueberry (Ericale: Ericaceae) Fields. J. Econ. Entomol. 99: 443-449.
28. DOGTEROM, M., J. MATTEONI, and R. PLOWRIGHT. 1998. Pollination of greenhouse tomatoes by the north american *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae). J. Econ. Entomol 91(1): 71- 75.
29. DONOVAN, B., and R. MACFARLANE. 1984. Bees and Pollination in New Zeland pest and beneficial insect. Lincon University College of Agriculture, New Zeland. 247- 270.
30. DUCHATEAU, M. J., and H. VELTHUIS. 1988. Development and reproductive strategies in *Bombus terrestris* colonies. Behaviour. 107: 3- 4, 186- 207.
31. ESCAFF, M. 1992. El tomate para cultivo en invernadero. En Seminario Producción de Hortalizas Bajo Plástico. 23- 24 de Septiembre, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigaciones Intihuasi, Illapel, Chile. 22- 58 pp.
32. ESTAY, P., A. WAGNER, y M. ESCAFF. 2001. Producción de abejorros en Chile. Revista Tierra Adentro N° 37, Marzo- Abril, 14- 15.
33. ESTAY P., A. WAGNER y M. ESCAFF. 2001 Evaluación de *Bombus dahlbomii* (GUÉR.) como agente polinizador de flores de tomate *Lycopersicon esculentum* (MILL), bajo condiciones de invernadero. Agric. Téc., abr. 2001, vol.61, N°2, p.113-119.

34. ESTAY P. y M. CARVAJAL. 2005. Domesticación y crianza continua de los abejorros *Bombus terrestris* y *Bombus dahlbomii* en Chile. Resumen: Primer Simposio Chileno de Control Biológico. INIA Quilamapu. Chillán. Pag 76.
35. ESTAY P., N. VITTA. y V. AGUILAR G. 2005. Conducta polinizadora de *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) sobre palto *Persea americana*. Resumen: Primer Simposio Chileno de Control Biológico. INIA Quilamapu. Chillán. Pag 32.
36. ESTAY P. y N. VITTA P. 2006 Conducta polinizadora de *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) sobre Kiwi (*Actinidia chinensis* Planch). 57 Congreso Agronómico de Chile. U. Santo Tomas, Santiago octubre 2006.
37. FREE, J.B. AND C.G. BUTLER. 1959. Bumble bees. The new naturalist. Collins. London. 209 pp.
38. FREE, J. B. 1968. The foraging behaviour of honeybees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus* spp.) on blackcurrant (*Ribes nigrum*), raspberry (*Rubus idaeus*) and strawberry flowers (*Fragaria ananassa*). Jour. Appl. Ecol 5: 157- 168.
39. FREYTAG, G. 1979. Metaxenia effects on pod size development in the common bean. J. Hered. 70: 444-446.
40. GARCIA, M. 1997. Caracterización de la floración del palto (*Persea americana* Mill.) en los cultivares Hass, Fuerte, Whitsell, Gwen y Esther en Quillota, V región. Taller de Licenciatura. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile. 42 pp.
41. GARIGLIO, N. 2004. Ecofisiología de la frutilla (*Fragaria* spp.) Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Cultivos intensivos Documento de extensión N° 31. Esperanza, Santa Fé, Argentina. 32pp.

42. GENISSEL, A., P. AUPINEL, C. BRESSAC, J-N. TASEI, and C. CHEVRIER. 2002. Influence of pollen origin on performance of *Bombus terrestris* micro-colonies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 104: 329-336.
43. GIACONI, V y M. ESCAFF. 1998. Cultivo de Hortalizas. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 332 pp.
44. HARDER, L. 1983. Flower handling efficiency of bumble bees: morphological aspects of probing time. *Oecologia* 57: 274-280.
45. HENRICH, B. 1979. Bumblebee economics. Harvard University Press, Cambridge. 1979.
46. HERNANDEZ, F De P. 1991. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cultivar Hass, para la zona de Quillota, V Región. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile. 161 pp.
47. HUGHES, H. M. 1961. Preliminary studies on the insect pollination of soft fruits. *Expt. Hort.* 6: 44.
48. ISH-AM, G., and D.EISIKOWITCH.. 1993. The behaviour of honey bees (*Apis mellifera*) visiting avocado (*Persea americana*) flowers and their contribution to is pollination. *Journal of Apicultural Research* 32(3/4): 175-186.
49. ISH-AM, G., Y. REGEV, Y. PETERMAN, E. LAHAV, CH. DEGANI, R. ELBATZRI, and S. GAZIT. 1998. Improving avocado pollination with bumblebees: 3 seasons summary. *California Avocado Society. Yearbook.* 82: 119-135.
50. ISH-AM, G. 2004a. Avocado pollination basic- a short review. 2do Seminario Internacional de Paltos. Valparaíso, Chile. 1-11 p.
51. ISH-AM, G. 2004b. Pollination of avocado in Israel: practice and experiments- a short review. 2do Seminario Internacional de Paltos. Valparaíso, Chile. 1- 3 p.

52. ITO, M. 1985. Supraspecific classification of bumblebees based on the characters of male genitalia. Contributions from the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University (B) 20: 143 pp.
53. JAVOREK, S.K., K. E. MACKENZIE, and S. P. VANDER KLOET. 2002. Comparative pollination effectiveness among bees (Hymenoptera: Apidae) on lowbush blueberry (Ericaceae: *Vaccinium angustifolium*). Ann. Entomol. Soc. Am. 95: 345- 351.
54. JELVES I y J. ÑANCO. 2006. Manual de alimentación mapuche. www.estudiosindigenas.cl/trabajados/manual_alimentación.
55. JOSEPH, C. 1960. Investigaciones biológicas sobre Himenópteros de Chile (melíferos). Publicación del Centro de Estudios Entomológicos. Universidad de Chile. Facultad de Filosofía y Educación. Santiago, Chile. 23pp.
56. KOIDE, T. and O. HAYASHI. 1993. Studies on the use of bumblebees in fruiting vegetables. I. Foraging behaviour in the greenhouse and effects of bumblebees on fruit quality and setting of cherry tomato. Research Bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Centre. 25: 165-170.
57. KARLEZI, D. 1999. Producción de tomate mediante polinización entomófila con *Bombus terrestris*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Quillota, Chile. 66pp.
58. LÓPEZ, E. 1997. Uso Comercial de abejorros polinizadores (*Bombus*) en cultivos hortícolas. Revista Empresa y Avance Agrícola. 4: 8-9.
59. MACFARLANE, R. P., and B. DONOVAN. 1976. Bees and pollination in "New Zeland Insect Pest". Ed. D.N. Ferro. Lincon Agricultural College: 221-240.
60. MACFARLANE, R. P., J. J. LIPA, and H. J. LIU. 1995. Bumblebee pathogens and internal enemies. Bee World 76:130- 148.

61. MCIVOR, C. A., and L. A. MALONE. 1995. *Nosema bombi*, a microsporidian pathogen of the bumble bee *Bombus terrestris* (L.). New Zealand Journal of Zoology. Vol. 22: 25- 31.
62. MAPPELLI, S., C. FRORA, G. TORTI, and G. SORESSI. 1978. Relationship between set, development and activities of growth regulators in tomato fruits. Plant and Cell Physiol. 19: 1281- 1288.
63. MARABOLI, A y M. RUIZ. 1985. Evaluación del establecimiento de *Bombus ruderatus* y estudios preliminares de biología, población y acción polinizadora de *Bombus dahlbomii* en trébol rosado (*Trifolium pratense*) en la novena Región. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Santiago, Chile. 114pp.
64. MARTÍNEZ J, M. KALIN, J. MPODOZIS, P. ESTAY, A. PALACIOS, y A. VIELMA. 2005. Sensibilidad espectral y preferencia innata por colores de *Bombus dahlbomii* (Guér). Resumen: XXVII Congreso Nacional de Entomología. Valdivia, pag 32.
65. MEISELS, S., and H. CHIASSON. 1997. Effectiveness of *Bombus impatiens* Cr. as pollinators of greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). Acta Hortic. 437: 425- 428.
66. MENA, F. 1997. Caracterización de la floración del palto (*Persea americana* Mill.) en los cultivares Zutano, Bacon, Negra de la Cruz y Edranol en Quillota, y determinación de la viabilidad del polen del palto cv. Hass, a través de dos métodos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile. 75 pp.
67. MOMMERS, J. 1961. Pollination of strawberries under glass. Bijenteelt 63: 138- 139.
68. MONTEALEGRE, A. 1927. Biología de los insectos Chilenos. Cap 4: El moscardón (*Bombus dahlbomii* Guér). Revista Chilena de Historia Natural. 31: 165-172 pp.

69. MOORE, J. N. 1969. Insects pollination of strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94(4): 362- 364.
70. MORAGA, E. J. A. 2000. Aspectos de biología reproductiva en arándano, *Vaccinium corymbosum* L. cv. Blue-ray y efectos de distintos tipos de polinización en su fructificación. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 152pp.
71. MULCAHY, D. L., and G. B. MULCAHY. 1987. The effects of pollen competition. Am. Sci. 75: 44- 50 pp.
72. MUÑOZ, C. D. 2000. Aspectos de biología reproductiva del arándano, (*Vaccinium corymbosum* L. Cv Elliot) y el efecto en la fructificación de diversos tipos de polinización. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 152pp.
73. NEIRA, M. A., ULLOA, M., CARRILLO, R. Y M. RIVERO. 2003. Entomofauna asociada a flores de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) y rol en su polinización. Agro-Ciencias 19:81-87.
74. PAYDAS, S., N. KASKA, and O. KAFTANOGLU. 2000. Effects of different pollinators to the yield and quality of strawberries. Acta Hort. 522: 209- 215 pp.
75. PEÑALOZA, I. M. A. 2004. Evaluaciones de *Bombus terrestris* y *Bombus dahlbomii* (Hymenoptera: Apidae) como polinizador de flores de frutilla (*Fragaria ananassa*) cultivada bajo invernadero. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de las Américas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Santiago, Chile. 99 pp.
76. PICKEN, A. 1984. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Horticultural Science. 59 (1): 1- 13.
77. PORPOROTTO, M., M. PINNA, and F. MARLETTO. 1995. *Bombus terrestris* (L) e *Apis mellifera* L. nell'impollinazione del peperone coltura protetta. Colture Protette N° 6: 49- 54.

78. PRYS-JONES, O. E., and S.A CORBET. 1987. Bumblebees. Naturalist Handbooks. Cambridge University Press. 86pp.
79. PALACIOS, J. 1994. Evaluación de *Bombus ruderatus* (F.) (Hym.: Apidae) como agente polinizador del arándano *Vaccinium macrocarpon* Ait. 92 p. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile.
80. PRITTS, M.P. and M.J. KELLY. 2004. Weed competition in a mature matted row strawberry planting. HortScience 39:1050-1052.
81. RIBEIRO, M., M. J. DUCHATEAU, and H. VELTHUIS, H. 1996. Comparison of the effects of two kinds of commercially available pollen on colony development and queen production in the bumble bee *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae). Apidologie. 27 (3): 133- 144.
82. RUIJTER, A. 1997. Commercial bumblebee rearing and its implications. Acta Hortic. 437: 261- 269.
83. RUZ, L., and R. HERRERA. 2001. Preliminary Observations on Foraging Activities of *Bombus dahlbomii* and *Bombus terrestris* (Hym: Apidae) on Native and Non-Native Vegetation in Chile. Proc. 8th Pollination Symp. Eds. P. Benedek and K. W. Richards. Acta Hortic. 561: 165-169.
84. SHOEMAKER. 1955. Small fruit culture. McGraw- Hill Publishing Co., In., New York. 441pp.
85. SIVORI, M., M. MONTALDI y P. CASO. 1984. Fisiología vegetal. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 681 pp.
86. SKREBTSOVA, N. D. 1957. Role of bees in pollination of strawberries. Pchelovodstvo 34 (7): 34- 36.

87. SKREBTSOVA, N. D. 1958. Effectiveness of the saturated pollination of strawberries by bees. Biull. Nauchno-Tekh. Inform (Nauchno- Issled. Inst Pchelovod) (3- 4): 25- 26.
88. SLADEN, F. W. 1989. The Humble-bee. Logaston Press. London, England. 273 pp.
89. STUBBS, C., and F. DRUMMOND. 2001. *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae): an alternative to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) for lowbush blueberry pollination. J. Econ. Entomol. 94: 609- 616.
90. SUDZUKI, F. 1992. El cultivo de la frutilla. Revista El Campesino. N° 123.20-23 pp.
91. TAPIA, P.1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass para la zona de Quillota, V Región. Taller de Licenciatura. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Quillota, Chile. 82 pp.
92. TERAS, I. 1976. Flower visits of bumblebees, *Bombus latr.* (Hymenoptera: Apidae), during one summer. Ann. Zool. Fenn. 13: 200- 232 pp.
93. TESI, R., and F. TOGNONI. 1986. Influence of low temperatures on the greenhouse production of Solanacea plants in mild winter areas. Acta Hortic. 191: 209-219.
94. UNIVERSIDAD DE CORNELL. <http://www.nysaes.cornell.edu/pherolist/phlist/vitula/html>
95. VAN DEN EIJNDE, J. 1990. Bumblebees can pollinate tomatoes in greenhouses throughout the growing season (jan-sept). Apidologie. 21: 4, 330-332.
96. VAN DEN EIJNDE, J., A. RUIJTER, and J. VAN DER STEEN.1991. Method for rearing *Bombus terrestris* continuously and the production of bumble bee colonies for pollination purposes. In 6th Pollination Symposium. Acta Hortic. 288: 154- 158.

97. VAN RAVENSTIJN, W., and J. VAN DER SANDE. 1991. Use of bumble bees for the pollination on glasshouse tomatoes. *Acta Hortic.* 288: 204- 212 pp.
98. VECCHIO, M., C. ANSANELLI, C. DI GIOVANNANTONIO, L. GIUSTINIANI, and A. GRAIFENBERG. 1996. Bumble bees and hormones used in greenhouse tomatoes. Centro Dimostrativo Orticolo Floricolo Arsial, Formia, Italy. *Colture-Prottete*. 25:3. 101-105.
99. VITTA N., P. ESTAY y M. ESCAFF. 2005. Evaluación de *Bombus terrestris* reproducidos en Chile como polinizador de flores y mejorador del rendimiento en frutilla (*Fragaria chilensis*) variedad Camarosa cultivada al aire libre. Resumen: Primer Simposio Chileno de Control Biológico. INIA Quilamapu, Chillán. p 33.
100. WHIDDEN, T. 1996. The fidelity of commercially reared colonies of *Bombus impatiens* Cresson (Hymenoptera: Apidae) to lowbush in southern New Brunswick. *Can. Entomol.* 128. 957-958.
101. WILLIAMS, P.H. 1996. Mapping variations in the strength and breadth of biogeographic transition zones using species turnover. *Proceedings of the Royal Society (Biological Sciences)*, 263: 579-588.
102. WILLMER, P. 1983. Thermal constraints on activity patterns in nectar-feeding insects. *Ecol. Entomol.* 8: 455- 469.
103. WRATT, E. 1968. The pollinating activities of bumble bees and honey bees in relation to temperature, competing forage plants, and competition from other forages. *Journal of Apicultural Research*. 7(2): 61- 66.