

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA DE FRUTICULTURA

TALLER DE LICENCIATURA

EVALUACIÓN DE LA POLINIZACIÓN Y CUAJA EN PALTO (*Persea americana* Mill.) MEDIANTE EL USO DE *Bombus terrestris* (Hymenóptera: Apidae) EN LA LOCALIDAD DE QUILLOTA, V REGIÓN.

PAULA ANDREA FRIED AGOSÍN

QUILLOTA CHILE
1999

ÍNDICE DE MATERIAS

1. INTRODUCCIÓN

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Distribución y mercado internacional

2.1.1. Estacionalidad de la producción mundial

2.1.2. Tendencias de la industria del palto a nivel mundial

2.2. Distribución y mercado nacional

2.3. Antecedentes de la especie

2.4. Características del cultivar Hass

2.5. Sistema reproductivo

2.5.1. Floración

2.5.1.1. Descripción de las flores

2.5.1.2. Grupos florales

2.5.1.3. Época y duración de la floración

2.5.1.4. Cuaja y caída de frutos

2.6. Influencia de los factores climáticos en la floración

2.6.1. Temperatura

2.6.2. Viento

2.6.3. Humedad atmosférica

2.7. Problemas de producción

2.8. Polinización

2.8.1. Tipos de polinización

2.8.2. Agentes polinizadores

2.8.3. Variedades polinizantes

2.9. Clasificación de *Apis mellifera* y *Bombus terrestris*

2.9.1. Característica de la abeja melífera como agente polinizador

2.9.2. Característica de *Bombus terrestris* como agente polinizador

2.9.3. *Bombus terrestris* y *Apis mellifera* como polinizadores del palto

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Materiales

3.1.1. Ubicación del estudio

3.1.2. Características de los huertos utilizados

3.1.3. Colmenas de abejorros

3.1.4. Ubicación de las colmenas

3.1.5. Colmenas de abejas

3.1.6. Material vegetal

3.2. Mediciones

3.2.1. Evaluación de la actividad de *Bombus terrestris*

3.2.2. Determinación de cuaja

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Evaluación de la actividad de *Bombus terrestris*

4.1.1. Evaluación de la actividad de *Bombus terrestris* a través del tiempo y a distintas distancias en Huerto "Hass 1992"

4.1.2. Evaluación de la actividad de *Bombus terrestris* a través del tiempo y a distintas distancias en Huerto "Hass 1995"

4.1.2. Resumen de la actividad de *Bombus terrestris* en huerto "Hass" 1992 y 1995

4.2. Determinación del número de frutos cuajados

7. CONCLUSIONES

6. RESUMEN

7. LITERATURA CITADA

ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

El palto (*Persea americana* Mill.) es una especie que ha experimentado un aumento sostenido de la superficie nacional plantada en los últimos años, con una tasa de plantación de 1000 ha al año, debido a la gran rentabilidad que presenta este cultivo, además de la apertura de nuevos mercados que trae consigo un aumento de las exportaciones chilenas.

Debido a lo anterior, existe un aumento considerable de las producciones y un incremento en el consumo nacional (2,4 kg por habitante al año) e internacional (9 kg por habitante al año en México), especialmente de la variedad Hass, la cual ha sido aceptada en casi todos los mercados mundiales sobrepasando a la variedad Fuerte (ORTÚZAR, 1996).

En la actualidad el cultivo de palto en Chile presenta diversos problemas de producción que se aprecian a nivel de polinización, producciones bianuales y fuertes caídas de fruta.

Problemas de polinización y cuaja parecen ser las causas principales de los bajos rendimientos en Chile, ya que la polinización se realiza mediante el uso de *Apis mellifera*, que por sus características, son poco activas con temperaturas bajas y días nublados durante la floración, condición que ocurre frecuentemente en Chile. Además, es importante considerar la baja atracción que tiene la flor del palto para la mayoría de los insectos, y en este caso especial para las abejas.

Se suma a lo anterior el fenómeno de dicogamia protogínea, madurando a destiempo los verticilios sexuales, lo que se traduce en una menor posibilidad de autopolinización de las flores. Además, la floración del palto

presenta dos patrones de floración A y B, los cuales se diferencian en los momentos de apertura floral, siendo complementarios para una adecuada polinización (BERGH, 1969).

Los valores térmicos registrados en la zona durante el proceso de floración no coinciden durante todo el período con los reportados como óptimos para el proceso de cuaja de fruta en la variedad Hass, por lo que un reducido número de flores serán efectivamente polinizadas durante la primera etapa de floración.

Por el aumento de superficie plantada que debe entrar en producción y por la creciente competencia en el mercado externo, es que la rentabilidad del cultivo del palto en Chile debería tender a una baja, debido al aumento de la oferta internacional de paltas. Por este motivo, es necesario buscar alternativas tecnológicas que permitan a los productores obtener producciones de acuerdo a la rentabilidad del cultivo.

De esta manera, se plantea la utilización de *Bombus terrestrís* como agente polinizador del palto, los cuales podrían actuar con umbrales térmicos menores y realizarían una labor más eficiente en el proceso de polinización cruzada que las abejas, al visitar el doble de flores por minuto y trasladar cinco veces más polen que estas, lo que se traduciría en aumentos de los rendimientos, y por consiguiente, aumento considerable de la rentabilidad del cultivo.

Es así como se presentan los siguientes objetivos :

- Evaluar la actividad de *Bombus terrestrís* bajo condiciones climáticas de Quillota y,
- Evaluar la capacidad de *Bombus terrestrís* como polinizador de palto en la localidad de Quillota.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Distribución y mercado internacional:

La superficie mundial de paltos, según antecedentes FAO, alcanza 357.222 ha en 1997, cifra que significa una tasa anual de 2,5% de incremento durante la década de los 90. De esta superficie, sobre el 26% se localiza en México, seguido por EE.UU. con el 7,5% y Chile, con el 4,7% (ODEPA, 1998).

La producción mundial de paltas se estima cercana a los 2,3 millones de toneladas anuales durante la temporada 1997, y exhibe también una tendencia creciente (1,7% anual), lo que indica que un importante número de huertos aún no entran en producción o se encuentran en etapa creciente del proceso de desarrollo (ODEPA, 1998).

En 1993, el continente americano concentró casi las tres cuartas partes de la producción mundial de paltas, siendo México el principal productor a nivel regional y mundial. Estados Unidos continúa siendo el segundo productor a nivel mundial, aunque su importancia relativa ha ido disminuyendo a medida que otros países han aumentado su producción (ORTÚZAR, 1996).

2.1.1. Estacionalidad de la producción mundial

Según ORTÚZAR (1996), existe una amplia disponibilidad de paltas en el mercado internacional para las distintas variedades y para las diversas zonas productoras como resultado de las interacciones de clima-variedad-madurez de cosecha. En algunos países, especialmente en zonas de México y California, la fruta de la variedad Hass se puede cosechar durante los 12 meses del año.

Chile produce variedades en períodos en que el hemisferio norte, especialmente Estados Unidos, presenta una baja oferta de Hass. En ese período, sólo Chile y México pueden abastecerlo (ORTÚZAR, 1996).

Países como México, Estados Unidos, Israel, España y Sudáfrica se presentan como los principales productores de palta a nivel mundial, pero además existen otros potenciales productores y exportadores que asumirán un papel más destacado durante los próximos años. Este es el caso de República Dominicana que es un país con grandes expectativas, lo que lo hace obtener un carácter amenazante para los exportadores chilenos (ORTÚZAR, 1996).

2.1.2. Tendencias de la industria del palto a nivel mundial

Uno de los principales hitos de la industria del palto durante los últimos 20 años ha sido el predominio de la variedad Hass sobre Fuerte en los principales países productores de palta de calidad. La amplia aceptación de Hass en casi todos los mercados mundiales ha aumentado la demanda por paltas de piel negra y rugosa en relación con las paltas de cascara verde y lisa (ORTÚZAR, 1996).

Sin embargo, Chile se encuentra en una situación cómoda en el escenario internacional de la palta, ya que posee las condiciones para producir Hass exitosamente durante un largo período (ORTÚZAR, 1996).

2.2 Distribución y mercado nacional:

El palto ha presentado un fuerte incremento en la superficie plantada nacional en los últimos años, obteniéndose una tasa de plantación de aproximadamente 1000 ha/año (RAZETO, 1996).

En la actualidad se ha llegado a 15.576 ha de paltos, lo que lo convierte en una de las especies frutales más importantes de Chile (ODEPA, 1998).

En cuanto a la distribución geográfica del cultivo del palto en Chile, la mayor superficie plantada se encuentra en la V región (9.237 ha), siguiendo en importancia la región metropolitana (3.672 ha), la VI (1.672 ha) y la IV región (791 ha) (MAGDAHL, 1998).

La producción también ha experimentado un paulatino y sostenido incremento, llegando a 60.000 toneladas en el año 1995 (Razeto, 1996). Según MAGDAHL (1998), se estima que este año la producción llegará a un total de 65 millones de kilos solamente de palta Hass y posiblemente sobre 80 millones de kilos como producción total.

RAZETO (1996) indica que el principal motivo de este "boom" radica en el éxito obtenido por las exportaciones de esta fruta. En 1994 se enviaron 18.700 toneladas y en 1995, 12.000 toneladas, lo que representó un ingreso de divisas del orden de 22,5 y 37,8 millones de dólares (FOB), respectivamente.

El principal destino de las exportaciones chilenas de palta es Estados Unidos, especialmente el estado de California. Los envíos corresponden

exclusivamente a la variedad Hass y se efectúan entre los meses de septiembre y noviembre (RAZETO, 1996).

El principal destino de la palta que se produce en Chile es el mercado interno, constituyendo entre el 70 a 80% de la producción (RAZETO, 1996). En tanto el consumo nacional es de 2,4 kg por habitante al año, cifra bastante alta, solamente sobrepasada por México con 9 kg por habitante al año (MAGDAHL, 1998).

Los mayores precios se alcanzan en los meses de enero y febrero para ir decreciendo hasta alcanzar el mínimo en julio-agosto, momento a partir del cual comienzan a repuntar (ODEPA, 1998). Durante los últimos cinco años los precios promedio libre a productor en el mercado interno han fluctuado entre los 450 a 700 pesos, superándose estos valores durante algunos períodos. Esto implica valores a consumidor superiores a los 800 pesos y de hasta 1.800 pesos por kg (MAGDAHL, 1998).

2.3. Antecedentes de la especie:

El palto (*Persea americana* Mill) pertenece al género *Persea*, familia de las Lauráceas, suborden Magnoliales, orden Ranales (IBAR, 1986). Es una planta nativa de América Central y zonas adyacentes del norte y sur de América (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990; SCORA y BERGH, 1992).

Las variedades o tipos pueden agruparse según una serie de caracteres, como lo son entre otros, su altura, tamaño, color del follaje, y la adaptación que presenta a las condiciones de clima en donde surgió como híbrido natural (CAUTÍN, 1996).

De esta forma, es posible agrupar a los distintos tipos botánicos en razas o variedades botánicas. Estas razas son: mexicanas, guatemaltecas y antillanas; existiendo además híbridos entre estas razas. En Chile se cultivan razas mexicana, guatemalteca e híbrido de ellas (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990; SCORA y BERGH, 1992).

No se sabe con exactitud la forma en que esta especie llega a Chile a mediados del siglo pasado, pero sí se tienen datos que fue en la zona de Quillota y Los Andes (CAUTÍN, 1996; BARROS y SÁNCHEZ, 1992).

A partir de la década de 1930, en un esfuerzo gubernamental, se introdujo una serie de variedades desde California, entre las que se pueden citar a Fuerte, Nabal, Queen, Ryan, Mexícola, y Hass entre otras, siendo esta última la de mayor importancia a nivel nacional (CAUTÍN, 1996).

2.4. Característica del cultivar Hass:

En la actualidad es el cultivar de mayor importancia en Chile. Gran parte del incremento en plantaciones con esta especie se debe a la importancia comercial que hoy día tiene en los mercados mundiales de palta (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

Esta variedad, de raza guatemalteca, se originó de una semilla sembrada en el sur de California. El árbol presenta un desarrollo mediano, de crecimiento erecto pero no piramidal. Es una variedad con un buen comportamiento productivo, es menos añero como huerto, presenta índice de precocidad interesante, obteniéndose fruta al segundo o tercer año (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

Es una variedad sensible a heladas, resistiendo sólo hasta $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos. Florece desde mediados o hacia fines de primavera, con una duración de tres meses, presentando un patrón de floración tipo A (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

El fruto es de forma piriforme, con cascara gruesa o cueruda, algo rugosa y ennegrece a medida que madura, con un peso que oscila entre 180 a 350 g. La cosecha se puede prolongar durante ocho meses en una misma zona, siendo en el caso de Quillota desde septiembre a abril (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

2.5. Sistema reproductivo:

2.5.1. Floración

2.5.1.1. Descripción de las flores

El palto presenta flores actinomorfas y hermafroditas, es decir, flores de una disposición regular o estrellada y flores bisexuales. Están compuestas por nueve estambres fértiles y un ovario sésil con estilo alargado; son pequeñas, miden 0,5 a 1,5 cm de diámetro cuando se encuentran totalmente abiertas, de color amarillo verdoso y densamente pubescente. El perianto está formado por tres sépalos y tres pétalos. Cada uno de los sépalos se encuentra opuesto a un estambre interno. Cada uno de ellos posee cuatro sacos polínicos y cuatro valvas por donde se libera el polen (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990).

Las flores se agrupan en una inflorescencia denominada panícula, es decir, alguno o la mayoría de los pedúnculos se ramifican formando un racimo de

racimos, que pueden ser axilar o terminal, estimándose unas 200 flores por panícula aproximadamente (TAPIA, 1993; CAUTÍN, 1996).

Las yemas florales del palto son generalmente indeterminadas, es decir, son yemas mixtas que contienen primordios florales latentes y un ápice vegetativo terminal. Sin embargo, ocasionalmente se han encontrado inflorescencias determinadas, correspondiendo a tipos de brotes que terminan con el crecimiento reproductivo (SCHROEDER, 1944).

Según TAPIA (1993), el palto presenta una característica notable, especialmente los árboles de raza mexicana y sus híbridos, que es el gran número de flores que forman. El palto tiene alrededor de un millón de flores, pero solo el 0,02% de ellas llega finalmente a fruto (BEKEY, 1989).

DE LA CUADRA (1998) señala la abundante floración que presenta el palto, sin embargo, gran cantidad de flores no cuajan o abortan por temperaturas bajas (menos de 12°C), de manera que con la presencia de abejas se logra mayor cantidad de flores cuajadas y se asegura una buena cosecha.

2.5.1.2. Grupos florales

Las flores del palto presentan un comportamiento muy especial, denominado dicogamia protogínea de sincronización diurna, lo que determina un doble ciclo de apertura (diantesis), donde las partes femenina y masculina de la flor maduran a destiempo (BERGH, 1969; DAVENPORT, 1992; GARCÍA, 1997; GARDIAZÁBAL, 1998; KOHNE, 1998).

Según BERGH (1969), el comportamiento floral es sincronizado y esta sincronía es diurna, ya que cada árbol se presenta al estado masculino en

una parte del día y femenino la otra parte del mismo día. Además, la dicogamia es protogínea, ya que la parte femenina de la flor (pistilo) madura antes que la masculina (estambres).

Según KOHNE (1998), las distintas variedades de palto pueden ser clasificadas en dos grupos, A y B, según sus momentos de apertura y cerrado floral, es decir, se basa en el comportamiento de las flores en relación con el tiempo en que las flores presentan la dehiscencia de las anteras y la receptividad del estigma. Esta sincronización de estados femenino y masculino permite que ocurra polinización cruzada entre cultivares complementarios (BERGH, 1969).

En las variedades tipo A, las flores primero abren al estado femenino en la mañana con su pistilo erecto y sobresaliente, estigma brillante, blanco y receptivo y las anteras sin producir polen. Luego se cierran y se reabren al estado masculino en la tarde del día siguiente, encontrándose en ese momento el pistilo no receptivo (GARDIAZABAL Y ROSENBERG, 1990).

Al comenzar el estado masculino (segunda apertura floral), las anteras aún no liberan polen, pero son ellas en este período la estructura sobresaliente; en cambio, el pistilo aparece cafoso y deshidratado (GARDIAZABAL, 1998).

En los cultivares tipo B, las flores abren primero al estado femenino en la tarde, estando su estigma receptivo, y las anteras sin producir polen. Luego se cierran al final de la tarde y se reabren al estado masculino en la siguiente mañana, actuando solamente como macho, ya que el estigma no está receptivo (GARDIAZABAL, 1998).

Dentro de esta clasificación (cultivares tipo A y B), las variedades Hass, Gwen y Esther pertenecen al grupo A; por el contrario las variedades Fuerte y Whitsell pertenecen al grupo B (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1990).

Sin embargo, esta floración con dicogamia no es absoluta, y existe la posibilidad que ocurra autopolinización. Por lo tanto, los frutos producidos pueden ser resultado de una polinización cruzada o de una autopolinización (CAUTÍN, 1996).

Además, un dato importante señala que las flores aparecen primero en el lado noreste y luego en el lado noroeste del árbol (SÁNCHEZ y PALOMARES, 1992).

2.5.1.3. Época y duración de la floración

Según GARDIAZABAL (1998)* en el caso de Chile, el cual presenta distintas estaciones durante el año, el palto presenta dos momentos de floración durante la temporada: el primero y más importante ocurre a fines de invierno y principio de primavera, luego que los árboles han pasado por un período de detención del crecimiento vegetativo; el segundo "flush" de floración es de menor importancia, presentándose a fines de verano y principio de otoño, dependiendo su expresión de las condiciones climáticas imperantes.

PAPADEMETRIOU (1976) señala que existe una variación entre cultivares en lo que respecta a la duración de la floración, encontrándose variedades que florecen durante ocho meses y otras durante dos meses, pero la

*Gardiazábal, F. Ing. Agr. 1998. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

mayoría de los cultivares presenta una floración de tres meses (SALAZAR-GARCÍA, LORD, LOVATT, 1998).

Según WOLSTENHOLME (1990), citado por GARCÍA (1997), la duración de la floración está influenciada por la magnitud que presente, la que a su vez está sincronizada por condiciones climáticas fuertes, como es el caso de temperaturas cálidas durante el período de brotes de yemas y desarrollo de panícula, y/o período de frío durante el período de inducción. Sin embargo, al no existir condiciones climáticas fuertes, el palto florece entre tres a cuatro meses, y esto varía según el cultivar. De esta forma, las variedades mexicanas producen un mayor número de flores más temprano y las guatemaltecas como es el caso de Hass, lo hacen hacia el final de la temporada (GARDIAZABAL y ROSENBERG, 1990).

2.5.1.4. Cuaja y caída de frutos

Para obtener una buena producción en paltos, se requiere de una exitosa inducción, diferenciación, polinización y cuaja, siendo esta última el factor que afectará el éxito final de un cultivar en una región determinada (BERGH, 1969).

Al respecto, LOVATT (1997) señala que la cuaja y el período temprano de caída de frutos es, desde el punto de vista de crecimiento, el estado más crítico del ovario en desarrollo.

Los frutos de palto pueden ser divididos en dos grupos: a) Frutos resultantes de flores en las cuales ocurrió polinización, pero en las que fracasó la fertilización y, b) Frutos provenientes de flores en las cuales la

polinización y fertilización se llevaron a cabo, resultando en un embrión normal y con semilla (LOVATT, 1997).

Además, la alta caída de flores y frutos observadas después de floración cuando las condiciones imperantes son adecuadas para la polinización y desarrollo del embrión (25°C de temperatura máxima y 20°C de mínima), indican que algunas funciones anormales de los procesos de cuaja pueden contribuir a una baja producción (LOVATT, 1997).

Se sugiere que los efectos de competencia pueden ser responsables de la abscisión, ya sea competencia entre frutos en desarrollo, así como también entre los frutos y el flush vegetativo en crecimiento. Esto además coincide con las reservas de almidón que caen rápidamente durante la floración y cuaja, llegando a niveles mínimos durante la caída de fruta de verano (LOVATT, 1997).

Además, los paltos tienen la última oportunidad de ajustar la carga durante el segundo "flush" vegetativo a mediados de verano. Condiciones de estrés en este tiempo pueden llegar a hacer perder sobre 400 frutos por árbol (LOVATT, 1997).

En la zona de Quillota para el cultivar Hass, GARDIAZÁBAL (1998)* señala dos fechas de caídas de fruto: la primera a mediados de diciembre y la segunda entre los meses de marzo y abril, siendo esta última la que definirá el número final de frutos que llegarán a cosecha.

* GARDIAZÁBAL, F. Ing. Agr. 1998. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

2.6. Influencia de los factores climáticos en la floración:

2.6.1. Temperatura

El palto tiene períodos bien definidos para cada variedad y zona, sin embargo, cualquier cambio en el clima afecta la regularidad, secuencia y continuidad del ciclo floral (BERGH, 1969)

La dicogamia está influenciada por la temperatura, observándose una alta correlación entre la temperatura y la apertura floral. Cuando a la apertura floral le precede un día frío y con niebla o lluvia durante la noche y estas condiciones se mantienen durante la apertura, se produce una inversión del ciclo floral para variedades de tipo A, liberándose el polen durante la mañana y la fase femenina durante la tarde. Sin embargo, variedades de tipo B bajo las mismas condiciones no presentan el estado femenino y las flores no abren por completo (SALAZAR-GARCÍA, LORD, LOVATT, 1998).

Altas temperaturas producen excesivo crecimiento vegetativo y, con bajas temperaturas se obtiene menos del 10% de las flores en estado femenino. La temperatura óptima para el desarrollo normal del ciclo floral para cultivares de tipo B es de 25°C como máxima diaria y 10°C como mínima nocturna. Los cultivares tipo A se adaptan a una máxima diaria de 20°C (SALAZAR-GARCÍA, LORD, LOVATT, 1998).

Según CAUTÍN (1996), la variedad Hass produce más fruta que la variedad Fuerte, lo que puede deberse a una penetración más eficiente del saco embrional de Hass, y a una mayor tolerancia de Hass a un rango mayor de temperaturas. Por lo anterior, cabe la posibilidad de que exista una

diferencia fisiológica en la respuesta a la temperatura en los cultivares tipo A y B.

2.6.2. Viento

BECKEY (1989) señala que el viento produce una serie de alteraciones en la cuaja y calidad de los frutos. Vientos mayores a los 10 km/h limitan el vuelo de los insectos y además perjudican la fecundación al tener efecto deshidratante. Si existen vientos costeros fríos disminuye el vuelo de las abejas y el crecimiento del tubo polínico, lo que reduce la cuaja, y por consiguiente, la cantidad de fruta.

El polen de las flores de palto es pesado y pegajoso, lo que dificulta su transporte por el viento, siendo las abejas las responsables de su movimiento (BECKEY, 1989; GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990). Además, BECKEY (1989) señala el gran beneficio del uso de cortinas cortavientos de variedades polinizantes, lo que favorece el vuelo de abejas y el desarrollo del tubo polínico al crear un microclima de las filas adyacentes.

2.6.3. Humedad atmosférica

Existe una alta relación entre la humedad atmosférica y la polinización. Con alta humedad relativa (80-95%) y vientos ligeros (14,4 km/hr), la superficie estigmática tiende a mantenerse blanca durante la segunda apertura floral. Cuando se presentan días ventosos, fríos y secos (40-75%) o con vientos superiores a 25,2 km/hr, los estigmas se secan rápidamente durante la segunda apertura e incluso durante la primera. Con condiciones ambientales de alta humedad, puede ocurrir autopolinización durante la segunda apertura

de la flor, no necesitando una transferencia de polen entre estados I y II (DAVENPORT, 1992).

2.7. Problemas de producción:

El palto presenta diversos problemas de producción, los que se aprecian a nivel de polinización, producciones bianuales y fuertes caídas de fruta, por lo cual se hace necesario la búsqueda de alternativas que permitan mejorarlos o atenuarlos, obteniendo una mayor cantidad de fruta de buena calidad que llegue a cosecha (GARDIAZÁBAL y GANDOLFO, 1996).

Problemas de polinización y cuaja parecen ser las causas principales de los rendimientos bajos en Chile (entre 5,6 y 21,5 ton/ha actualmente), lo que cae muy por debajo del rendimiento máximo teórico de 32,5 ton/ha. (GARDIAZÁBAL y GANDOLFO, 1996; WOLSTENHOLME, 1992).

Estos problemas de polinización y cuaja se atribuyen a la baja eficiencia en el traslado de polen desde la variedad polinizante a la variedad comercial, condiciones climáticas desfavorables para las abejas en algunos días durante la floración (son poco activas en días nublados o con temperaturas bajas en floración, situación frecuente en la zona de Quillota), y la presencia de flores más atractivas que la flor del palto en huertos vecinos (LOVATT, 1997).

Además, se suma el hecho que los valores térmicos registrados en la zona durante el proceso de floración no coinciden durante todo el período con los reportados como óptimos para el proceso de cuaja en la variedad Hass en otras latitudes, por lo que un reducido número de flores serán efectivamente polinizadas durante una primera etapa de floración. Además, temperaturas

bajas impactan negativamente la apertura floral, crecimiento del tubo polínico y viabilidad del óvulo (LOVATT, 1997).

Algunas prácticas culturales como la interplantación de polinizantes para aumentar la polinización cruzada, importación de abejas al huerto y el aumento de la actividad de estos insectos con el uso de feromonas, han dado como resultado un aumento de la polinización, fertilización y producción. Sin embargo, los resultados son a menudo variables, debido a los factores ambientales (LOVATT, 1997).

Un árbol adulto de palto puede llegar a producir entre medio millón a un millón de flores, sin embargo la fructificación varía desde 1 en 500 hasta 1 en 5.000 flores en tales árboles (ARAYA, 1996). Según GARDIAZÁBAL y ROSENBERG (1990), el palto es muy poco eficiente para la cuaja, ya que solo cuaja una flor de cada mil que abren; debido a lo anterior es que debe producir un alto número de flores para alcanzar producciones razonables. Además, excesiva abscisión de frutos recién cuajados, principalmente durante los primeros meses después de la polinización, conlleva a que menos del 0,3 % de las flores lleguen finalmente a cuajar frutos (DEGANI et al., 1986).

El cultivar Hass presenta debilidad como autopolinizante debido a diversos factores: problema a nivel de polen que impide la autopolinización, condiciones climáticas no favorables para un buen traslape de los estados florales que favorecen la polinización cruzada, o que el material genético de su polen esté en desventaja con otros donadores de polen, en cuanto a permitir una mayor supervivencia de frutitos pequeños (GARDIAZÁBAL y GANDOLFO, 1996).

2.8. Polinización:

Las plantas cultivadas destinadas a la producción de frutos y semillas deben ser polinizadas. Es decir, las flores de estas plantas deben recibir polen (de la misma especie) y recibirlo en cantidades suficientes para transformarse en frutos y semillas. De esta forma, la polinización se define simplemente como el transporte del polen desde la antera de una flor hasta el estigma de la misma o de otra flor (JEAN-PROST, 1989; ÁLVAREZ, 1995; LOVATT, 1997; ROOT, 1984).

La producción de fruta en la mayoría de los cultivos requiere de una adecuada polinización, lo que conducirá a la fertilización. De este modo, en cultivos como el palto, donde existe polinización abierta, la falta de polinización puede limitar la formación de fruta (GARDIAZÁBAL, 1998).

Según GARDIAZÁBAL (1998), estudios realizados en Israel demuestran que el porcentaje de flores con tubos polínicos que llegan al ovario es bastante bajo (máximo un 11%), pero a medida que el número de granos de polen en los estigmas se incrementa, hay un mayor número de flores con tubos polínicos que llegan al ovario, aumentando de esta forma la cuaja.

Temperaturas predominantes durante floración afectan la viabilidad del óvulo, germinación del polen y crecimiento del tubo polínico y esto incide en la cuaja del palto. Tanto bajas como altas temperaturas afectan adversamente el desarrollo del polen. Para árboles frutales tropicales, temperaturas bajo 15°C y sobre 33°C reducen la viabilidad del polen y temperaturas nocturnas bajo los 10°C reducen la germinación del polen. Junto con lo anterior, a temperaturas entre 12 y 17°C sólo un bajo porcentaje

de flores abre al estado femenino con estigmas receptivos; la mayoría abre solamente al estado femenino (LOVATT, 1997).

A bajas temperaturas, especialmente acompañadas de neblina y/o llovizna, se reduce dramáticamente la actividad de las abejas, lo cual también compromete la polinización (LOVATT, 1997).

Polinización y fertilización son dos procesos críticos para la cuaja que han sido el blanco para aumentar la producción en palto y para prevenir la abscisión de fruta durante el período de caída temprana (LOVATT, 1997).

El éxito de la polinización dependerá de: el estado general del cultivo, presencia de malezas, desinfecciones realizadas, presencia y distribución de variedades polinizantes, cantidad de colmenas por hectárea y el estado general de las colmenas de insectos polinizadores, entre otros (DE LA CUADRA, 1998).

2.8.1. Tipos de polinización

La autopolinización es la transferencia de polen al estigma de la misma flor, a estigmas de otras flores del mismo pie de planta o a flores de diferentes pie de planta del mismo genotipo (ÁLVAREZ, 1995). Este sistema de polinización es deficiente y limitado pudiendo ser realizado sin la intervención de un agente externo. Sin embargo, mecanismos más eficientes para este tipo de polinización son los insectos, viento, lluvia, y la gravedad (DE LA CUADRA, 1998).

Según JEAN-PROST (1989), la polinización cruzada es la transferencia de polen desde la flor de un cultivar de planta hasta la flor de otra planta de

cultivar distinto, provocando esta polinización entre cultivares autofecundos un aumento en la cosecha (ROOT, 1984; DE LA CUADRA, 1998).

Además, JEAN-PROST (1989) señala que el pistilo de una flor necesita polen venido de otra parte cuando en una misma flor los estambres maduran antes que el pistilo. De esta forma, el polen de los estambres irá a fecundar el órgano hembra de las flores más precoces mientras que su pistilo recibirá, cuando esté preparado, el polen de flores más tardías.

Lo anterior es válido también cuando el órgano hembra de una variedad, no muestra afinidad por el polen de la misma variedad. Este órgano hembra exige el polen de otra variedad para ser fecundado, denominándose variedad polinizadora. Sin esta precaución, la variedad principal autoestéril no podrá dar fruto (JEAN-PROST, 1989).

2.8.2. Agentes polinizadores

En plantas silvestres o cultivadas el transporte de polen de una flor a otra es forzoso, teniendo por agentes al viento y los insectos principalmente (JEAN-PROST, 1989; ÁLVAREZ, 1995).

El viento lleva el polen pequeño y ligero, denominándose polinización anemófila, cuya ventaja radica en el acarreo de grandes cantidades de polen en una amplia área. Corresponde a un proceso relativamente pasivo, en contraste con la polinización por insectos que es direccional y depende de la conducta del vector. En el caso del palto, su polen es muy pesado y pegajoso, por lo que la contribución del viento en la polinización es casi nula (ÁLVAREZ, 1995; JEAN-PROST, 1989; DE LA CUADRA, 1998). Para el caso del kiwi, se ha visto que la polinización por viento produce cuajas

medias (85% aproximadamente), aumentando considerablemente con polinización manual y entomófila (COSTA, TESTOLIN, VIZZOTTO, 1993).

Los insectos que transportan el polen grueso y pesado, son conocidos como entomófilos. Bajo este proceso el polen alcanza un radio de acción más reducido que en otros casos de dispersión, quedando definido por la autonomía de vuelo de los agentes (JEAN-PROST, 1989; ÁLVAREZ, 1995).

La dicogamia y diantesis natural de la apertura floral, la pérdida de la receptividad del estigma por la segunda apertura y la adhesividad natural del polen son observaciones que hacen concluir que la transferencia del polen en palto está mediada sólo por insectos voladores, incluyendo abejas en climas secos y otros insectos voladores como avispas en climas húmedos tropicales (DAVENPORT y LAHAV, 1992).

2.8.3. Variedades polinizantes

Según DEGANI Y GAZIT (1981), citados por GARDIAZÁBAL (1998) y LOVATT (1997), para obtener una óptima polinización y adecuadas producciones es necesario la plantación de dos cultivares complementarios en el mismo cuartel, debido a que el palto es una planta de polinización cruzada por la dicogamia natural de su floración.

Es de importancia, al elegir la variedad polinizante, que los cultivares se traslapen en el período de floración y que sean de floración complementaria para que el polen esté disponible cuando las flores femeninas estén abiertas (GARCÍA, 1996). Al elegir la variedad polinizante es importante considerar el valor comercial de la fruta y el traslape del tiempo de floración (BEKEY, 1989). Para Chile, se ha encontrado un muy buen traslape entre la variedad

Hass y sus polinizantes, tales como Edranol, Zutano y Bacon, entre otros (GARDIAZÁBAL, 1998).

Sin embargo, se ha visto que cultivares de palto pueden cuajar en niveles adecuados sin polinización cruzada, encontrándose bloques sólidos de Hass o de un solo cultivar con actividad de abejas, produciendo tan bien como huertos interplantados con cultivares complementarios (bajo las condiciones de Florida), debido a que no todas las flores están a una misma hora en una misma condición (DAVENPORT y LAHAV, 1992).

Según LOVATT (1997), se ha logrado un incremento en la polinización y cuaja, aumentando el número de abejas en huerto, incentivando la actividad de estas abejas mediante el uso de feromonas, y plantando o injertando variedades polinizantes para permitir polinización cruzada.

2.9. Clasificación de *Apis mellífera* v *Bombus terrestris*:

Ambos insectos pertenecen al orden Hymenóptera, integrado por numerosos grupos, los cuales varían tanto en formas como en tamaño. Se caracterizan por poseer una boca adaptada para lamer o mascar, con alas (cuando las hay), transparentes y con pocas venas y con un ovopositor bien desarrollado y adaptado para aguijonear (PEÑA, 1996; GONZÁLEZ, 1989).

Existen grupos de individuos solitarios, otros viven en colonias, otros organizados socialmente, tales como hormigas y algunas abejas (PEÑA, 1996).

La superfamilia Apoidea está constituida por las abejas que se dividen en varias familias representadas en Chile por una gran cantidad de especies.

Sólo dos de estas son sociales: *Megabombus dahlbomi* Guér, conocido Apidae como abejorro o moscardón y *Apis mellífera* o abeja doméstica (PEÑA, 1996; ROOT, 1984).

La abeja melífera se caracteriza por ser un insecto de hábitos sociales, productoras de miel, pertenecientes a insectos del orden Hymenópteros, familia Ápidos y género *Apis*. En tanto, el abejorro corresponde a una abeja de gran tamaño de hábitos sociales pertenecientes al género *Bombus* (Root, 1984).

Bombus terrestrís es un insecto negro, con una banda blanca o blanquecina al final del abdomen. El tórax y el abdomen están cruzados por una banda amarilla. La banda del abdomen es siempre visible, mientras que la banda del tórax puede llegar a ser muy oscura. El tórax es corto y cubierto de pelo, tienen una cabeza pequeña y estrecha con lengua corta (BIOBEST, 1996)

La reina tiene una longitud de 20 a 23 mm y las obreras de 11 a 17 mm. Los machos (zánganos) tienen el mismo colorido que las reinas y obreras midiendo de 14 a 16 mm de longitud, pero no tienen aguijón como la reina y obrera (BIOBEST, 1996).

2.9.1. Característica de la abeja melífera como agente polinizador

Investigaciones recientes en California y Galilea (Israel) confirman que la abeja melífera es el insecto primario en huertos de paltos para polinización, ya que pueden ser fácilmente manipulados e indispensables para lograr una adecuada cuaja (LOVATT, 1997; LAHAV, LAVI, DEGANI, 1992; ISH-AM y EISIKOWITCH, 1998).

El palto es un árbol visitado por un gran espectro de insectos (Hymenóptera, Coleóptera, Díptera, y Neuróptera), jugando un rol principal la abeja melífera, la cual visita las flores de palto para alimentarse de sus nectarios (VITHANAGE, 1990). Se ha visto que aún cuando se tengan árboles de un mismo cultivar, al colocarle colmenas durante el período de floración, producen más que sin ellas (CAUTÍN, 1996).

Los huertos de palto en Chile se manejan con abejas, entre seis a diez colmenas por hectárea, cubriendo estos insectos polinizantes un gran radio de acción en huertos de polinización abierta (GARDIAZÁBAL y GANDOLFO, 1996). Según DE LA CUADRA (1998), es conveniente aumentar el número de colmenas/ha, especialmente cuando hay abundancia de malezas en floración o la flor del cultivo no es lo suficientemente atractiva para el insecto, desviándose éstos hacia cultivos más atrayentes. Además, una significativa cuaja inicial requiere de una densidad de al menos cinco abejas por árbol durante el estado femenino de la floración (ISH-AM y EISIKOWITCH, 1998).

Es de vital importancia para el éxito de la polinización que las colmenas estén en buenas condiciones, es decir, colmenas con adecuada población de abejas recolectoras y presencia de cría, y de reina en postura joven, vigorosa y de buena calidad (DE LA CUADRA, 1998).

Para el caso de paltos, que tienen un período prolongado de floración, se llevan las colmenas en dos parcialidades: la mitad cuando hay un 10% de floración y la otra mitad 15 a 20 días después. Esto debido a que la flor del palto es poco atractiva para las abejas, desviándose a otros cultivos. El momento de retirar las colmenas del huerto es por lo general, una vez

terminada la floración (DE LA CUADRA, 1998; GARDIAZÁBAL, 1998)*. Además, según estudios realizados en Galilea (Israel), las abejas realizan sus visitas mayoritariamente hacia el final de la floración, con lo que se obtiene que un 5% de toda la floración es expuesta a una suficiente cantidad de polen para cuaja (ISH-AM y EISIKOWITCH, 1998).

Según DE LA CUADRA (1998), un 75% de las abejas recolectoras buscan néctar y sólo un 25% recolectan polen. Además, está demostrado que las abejas recolectoras de polen son más eficientes en la polinización de flores, por lo que interesa aumentar esta proporción a favor de las recolectoras de néctar, sobre todo en cultivos con escasa producción de néctar como es el caso del palto. Esto se logra suministrando diariamente jarabe de azúcar a las colmenas, lo que aumenta abejas recolectoras de polen, aumentando la eficiencia de polinización (DE LA CUADRA, 1998).

En un huerto frutal en plena floración, las abejas recolectoras trabajan en un radio pequeño de 150 a 250 metros desde la colmena, además tienden a visitar un determinado árbol fallando así el abastecimiento de polen deseado para la polinización cruzada, por lo que es conveniente distribuir las colmenas en el interior del huerto, abarcando todas las plantas para que no queden "lagunas" sin polinizar. Su distribución dependerá del tipo de frutal a polinizar, presencia de variedades polinizantes, sistema de plantación empleado.etc. (DE LA CUADRA, 1998; APABLAZA, 1981).

La actividad percoreadora de las abejas está influenciada por diversos factores tales como tipo de flor, color, aroma, cantidad de flores, persistencia,

* GARDIAZÁBAL, F. Ing. Agr. 1998. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

fenología y estructura vegetal (ÁLVAREZ, 1995).

Según GOODWIN Y STEVEN (1993), las abejas de miel son capaces de discriminar entre flores estaminadas y pistiladas de kiwi, sin embargo, prefieren aquellas flores pistiladas debido a que existe una polinización errónea, y los insectos se desvían a aquellas flores en vez de flores estaminadas.

Las abejas comienzan a volar con temperaturas de 13°C. Con 15°C realizan vuelos cortos, con 18°C efectúan vuelos libres y con 21°C o más sus vuelos son completos. Además, los vuelos no son realizados en días lluviosos, niebla o vientos superiores a 25 km/hr (ÁLVAREZ, 1995). Además, las abejas frecuentan los árboles de palto desde las 11:00 a las 14:00 horas que es el tiempo en que el estado masculino y femenino de las flores tienen mayor posibilidad de traslape (CAUTÍN, 1996).

Las abejas colectan néctar o néctar y polen, pero sólo sitios específicos del cuerpo de las abejas toman contacto con las anteras, y son estos sitios de recolección los que contribuyen con el aporte de polen para la polinización (ISH-AM y EISIKOWITCH, 1993)

La concentración de *azúcar* en el néctar varía durante el día, siendo mayor en las tardes, lo que estimularía un aumento en el número de abejas que visitarían en este horario. Además, los factores meteorológicos como temperatura, humedad relativa y precipitaciones actúan sobre la fisiología de la planta, lo que estaría afectando la concentración de *azúcar* en el néctar (ÁLVAREZ, 1995).

Las abejas recolectoras de polen visitan de 7 a 15 flores por minuto, y estos valores dependen de la calidad de las flores, de las necesidades de la colmena y de factores ambientales (ISH-AM y EISIKOWITCH, 1998;

APABLAZA, 1981). Con floración baja las abejas visitan de tres a cinco flores por minuto, pero con alta las visitas aumentan a nueve (APABLAZA, 1981). Según CAUTÍN (1996), las visitas de abejas por área (4,03 visitas/hr m²) aumentan a 20,4 visitas/h m² como resultado de introducir dos colmenas por hectárea.

Como ventajas de la abeja melífera, DE LA CUADRA (1998) y LOVATT (1997) señalan que estos insectos visitan gran cantidad de flores en un solo día, distribuyen gran cantidad de polen, soportan altas temperaturas, resisten la reducción e intensidad de luz, viven en colonias grandes, pueden ser desplazadas en masa, visitan y polinizan gran número de plantas cultivadas, tiene una biología muy conocida, se conoce bastante la técnica de cría del insecto, su manejo es cómodo y fácil, y en cada viaje visitan un solo tipo de flores.

Todas estas ventajas hacen que las abejas sean eficientes polinizadores. Para el caso del kiwi, la utilización de colmenas de abejas produce un 98-100% de cuaja, cifra mucho mayor a la obtenida en polinización por viento. En kiwi se está ensayando el uso de abejorros, pero la efectividad de ellos en la recolección y transferencia de polen no está documentada (COSTA, TESTOLIN, VIZZOTTO, 1993).

Sin embargo, para el caso del palto, las abejas tienen una baja atracción hacia sus flores, ya que estas son superficiales (poca profundidad), son de color amarillo- verdoso, tienen un ligero aroma amargo y el néctar es completamente expuesto; el polen y néctar es fácilmente recolectado pero son poco atractivos para las abejas, la flor tiene una simetría radial pero carece de una plataforma de tamaño adecuado para la detención de las

abejas en ellas (DAVENPORT, 1992; VITHANAGE, 1990; ISH-AM y EISIKOWITCH, 1993).

Otra desventaja que presenta la abeja de miel es su origen subtropical que hace que los umbrales de temperatura a los cuales se desarrollan estos insectos no coincida totalmente con la floración del palto. Es así que en días fríos o nublados la actividad de las abejas es baja perdiéndose numerosas flores. Se estima que hacia finales de floración en el cultivar Hass, las visitas se intensifican, perdiéndose las primeras flores que podrían dar los mejores calibres (GARAY, 1998)*.

2.9.2. Característica de *Bombus terrestris* como agente polinizador

Bombus terrestris es la especie de *Bombus* que mejor se ha adaptado para el trabajo de polinización y sobre la cual existe la mayor cantidad de investigación a nivel mundial (MAN, 1997)**.

Estos insectos se reconocen fácilmente por su tamaño grande y grueso, su pelaje generalmente de color llamativo y por el característico sonido de su zumbido (BIOBEST, 1996).

Es un insecto adaptado a trabajar en condiciones extremas de clima, cuyo habitat son lugares fríos, encontrándose hasta una distancia de 800 km del polo Norte. Por esta razón es que las bajas temperaturas no lo afectan, efectuando una excelente labor incluso en días nublados y de lluvia (se ha

*GARAY, X. Ing. Agr.. 1998. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación personal. ** MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad-Mordechai. Comunicación personal.

visto abejorros trabajando con 2°C y bajo lluvia) (MEISELS Y CHIASSON, 1997; MAN, 1997)*.

Esta condición es particularmente importante, ya que en la zona central, especialmente en el valle de Quillota, la primavera se caracteriza por una mayor proporción de días nublados en comparación a días despejados.

Además, los abejorros son activos durante todo el período de luz solar y pueden tener actividad pecoreadora incluso antes de salir el sol o después de la puesta. Sin embargo, antes de las 7.00 am y después de las 19.00 pm las visitas a flores disminuyen (ÁLVAREZ, 1995). En pleno verano las visitas aparecen desde las 4.00 am hasta las 21.30 pm, pero las visitas suelen ser más frecuentes entre las 9.00 y las 18.00 horas (ÁLVAREZ, 1995).

Según DIMITROV (1997), los *Bombus* están incluidos dentro del mismo grupo de las abejas, con un largo período de vuelo, el que varía anualmente desde 169 a 226 días (OSBORNE y WILLIAMS, 1997). Se ha utilizado la técnica del radar para comparar el comportamiento de vuelo entre abejorros y abejas, determinando dirección y trayectoria de vuelo (OSBORNE y WILLIAMS, 1997). Estudios realizados en Bulgaria indican que la colonia comienza a incrementar su tamaño hacia finales de julio y comienzos de agosto, y su vuelo se lleva a cabo activamente durante los meses de agosto y septiembre para la zona en estudio.

Ensayos realizados en Holanda indican que las visitas de *Bombus* disminuían desde el comienzo de la floración hacia el final de ella (para el cultivo de *Phyteuma nigrum*). Las distancias más cortas fueron realizadas

*MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

por *B. terrestris* y *B. jonellus*, y los más largos por las reinas de *B. pascuorum* y *B. pratorum* temprano en primavera, pero no hacia finales de ella (KWAK, 1997).

Estos abejorros consumen dos tipos de alimentos: polen como fuente de proteína y néctar como fuente de energía. El consumo de polen es realizado fundamentalmente por larvas. Estas consumen el 90% de polen que se recolecta y los adultos solamente el 10%. Estos abejorros no producen miel como la abeja melífera, en cambio lo que realizan es juntar el néctar y subirle la concentración, lo que produce fermentación y aparición de moscas; sin embargo, esto no afecta la polinización ni la actividad de la colmena ya que es un proceso normal y natural (ÁLVAREZ, 1995; WADDINGTON, 1997; MAN, 1997)*.

Los *Bombus* prefieren aquellas flores que siempre producen el mismo volumen de néctar, evitando aquellas flores con variabilidad en su contenido (WADDINGTON, 1997).

Según MAN (1997)*, ÁLVAREZ (1995) y WADDINGTON (1997), los abejorros presentan dos grandes ventajas: a) poseen un cuerpo grande y velludo lo que les permite transportar una mayor cantidad de polen en sus viajes y b) carecen de lenguaje social desarrollado, es decir, son menos evolucionados y tienen menor capacidad de comunicación entre sí, lo que lleva a que los abejorros pasen deambulando en forma errática, deteniéndose y chequeando cada una de las flores con la que se encuentra en su plan de vuelo.

* MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

De esta forma pueden visitar un mayor número de flores por minuto (entre 20 a 30), logrando un mayor contacto entre estigma y estambres (*Bombus terrestris* es capaz de visitar el doble de flores por minuto y trasladar cinco veces más polen que las abejas). En resumen, *Bombus* es mucho menos selectivo al tener un patrón sistemático de visita, lo que lo convierte en una especie muy importante para la polinización cruzada. Además, a diferencia de las abejas que utilizan el plano de polarización de la luz como instrumento de polarización, *Bombus* reconoce el ambiente navegando de acuerdo a la memoria (ÁLVAREZ, 1995).

Bombus terrestris presenta tres desventajas a considerar: a) es una familia que no puede ser duplicada sino que se autodestruye al final del período, b) tienen un costo superior al costo de abejas de miel, y c) son pequeñas, con pocos individuos a diferencia de la abeja de miel que puede llegar a tener decenas de miles en primavera (ÁLVAREZ, 1995; MAYER Y LUNDEN, 1997; MAN, 1997)*.

Para saber cuán eficiente es un insecto polinizador, es importante conocer la cantidad de polen que ellos remueven desde las anteras y cuánto de este polen es depositado en los estigmas. Ensayos realizados en manzanos indicaron que abejas recolectoras de néctar remueven menos granos de polen desde las anteras del cultivar Delicious que los *Bombus* recolectores de néctar y polen. En el cultivar Roma, las abejas depositan menos granos en los estigmas que los *Bombus*, pero remueven cantidades equivalentes (GOODELL y THOMSON, 1997).

* MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

Según GOODELL y THOMPSON (1997), abeja de miel y *Bombus* difieren en cuanto a la polinización, ya que las abejas pueden trabajar sin tomar contacto con la parte sexual de la flor, además son más pequeñas, y transportan menos granos de polen, lo que indica que *Bombus* podría ser un mejor polinizador que la abeja de miel.

Los *Bombus* son comercializados por tres empresas a nivel mundial: Yad-Mordechai (Israel), Koppert (Bélgica) y Biobest (Holanda). Yad- Mordechai en Israel entrega sus *Bombus* en cajas de cartón (celulosa), las que contienen una colmena que es una familia completa formada por reina, machos, obreras, larvas y huevos, la cual se desarrolla durante toda la vida útil de la colmena, por lo que durante ese tiempo irán naciendo y muriendo individuos. Se estima alrededor de 200 abejorros por colmena y de ellos unos 50 a 60 individuos se encuentran en estado adulto que son los que polinizan, teniendo una duración de ocho a doce semanas asegurando en ese período un eficiente nivel de polinización (LÓPEZ, 1997; MAN, 1997*).

La duración de las colmenas va decreciendo en la medida que el calor aumenta. Para el caso de colmenas CLÁSICA la duración no excede las ocho semanas en pleno verano y para colmenas MINI es de seis a once semanas. La superficie que cubre una colmena se ha establecido para el caso de invernaderos de tomate, de 2.000 a 3.000 metros de superficie para colmena CLÁSICA y 600 m² para colmena MINI (MAN, 1997*).

Estas cajas contienen un recipiente con néctar en dosis suficiente como para alimentar la colmena durante toda la vida útil de esta. Además, existen dos orificios para la circulación de los abejorros para la entrada y salida de la

*MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

colmena. Por uno de ellos sólo pueden entrar y por el otro pueden entrar y salir. Esto es muy útil en el momento que hay que trasladar las colmenas o realizar alguna aplicación de productos químicos (MAN, 1997)*.

2.9.3. *Bombus terrestris* y *Apis mellifera* como polinizadores del palto

La abeja de miel hoy en día es el único polinizador comercial del palto y las colmenas se introducen en huertos durante la época de floración. Sin embargo, la eficiencia de polinización de estos insectos es muy baja, pues las abejas prefieren flores silvestres, fenómeno que afecta a variedades tempranas como es el caso del cultivar Hass (MACFARLANE y PAITEN, 1997).

Los abejorros son mucho más eficientes que las abejas de miel en cuanto a la transferencia de polen. Su eficiencia para polinizar es diez veces mayor que la de abeja de miel (MAN, 1997)*.

En los últimos tres años se han llevado a cabo ensayos por parte del "Servicio de Polinización Yad Mordechai" para investigar la polinización en paltos por medio de la utilización de *Bombus terrestris* como complemento de la abeja de miel. Con esta investigación se logró que la cuaja en el cv. Hass se adelanta en una semana con respecto a aquellos huertos que no usaron *Bombus*, se logró una reducción significativa del aborto temprano en cultivar Hass (un 58% menor que el testigo), y el rendimiento fue más alto con respecto al testigo, obteniéndose como mínimo un 30% de aumento.

* MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

La situación actual es que en las filas cercanas al polinizador hay baja caída temprana de frutos, en cambio, en las filas lejanas al polinizador el aborto temprano es mayor. Con la presencia de abejorros en polinización cruzada, se disminuye la caída temprana de frutos, así como también hace disminuir las diferencias de rendimientos y de tamaño de frutos entre filas cercanas y lejanas al polinizador (MAN, 1997)*

MAYER y LUNDEN (1997) realizaron ensayos de polinización en perales, utilizando colonias de *Bombus occidentalis* y colmenas de *Apis mellifera*, teniendo como referencia la baja atracción de la flor del peral para los insectos. Se observó que los *Bombus* visitaban cinco flores por minuto y abejas diez flores por minuto, además todos los abejorros y el 99% de las abejas eran recolectoras de polen.

El número de abejorros visitando la flor del peral era de 0,012 a 0,5 abejorros por árbol por minuto y el número de abejas visitando la floración del peral era de 7,1 a 12,9 abejas por árbol por minuto (20 veces superior que los *Bombus*). Sin embargo, con bajas temperaturas la actividad de las abejas se ve limitada mientras que los *Bombus* siguen realizando visitas (MAYER y LUNDEN, 1997).

*MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad-Mordechai. Comunicación personal.

3. MATERIALES Y MÉTODOS 3.1.

Materiales:

3.1.1. Ubicación del estudio

El ensayo se realizó en dos huertos de paltos cultivar Hass, ubicados en la Estación Experimental La Palma, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, en la localidad rural de La Palma, provincia de Quillota, V Región, Chile.

3.1.2. Características de los huertos utilizados

En el Cuadro 1 se presentan las características del huerto "Hass 1992" ubicado en las Estación Experimental La Palma.

CUADRO 1. Características huerto "Hass 1992"

Variiedad	Hass (replante)
Portainjerto	Mexícola
Polinizante	Ninguno
Distancia de plantación	6x6 m
Superficie plantada	2,4 ha
N° árboles	816
Sistema de riego	Microaspersión

Como límites, hacia el norte se encuentra un huerto de 1,4 ha con variedad Hass y sin ningún polinizante; hacia el sur, huerto de 2,8 ha, variedad Fuerte y polinizantes Negra de la Cruz, Bacon y Edranol; hacia el este ensayo de

paltos Hass (5 ha) y hacia el oeste, un ensayo de 2,0 ha de zapallo italiano variedad Arauco.

En el Cuadro 2 se presentan las características del huerto "Hass 1995" ubicado en las Estación Experimental La Palma.

CUADRO 2. Características huerto "Hass 1995"

Variedad	Hass
Portainjerto	Mexícola
Polinizante	Ninguno
Distancia de plantación	5x5 m
Superficie plantada	3,6 ha
N° árboles	1442
Sistema de riego	Microaspersión

Este huerto presenta como límite norte huerto de ensayo "Hass" (5 ha), al sur una cerca divisoria que lo aísla del predio colindante con zapallos italianos, hacia el este el límite de la Estación Experimental con matorrales y espinos y al oeste una colección de cerezos plantados en 1997 (1 ha).

Este huerto "Hass 1995" no presenta variedades polinizantes ni tiene huertos colindantes que las contengan.

3.1.3. Colmenas de abejorros

Se utilizaron ocho colmenas de *Bombus terrestris* en el huerto "Hass 1992" orientadas con la piquera hacia el norte, y diez colmenas en el huerto "Hass 1995" con orientación este de sus piqueras.

Las colmenas fueron colocadas en pisos de madera cuyas dimensiones son: 2,5 m de largo, 0,75 m de alto y 0,55 m de ancho. Además, cada piso se cubrió con malla raschel para disminuir la insolación de las colmenas. En total, se utilizaron cuatro pisos, dos para cada huerto (Figura 1).

3.1.4. Ubicación de las colmenas

En el huerto "Hass 1992", las colmenas se ubicaron en el sector suroeste del huerto, con la piquera orientada hacia el norte por efecto de las mediciones. En el Anexo 1, se presenta la distribución del huerto indicando la ubicación de las colmenas.

En el huerto "Hass 1995", las colmenas se ubicaron en el sector oeste del huerto, divididas en dos grupos de cinco, cinco colmenas en la hilera cinco, y cinco en la hilera once, orientadas hacia el este por efecto de las mediciones. En el Anexo 2, se presenta la distribución del huerto indicando la posición y ubicación de las colmenas.

Las colmenas fueron instaladas el 1 de octubre de 1998, y retiradas los primeros días de enero, abarcando así toda la floración del palto.



FIGURA 1. Colmenas de *Bombus terrestris*.

3.1.5. Colmenas de abejas

Para el huerto Hass 1992 se utilizó 30 colmenas de abejas, localizadas en el sector sureste del huerto, en grupos de siete, orientadas con la piquera hacia el sur, donde se encuentran las variedades polinizantes (Anexo 1).

En el huerto Hass 1995, se utilizó 21 colmenas las que fueron ubicadas en el sector central del huerto, en tres grupos de cinco y un grupo de seis, orientadas con la piquera hacia el este (Anexo 2).

Las colmenas fueron colocadas el 5 de octubre de 1998, y retiradas los primeros días de enero, cubriendo de esta forma toda la floración.

3.1.6. Material vegetal

De cada huerto en estudio se seleccionó 20 árboles. Del huerto "Hass 1992", se eligió diez árboles de la fila dos, y diez árboles de la fila catorce, separados cada 24 m uno del otro (Anexo 1).

Del huerto "Hass 1995", se seleccionaron diez árboles de la hilera cinco y diez árboles de la hilera once, separados cada 35 m (Anexo 2).

3.2. Mediciones:

3.2.1. Evaluación de la actividad de *Bombus terrestris*

Se evaluó la actividad de abejorros en los árboles marcados a distintas distancias de las colmenas, realizando dos muéstreos por semana, contabilizando con un contador manual durante un minuto por árbol, el

número de visitas hacia flores de palto. Para esto se utilizó una escala subjetiva que se presenta en el Cuadro 3, y que expresa la actividad de abejas y abejorros en términos de presencia de ellos en los árboles marcados. Además, se llevó a cabo un registro de las visitas observadas de *Apis mellifera* como referencias, en un uso tradicional (Anexo 4 y 5).

CUADRO 3. Actividad de *Bombus terrestris* y *Apis mellifera*.

	<i>Bombus terrestris</i>	<i>Apis mellifera</i>
Actividad mínima	>1 abejorro cada cuatro plantas	< 10 abejas/ planta
Actividad normal	1-2 abejorros/ planta	10 -20 abejas/ planta
Actividad óptima	3 o más abejorros/ planta	> 20 abejas/ planta

Se llevó a la vez un registro de las condiciones imperantes en el momento del muestreo, de temperatura y si el día estaba despejado o nublado, para relacionarlos con los datos de actividad de abejorros. Para el registro de temperatura se utilizaron los datos de la Estación Climatológica de Quillota de la Estación Experimental La Palma, y para definir la condición imperante del día de muestreo se utilizaron tres parámetros: día despejado, nublado y parcial despejado.

Este muestreo de actividad de abejas y abejorros se realizó durante todo el período de floración y siempre a una misma hora para cada huerto, llevándose a cabo alrededor del medio día.

3.2.2. Determinación de cuaja

Luego de seleccionados los árboles se procedió a la elección de dos ramas por árbol: una rama con orientación norte y una rama con orientación sur, cada una de ellas con 30 cm aproximadamente de largo, diámetro de un lápiz, y con cinco inflorescencias grandes o diez chicas. Después de culminada la floración, se llevó a cabo el recuento de frutos cuajados en cada rama marcada, lo que se realizó el 22 y 23 de diciembre de 1998, después de ocurrida la primera caída de frutos con la finalidad de relacionar el número de frutos cuajados en cada árbol marcado, con las distintas distancias de las colmenas, y con las condiciones de día despejado, nublado o parcial despejado (Figura 2).



FIGURA 2. Rama de 30 cm con 5 inflorescencias grandes o 10 inflorescencias chicas.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

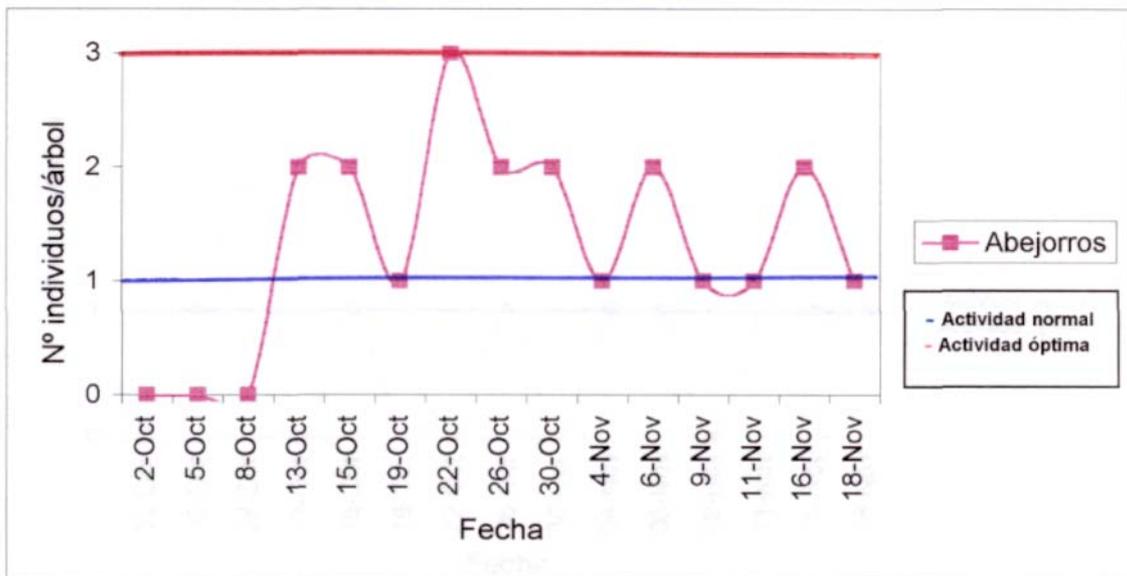
4.1. Evaluación de la actividad de *Bombus terrestris*.

4.1.1. Evaluación de la actividad de *Bombus terrestris* a través del tiempo y a distintas distancias en Huerto "Hass 1992".

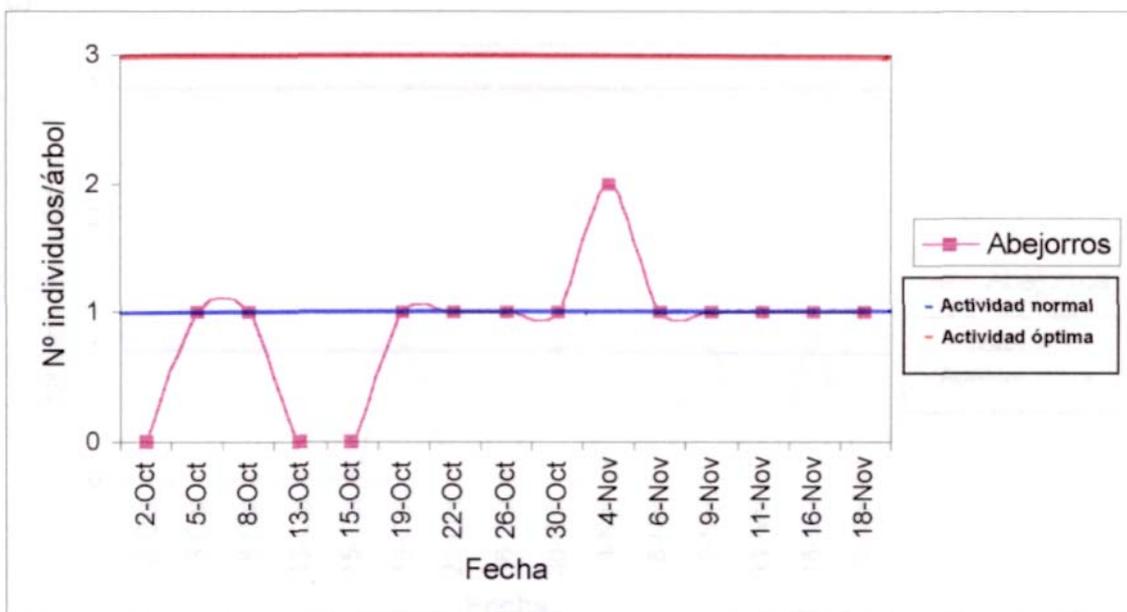
Los datos de actividad de *Bombus terrestris* para el huerto "Hass 1992" se observan en la Figura 3. Las visitas de *Bombus* se relacionaron con los datos de las condiciones imperantes del día de muestreo (despejado, nublado, parcial despejado) y con las temperaturas registradas en la Estación Climatológica de Quillota (Estación Experimental La Palma) (Anexo 3). Todo lo anterior, con la finalidad de determinar el nivel de actividad de abejorros en el huerto en estudio.

Además, en el Anexo 4 se incluye como referencia, el registro de las visitas observadas de *Apis mellifera*, en un uso tradicional de polinización en paltos.

En el Anexo 6 se presenta un resumen de la actividad de *Apis mellifera* en todos los árboles medidos, y durante todo el período de muestreo para el huerto "Hass 1992".

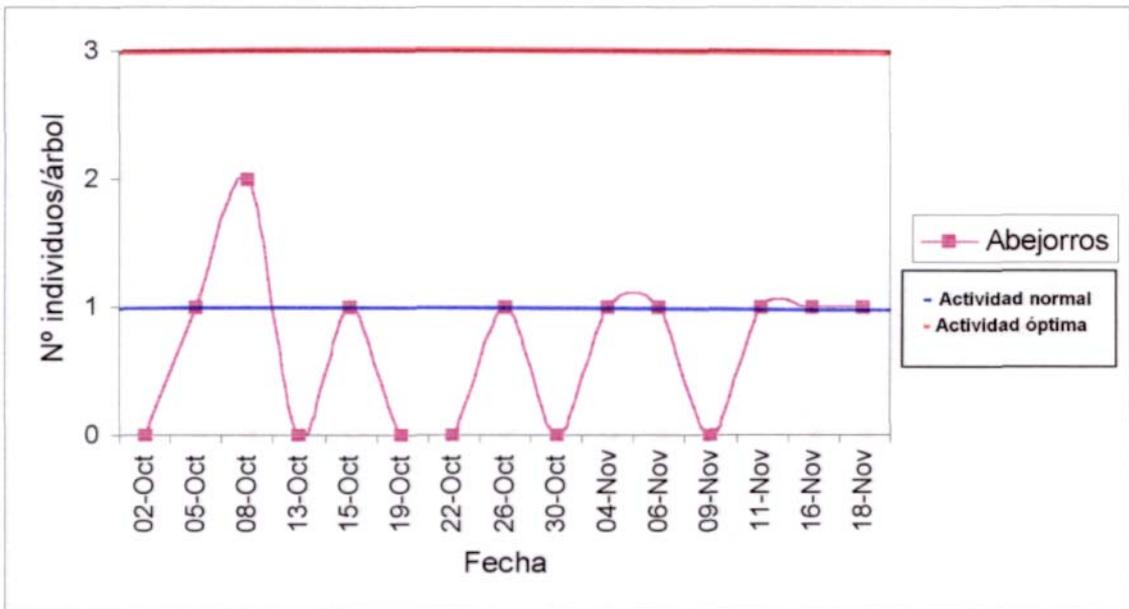


a)

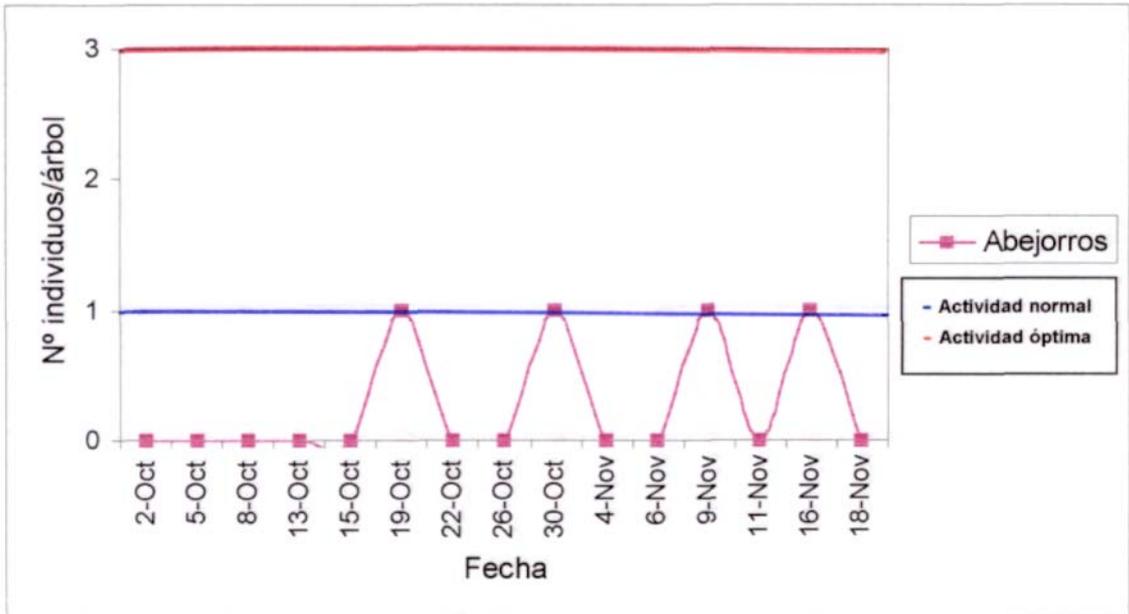


b)

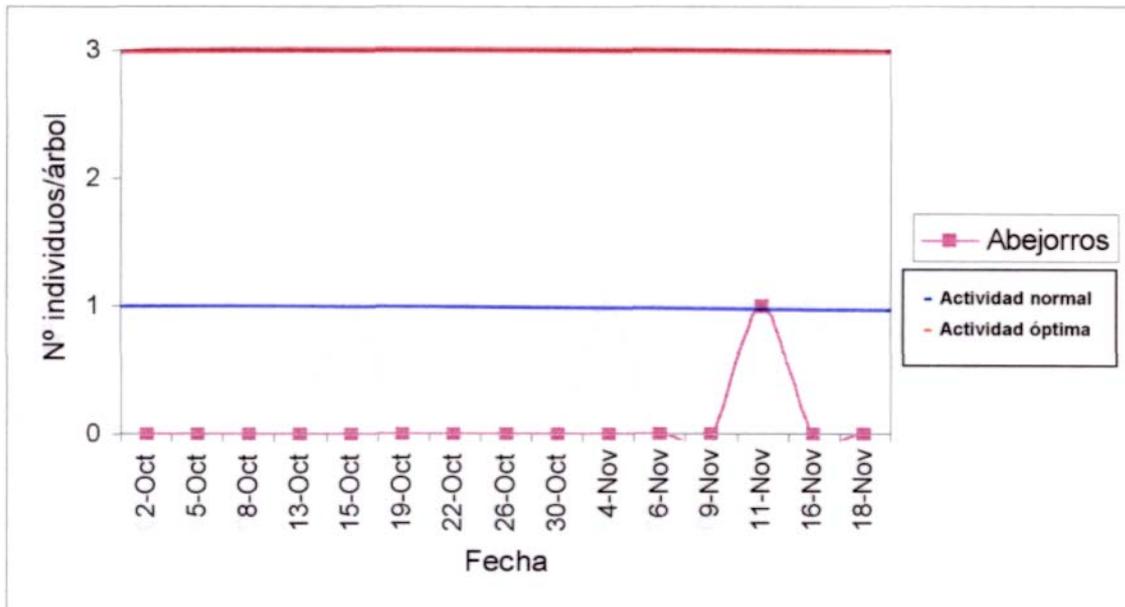
FIGURA 4. Actividad de *Bombus terrestris* en huerto "Hass 1995", a distintas distancias de las colmenas a) 35 m b) 70 m c) 105 m d) 140 m e) 175 m f) 210 m g) 245 m h) 280 m i) 315 m j) 350 m.



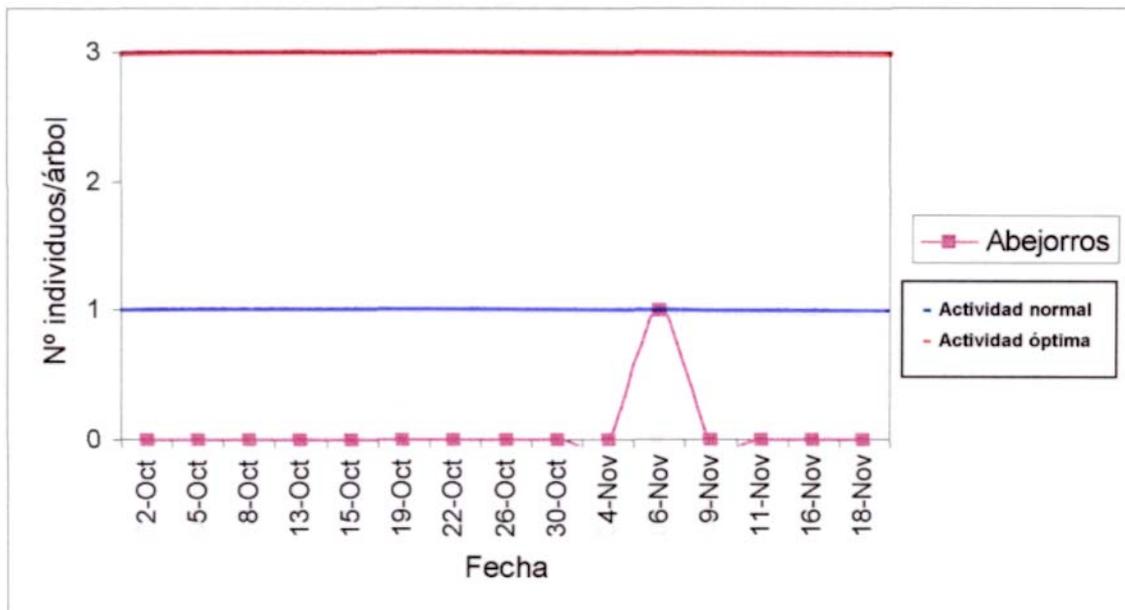
c)



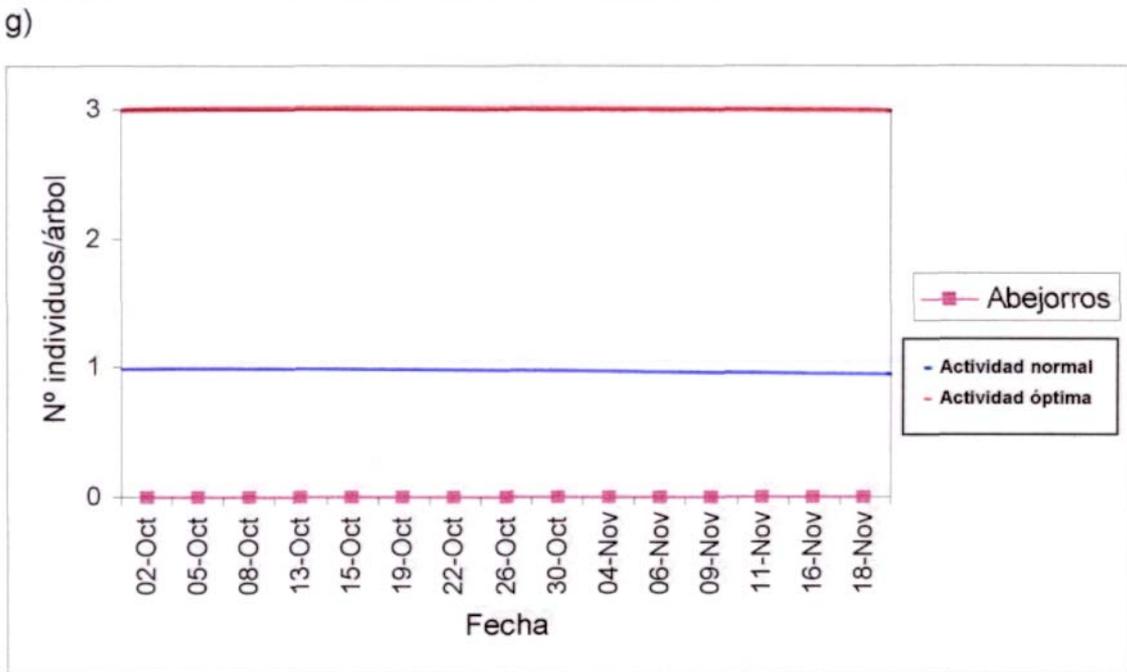
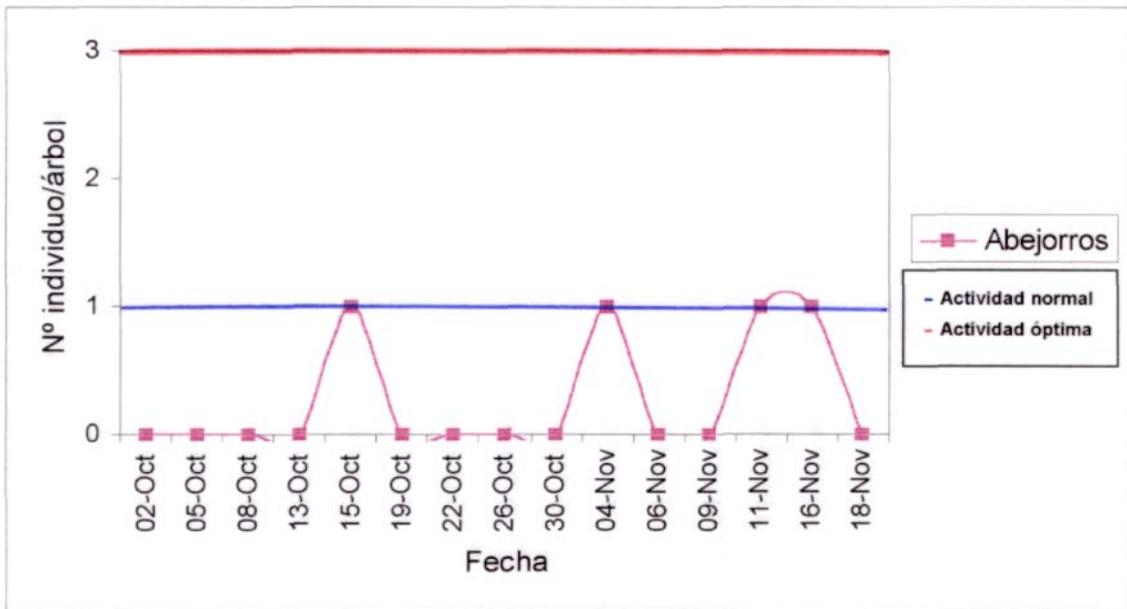
d)

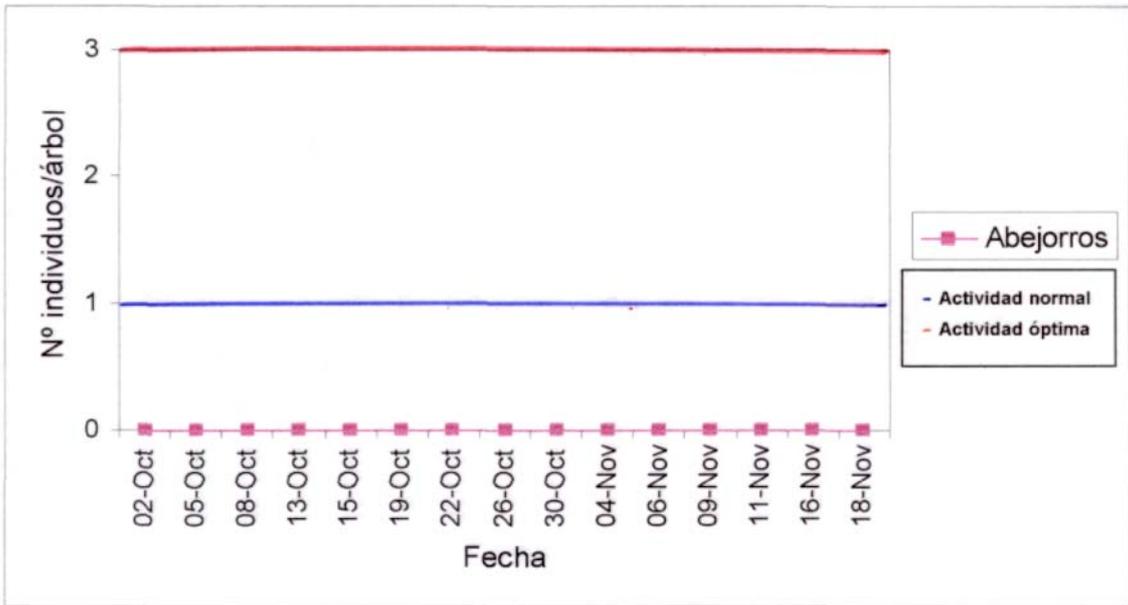


e)

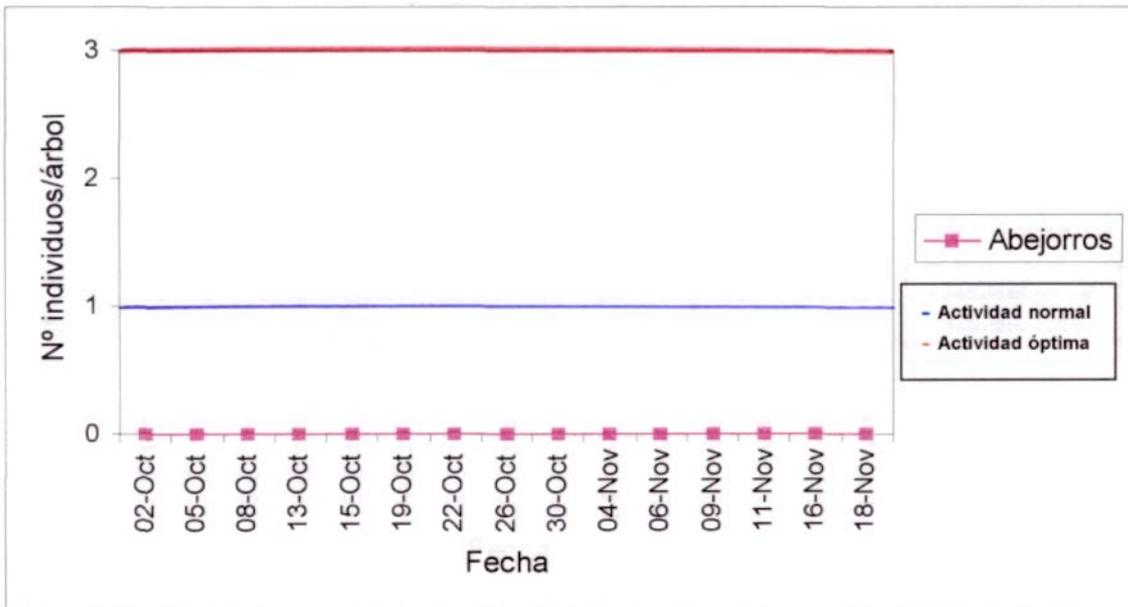


f)

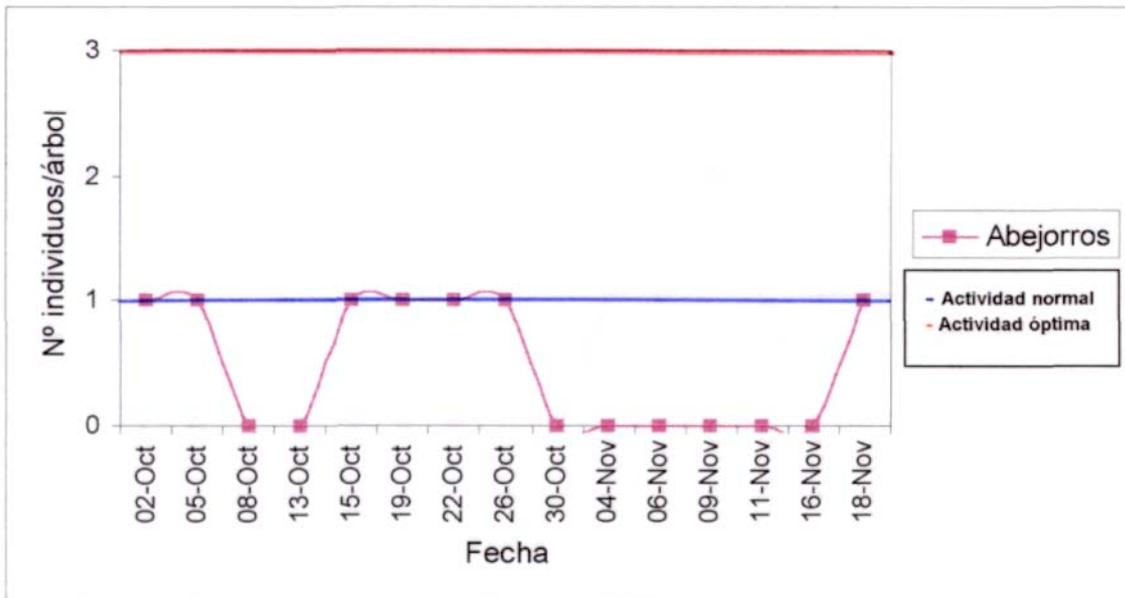




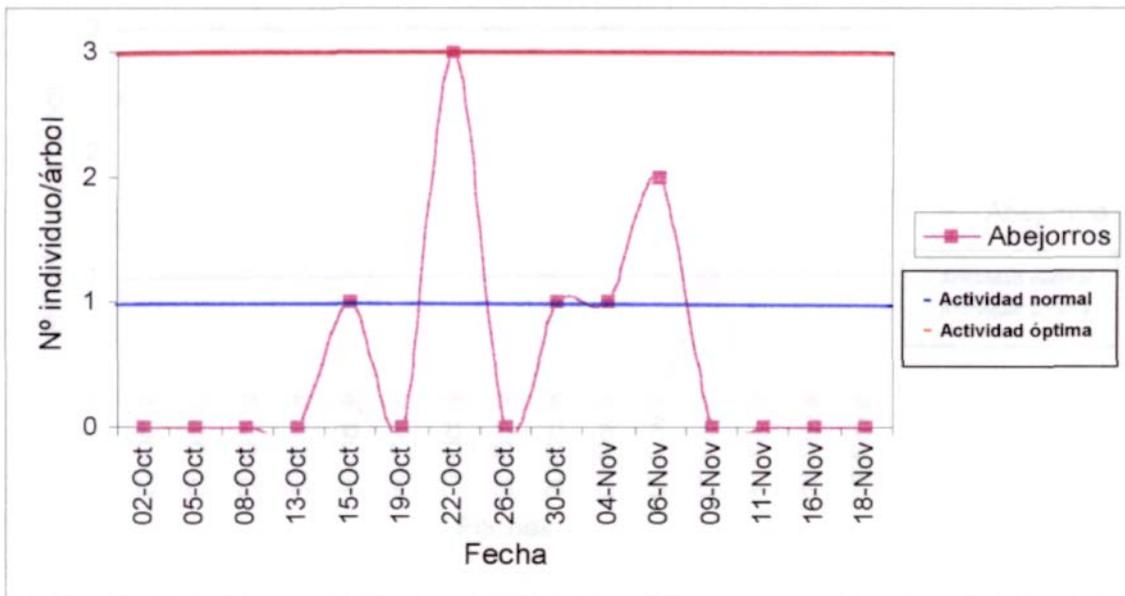
i)



j)

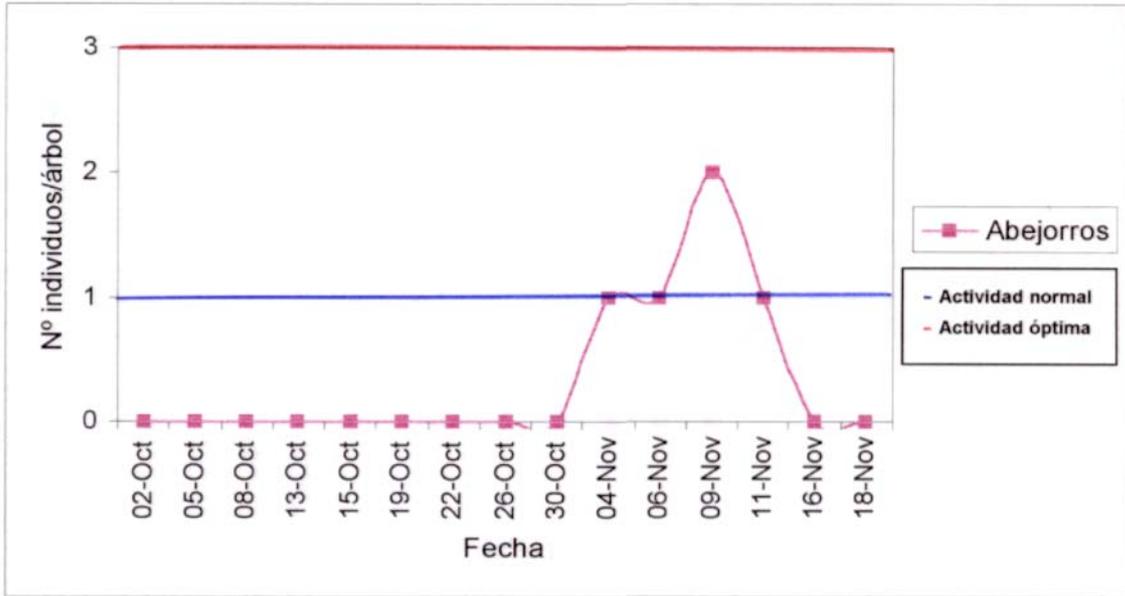


a)

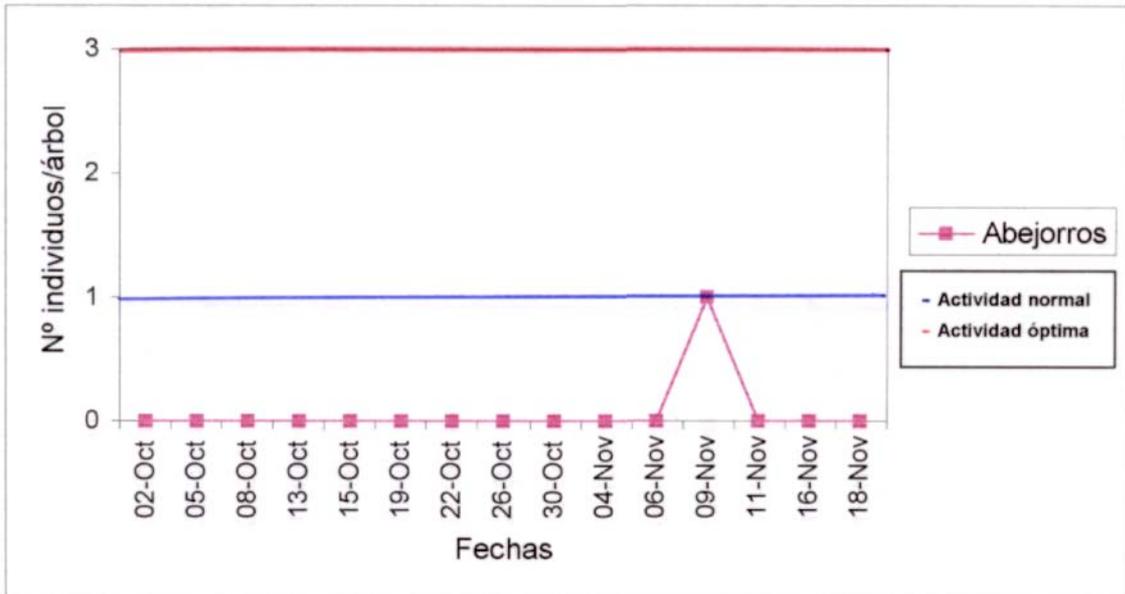


b)

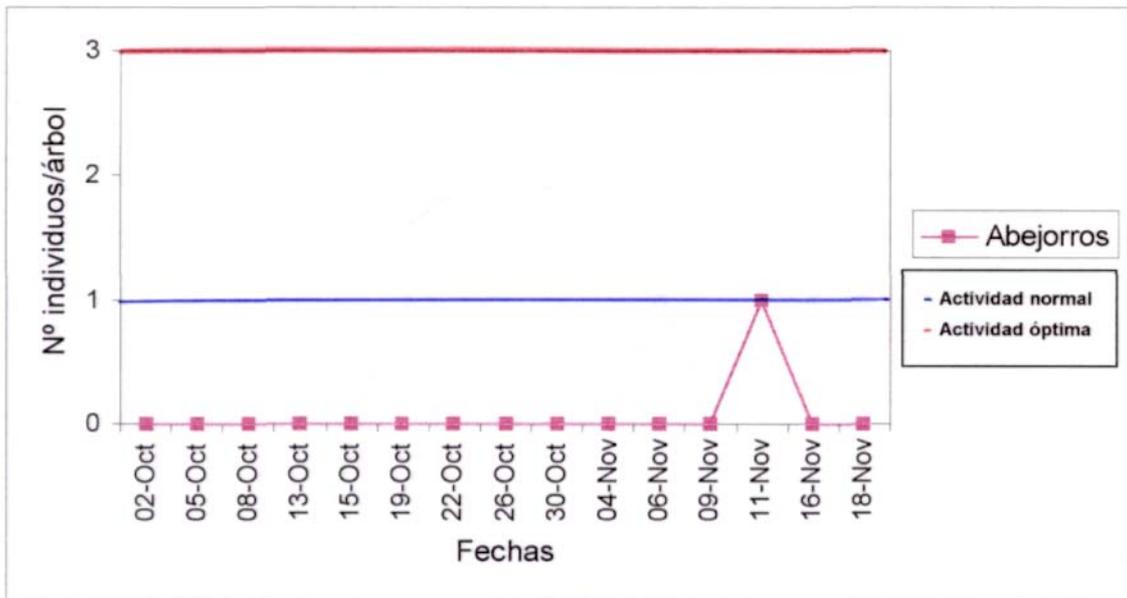
FIGURA 3 Actividad de *8. terrestris* en huerto "Hass 1992 a distintas distancias de las colmenas a)38 m b)62 m c)86 m d)91 m e)103 m f)110 m g)119 m h)134 m i)137 m j)156 m k)158 m l)177 m m)182 m n)199 m o)206 m p)221 m q)230 m r)243 m s)254 m t)256 m.



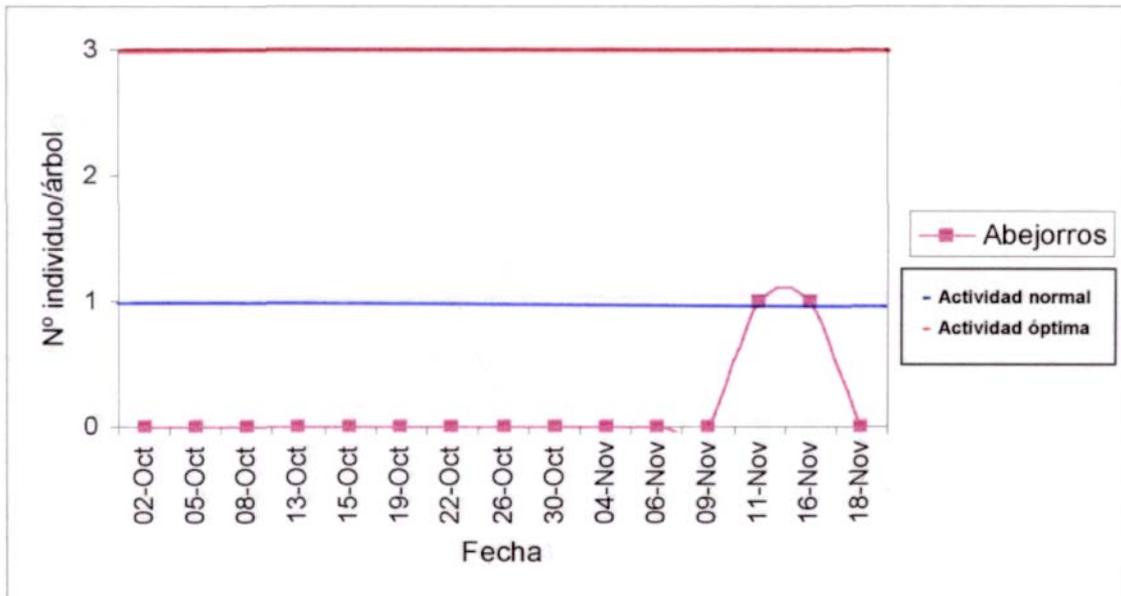
c)



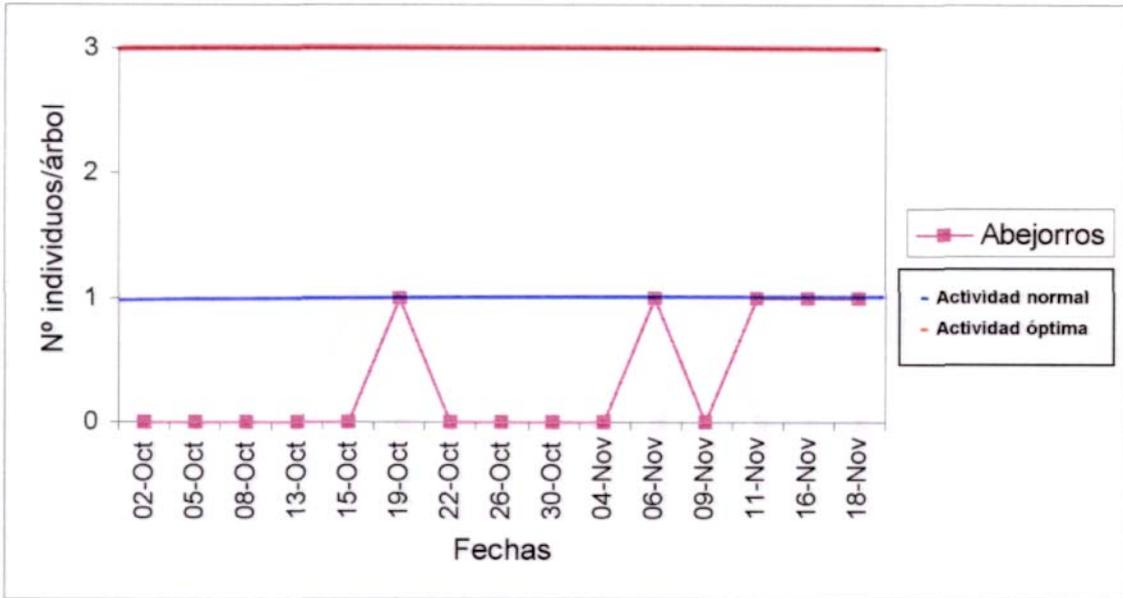
d)



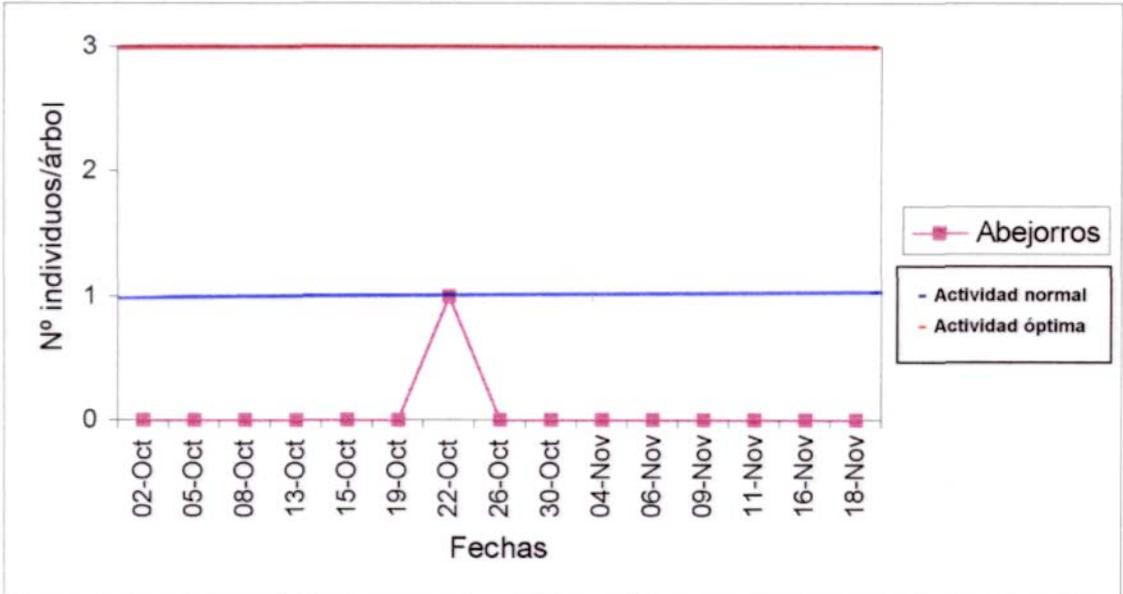
e)



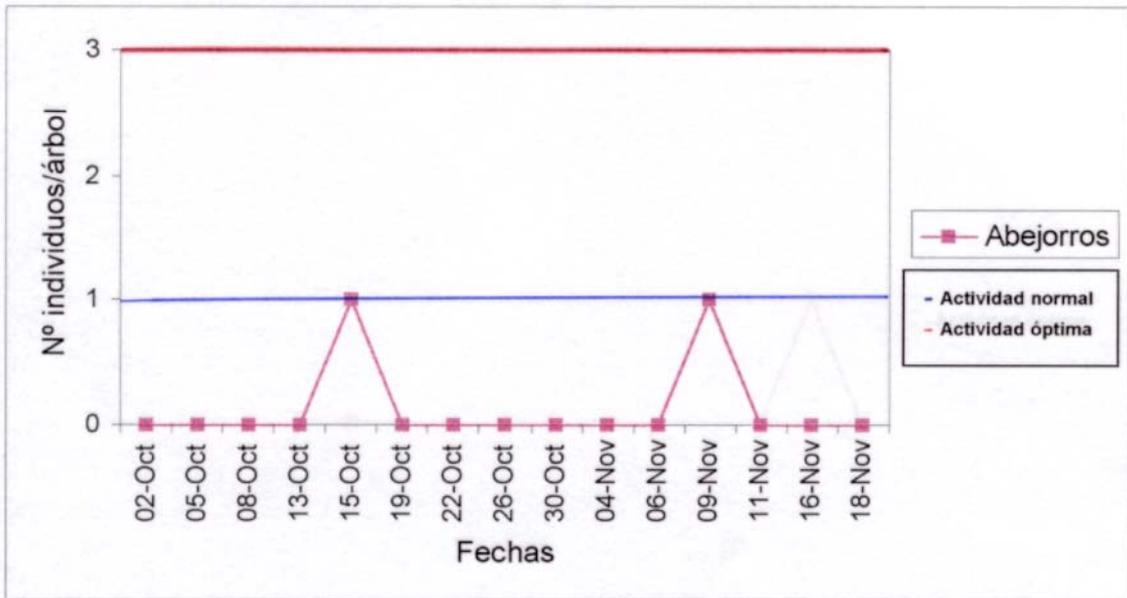
f)



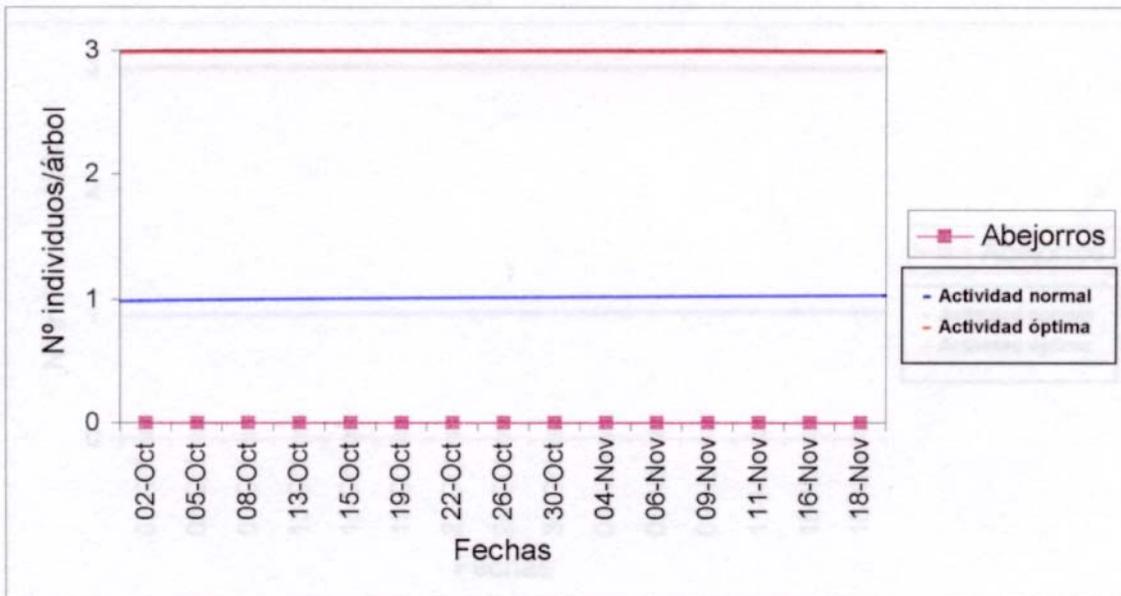
g)



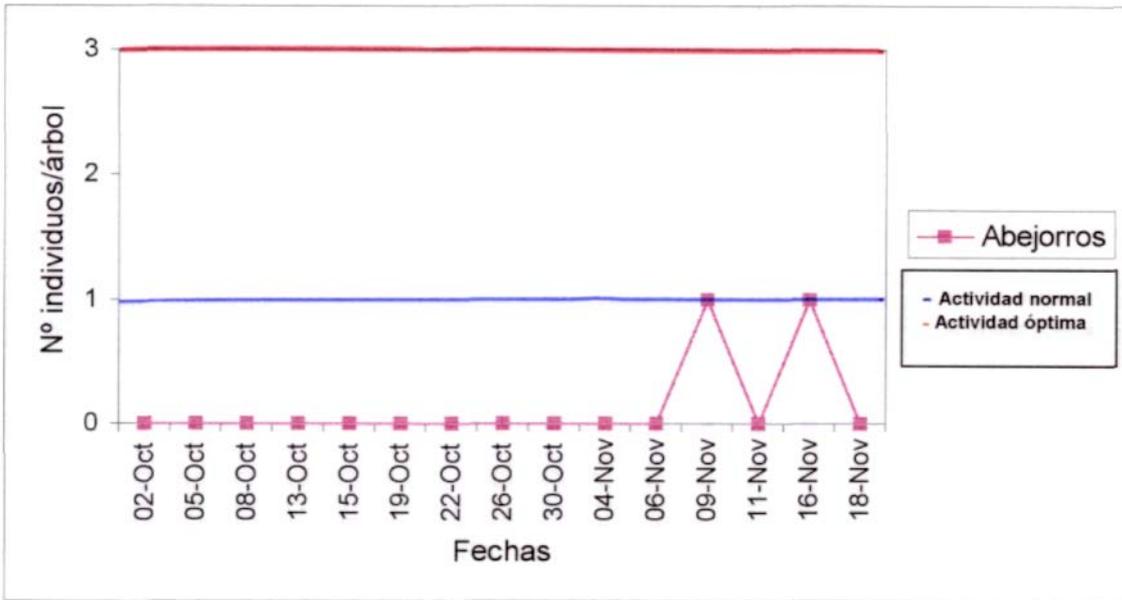
h)



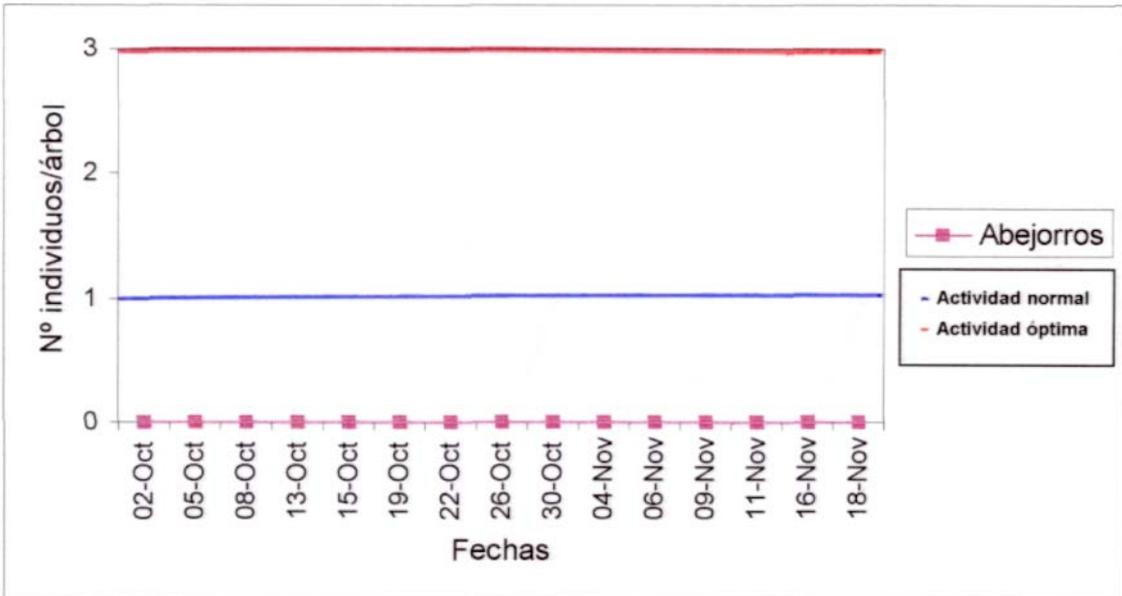
i)



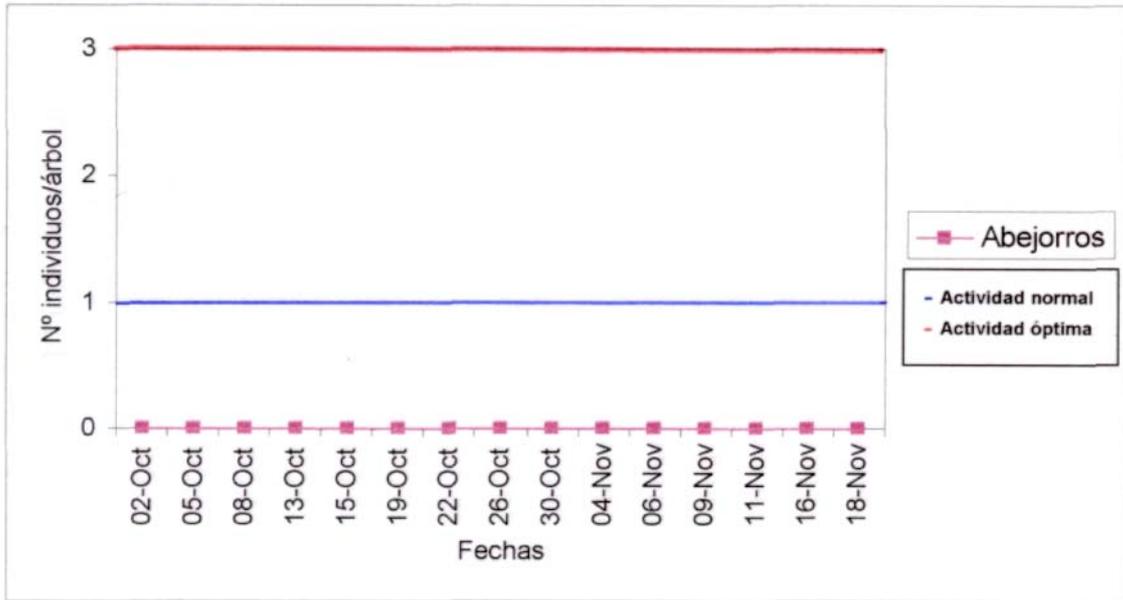
j)



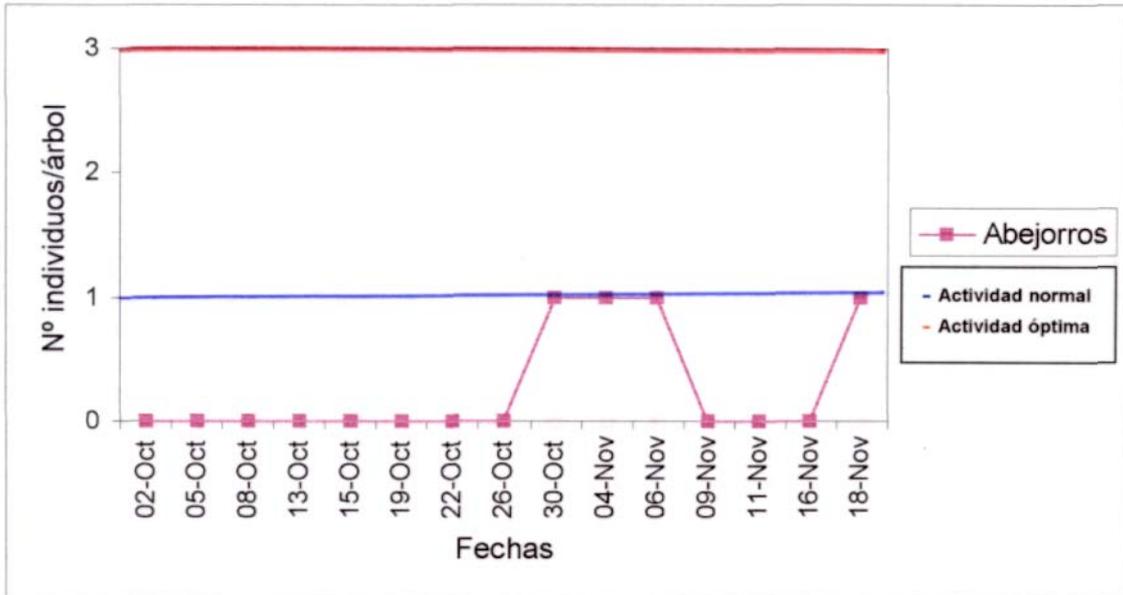
k)



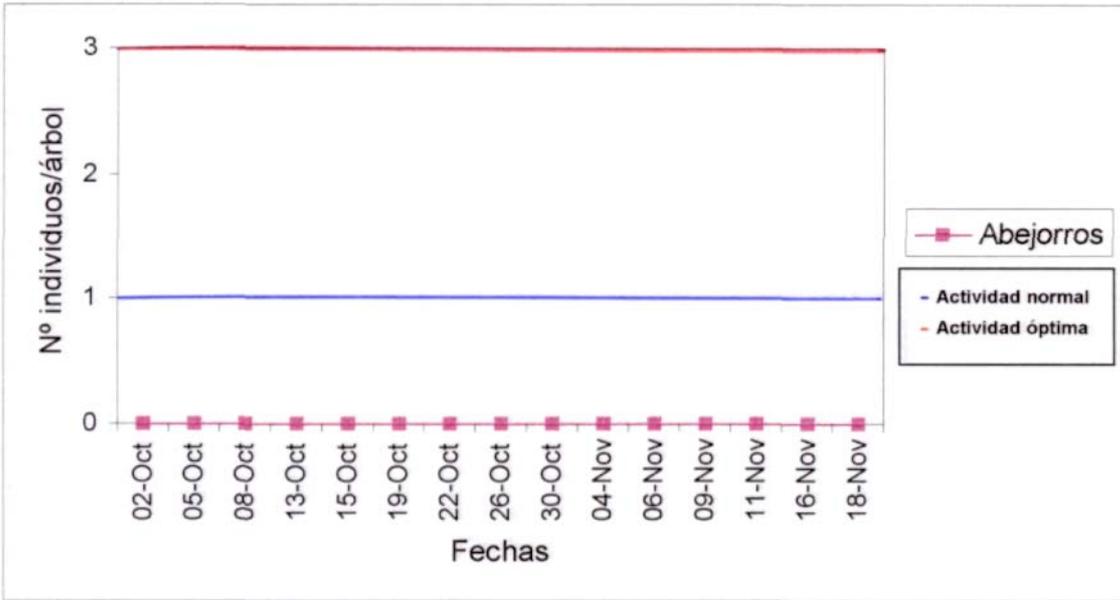
l)



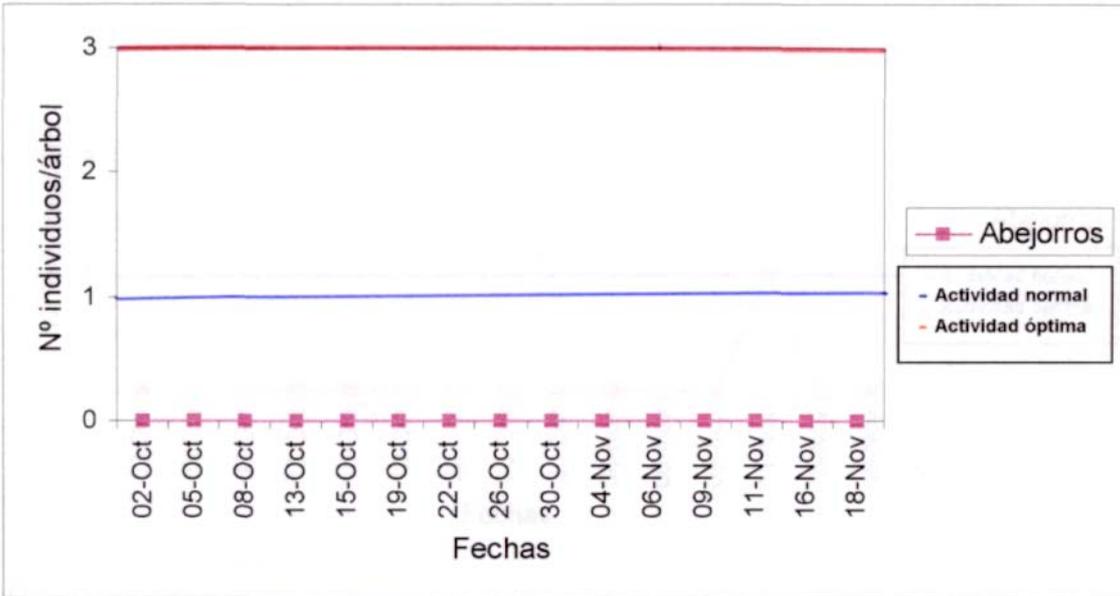
m)



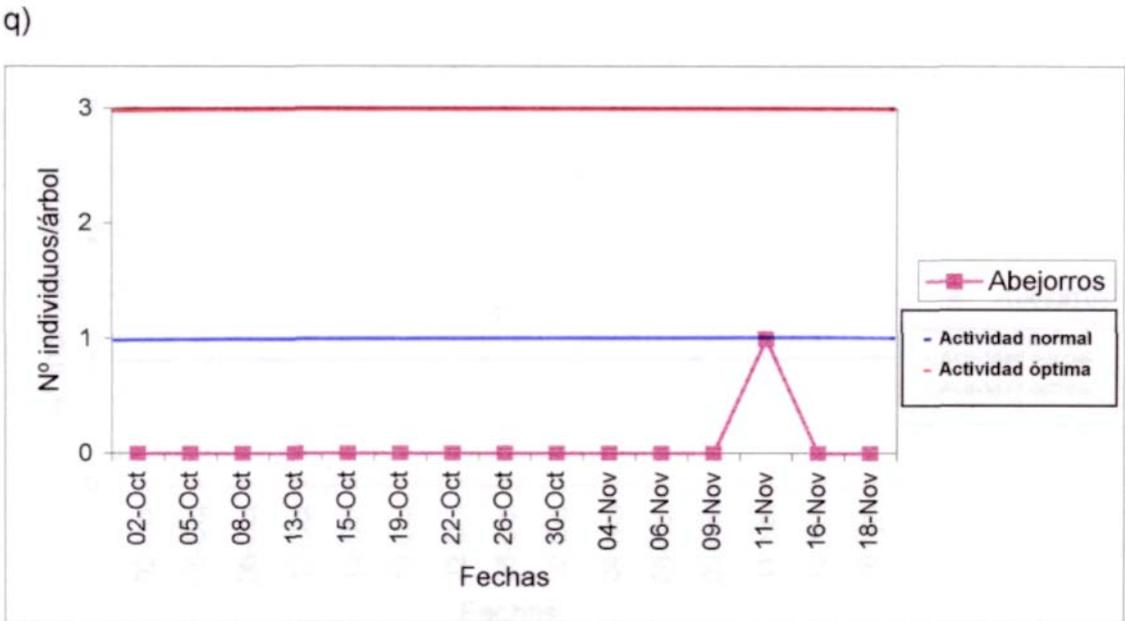
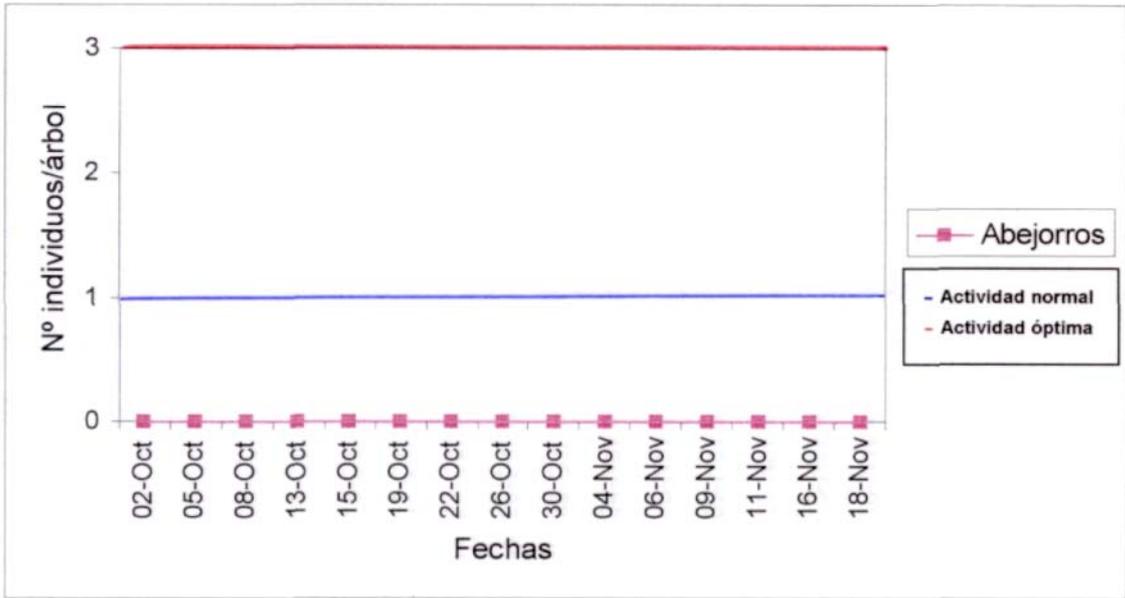
n)

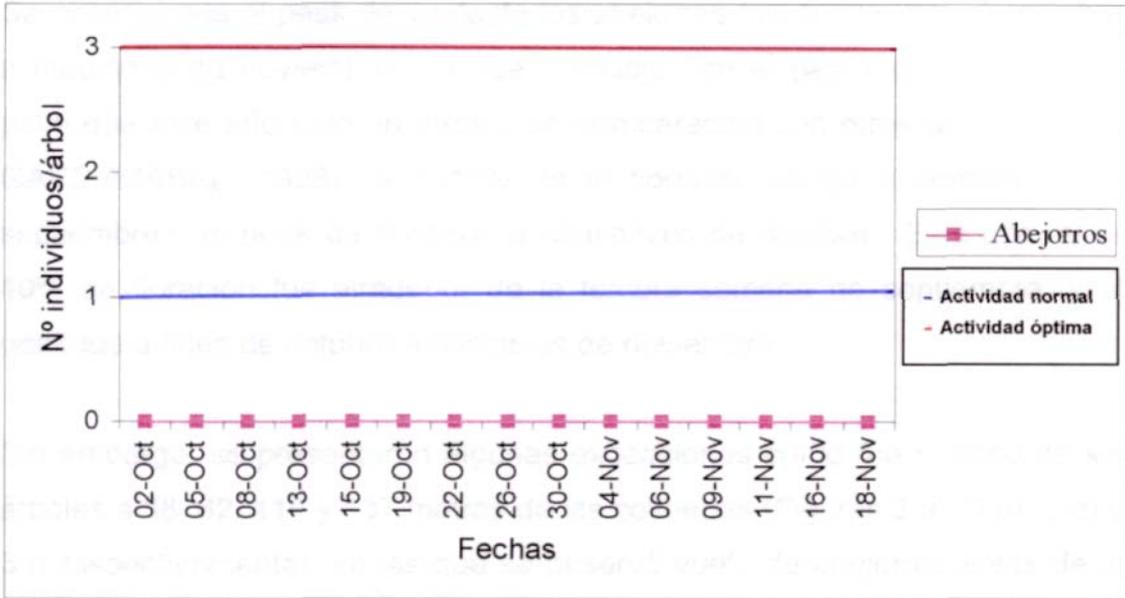


o)

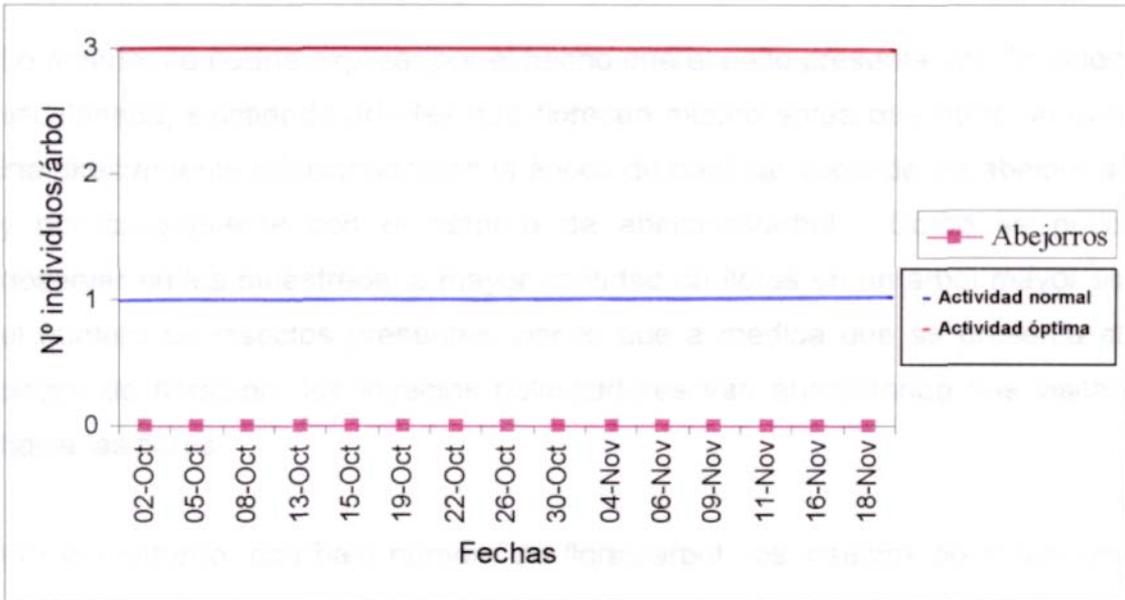


p)





s)



t)

Se observó que el peak de vuelo de los abejorros fue desde fines de octubre a mediados de noviembre, lo que coincidió con el peak de floración del palto que este año tuvo un atraso, en comparación con otros años. Según GARDIAZÁBAL (1998)*, el 5-10% de la floración se da a comienzos de septiembre y el peak de floración a comienzos de octubre. Este año, el 5-10% de floración fue alrededor de la tercera semana de septiembre, y el peak fue a fines de octubre a principios de noviembre.

Sin embargo, se presentaron algunas excepciones como fue el caso de los árboles a 38, 62, 119 y 137 metros de las colmenas (Figuras 3 a), 3 b), 3 g) y 3 i) respectivamente), en las que se observó vuelo de abejorros antes de la fecha anteriormente nombrada.

Lo anterior se podría explicar por el hecho que el palto presenta una floración escalonada, existiendo árboles que florecen mucho antes que otros, lo que iría directamente relacionado con la época de peak de vuelo de los abejorros, y por consiguiente con el número de abejorros/árbol. Como se pudo observar en los muestreos, a mayor cantidad de flores en un árbol mayor es el número de insectos presentes; por lo que a medida que se presenta el peak de floración, los insectos polinizadores van aumentando sus visitas hacia las flores.

Por el contrario, con bajo número de flores/árbol, los insectos polinizadores suelen irse hacia otras flores más atractivas que la flor del palto. Según GARDIAZÁBAL (1998)*, la flor del palto es muy poco atractiva para las abejas, con un polen muy pegajoso y con un néctar con 90% de sacarosa, siendo ideal para las abejas un néctar de 40% de sacarosa.

* GARDIAZÁBAL, F. Ing. Agr. 1998. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

Se puede considerar también que durante la floración de paltos, se encuentran la mayoría de las especies frutales en flor, sumado además el hecho de que existe un gran espectro de malezas que se encuentran en los huertos chilenos y que compiten con la flor del palto.

En relación a la distancia recorrida por los abejorros, se observó que se presentaron hasta los 243 m, ya que se encontró en uno de los muestreos un abejorro en el árbol ubicado a 243 m de la colmena, no observándose durante las mediciones, abejorros a los 256 m de distancia. Según MAN (1997)*, se ha registrado que *Bombus terrestris* vuelan hasta 2000 m de distancia, por lo que si el área en estudio hubiese sido mayor, posiblemente se habrían encontrado abejorros a una mayor distancia.

La Figura 3, relacionada con los Anexos 3 y 4, muestran claramente que en condiciones de día nublado, la actividad de las abejas bajó drásticamente, en cambio la actividad de abejorros se mantuvo constante e inclusive se vio aumentada. En las mediciones realizadas los días 2, 8, 13, 15, 22 de octubre y el 18 de noviembre se presentó la condición de día nublado, y en ellas se puede observar lo descrito anteriormente, a pesar que las temperaturas registradas al momento de las mediciones jamás bajó de los 20°C (Anexo 3).

Por el contrario, en días despejados y cálidos, no se observó una marcada diferencia entre la actividad de abejas y abejorros, manteniéndose más o menos constante.

* MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

Lo anterior concuerda con lo descrito por ÁLVAREZ (1995), el cual señala el origen subtropical de las abejas, las que se ven restringidas en días de lluvia, niebla o vientos superiores a 25 km/h. Además, con temperaturas bajo los 13°C las abejas no vuelan, con 15°C realizan vuelos cortos y con más de 21 °C sus vuelos son completos. Esto hace que los umbrales de temperatura a los que desarrollan su actividad eficiente no coincidan totalmente con la floración del palto.

Por otro lado, *Bombus terrestris* es un insecto adaptado a trabajar en condiciones extremas de clima, cuyo habitat son lugares fríos, encontrándose a 800 km del polo norte, por lo que bajas temperaturas no lo afectan, trabajando incluso en días nublados y de lluvia (se les ha visto trabajar hasta con 2°C) (MAN, 1997)*.

En relación a la actividad de *Bombus terrestris* y relacionándola con el Cuadro 3, se puede observar que solamente a los 62 m de la colmena (Figura 3 b), se presentó una actividad óptima de abejorros el día 22 de octubre, en condiciones de día nublado y con 21,5°C, encontrándose tres abejorros/planta, en cambio, bajo las mismas condiciones se observó una actividad mínima de abejas (Anexo 4), lo que indicaría la baja actividad de ellas en días nublados.

En general, se puede observar que hasta los 137 m de distancia de las colmenas (Figura 3 a) a la 3 i), la actividad de abejorros fue relativamente normal durante el peak de floración. Sin embargo, a los 91, 103 y 134 m (Figura 3 d, 3 e, y 3 h) se obtuvo una actividad normal sólo en una fecha, el día 9 de noviembre, 11 de noviembre y 22 de octubre, respectivamente.

* MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

Para el caso de los árboles a 110 y 137 m (Figuras 3 f y 3 i), se observó actividad normal en dos fechas distintas.

Observando el resto de las Figuras, se puede notar que solamente en los árboles a 158, 182 y 199 m (Figuras 3 k), 3 n), y 3 m)) se obtuvo una actividad normal de abejorros entre la segunda y tercera semana de noviembre, en condiciones de día nublado y despejado (Anexo 3), lo que indicaría la posibilidad de presentarse una actividad de abejorros durante ambas condiciones de días, con cifras similares e incluso más altas en días nublados. En el resto de los árboles no se presentó actividad de abejorros.

Esta baja presencia de abejorros en los árboles se puede deber al hecho que en este huerto se colocaron ocho colmenas, cifra al parecer baja, debido a que hacia el norte, sur y este del huerto en estudio se encuentran otros huertos de palto, por lo que el radio de acción de estos insectos se amplía enormemente. Al respecto, MAN (1997)* señala que es adecuado colocar una colmena para 1600 m² de palto, lo que corrobora el bajo número de colmenas utilizadas.

Además, es importante recalcar el hecho que algunos de los árboles marcados se encontraban en año "off", por lo que produjeron bajo número de flores llegando, inclusive algunos árboles, a no presentar flores. Es por esta razón que algunos árboles no fueron visitados por abejas ni abejorros, lo que condujo a no obtener valores de actividad de ellos.

*MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad-Mordechai. Comunicación personal.

Según GARDIAZÁBAL (1998)*, el cultivar Hass presenta un bajo añerismo a nivel de huerto, pero el añerismo en cada árbol es sumamente marcado. De esta forma, las producciones de cada árbol se van intercalando en los años, presentándose años de alta producción (años "on") en algunos y de baja producción (años "off") en otros.

Es importante notar que los árboles se marcaron de acuerdo a distancias definidas desde la colmena, motivo por el cual aquellos árboles que estaban de baja, de igual forma siguieron siendo medidos.

Relacionando Anexo 4 con el Cuadro 3, se puede observar que se presentó una actividad óptima de abejas solamente en dos de los árboles medidos y en solo dos fechas de muestreo, bajo condiciones de día despejado y con temperaturas superiores a 25°C (Anexo 3). En el resto de los registros de visitas de abejas, se presentó una actividad mínima y solamente con valores que llegan a los normales en fechas que corresponden al peak de floración.

Los valores anteriormente descritos demuestran que: a) la abeja no se comporta con su máximo potencial polinizador para las condiciones climáticas de Chile, ya sea por su origen subtropical que no lo permite adaptarse a las temperaturas de la zona en estudio, o b) Que la flor del palto es tan poco atractiva que hace que las abejas se desvíen a flores más atractivas para ellas (GARDIAZÁBAL y ROSENBERG, 1990; DE LA CUADRA, 1998).

* GARDIAZÁBAL, F. Ing. Agr. 1998. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Comunicación personal.

4.1.2. Evaluación de la actividad de *Bombus terrestris* a través del tiempo y a distintas distancias en Huerto "Hass 1995".

Los datos de actividad de *Bombus terrestris* para el huerto "Hass 1995" se observan en la Figura 4. Las visitas de *Bombus* se relacionaron con los datos de las condiciones imperantes del día de muestreo (despejado, nublado, parcial despejado) y con las temperaturas registradas en la Estación Climatológica de Quillota (Estación Experimental La Palma) (Anexo 3). Todo lo anterior, con la finalidad de determinar el nivel de actividad de abejorros en el huerto en estudio.

Es importante recalcar el hecho que se promediaron los datos de actividad de abejorros de aquellos árboles que se ubicaban a una misma distancia de la colmena, resultando de esta manera 10 árboles (10 distancias distintas) en lugar de 20.

Además, en el Anexo 5 se incluye como referencia, el registro de las visitas observadas de *Apis mellifera*, en un uso tradicional de polinización en paltos.

En el Anexo 7 se presenta un resumen de la actividad de *Apis mellifera* en todos los árboles medidos, y durante todo el período de muestreo para el huerto "Hass 1995".

En cuanto al peak de vuelo de los abejorros se puede observar que hasta 105 m de distancia de las colmenas (Figura 4 a, 4 b y 4 c), éstos presentaron una actividad más o menos pareja durante todas las mediciones, sin expresar algún peak en un momento preciso. Sin embargo, a 175 m de distancia de las colmenas (Figura 4 e), se presentó un peak de actividad de abejorros durante la segunda semana de noviembre, y a 210 m de distancia (Figura 4 f) durante la primera semana de noviembre.

Se puede observar claramente la disminución de la actividad de las abejas durante los días nublados, en comparación con los días soleados. Por el contrario, la actividad de abejorros no se vio afectada bajo estas condiciones, manteniéndose constante e inclusive aumentando.

Lo anteriormente descrito se puede apreciar en los días 2, 8, 13, 15, 22 de octubre y 18 de noviembre, en los cuales se presentó la condición de día nublado (Anexo 3). A pesar que las temperaturas registradas durante los días de mediciones no bajaron los 20°C, la condición de día nublado fue determinante para la actividad de las abejas, disminuyendo notablemente su actividad. Sin embargo, en días despejados no se observó diferencia notable en la actividad de abejas y abejorros.

Lo anterior corrobora lo señalado por MAN (1997)*, quien indica que el abejorro es originario de zonas frías, por lo que es capaz de realizar su actividad en días nublados y con bajas temperaturas. Además, el origen subtropical de las abejas podría impedir que estas se adaptasen a los umbrales térmicos y condiciones climáticas de la zona en estudio.

* MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

La distancia recorrida por *Bombus terrestris* fue de 245 m en el huerto en estudio, considerando que se midió hasta los 350 m. Sin embargo, sobre los 105 m de las colmenas, las visitas de abejorros a los paltos fueron más escasas. No obstante lo anterior, se tiene como referencia las visitas abundantes que realizaron los abejorros a los molles, árboles situados a 150 m desde las colmenas, lo que indicaría notoriamente la baja atracción de la flor del palto respecto a otras floraciones disponibles en el área.

Comparando el huerto "Hass 1992" con el huerto "Hass 1995", se puede decir que los abejorros recorrieron distancias similares, siendo de 243 m y 245 m, respectivamente. Sin embargo, MAN (1997)* señala que los abejorros recorren hasta 2000 m, por lo que al haber medido una superficie mayor, seguramente se hubiese registrado la presencia de abejorros en los árboles. Además, los árboles situados a 315 y 350 m de la colmena (Figura 4 i y 4 j, respectivamente) se encontraban en año de baja producción (año "off"), por lo que posiblemente los abejorros no los visitaron por el bajo número de flores que ellos presentaron, ocurriendo lo mismo con las abejas, que presentaron en estos árboles una baja actividad.

En el Anexo 5 se puede observar que la actividad de abejas fue mínima durante todo el período de floración y sólo en algunos de los árboles muestreados se obtuvo una actividad normal durante el peak de floración, bajo condiciones de día despejado y con temperaturas bordeando los 25°C (Anexo 3).

A distancias de hasta 105 m, (Figuras 3 a, 3 b, 3 c) se puede apreciar que los abejorros presentaron una actividad normal y pareja en el tiempo,

* MAN, Y. 1997. Pollination Services Yad- Mordechai. Comunicación personal.

encontrándose una actividad óptima de tres abejorros a 35 m de distancia de las colmenas (figura 3 a)), el día 22 de octubre, en condiciones de día nublado y con temperatura de 21,5°C (Anexo 3).

En los árboles situados a 175 y 210 m de la colmena (Figura 4 e y 4 f), se presentó una actividad normal, pero solamente en una fecha, el 11 de noviembre y 6 de noviembre, respectivamente. A partir de los 280 m (Figura 4 h), no se observó actividad de abejorros.

La baja actividad de abejorros en algunos árboles se debe a la presencia de melles situados a 150 m de las colmenas, los cuales son árboles o arbustos glabros o tormentosos, de 1,5 - 2,5 m de altura, distribuidos desde Coquimbo a Concepción, y que florecen desde septiembre a octubre, con flores blancas y frutos en drupa globosa (NAVAS, 1973). Durante la floración de estos árboles se observó la presencia de aproximadamente 50 abejorros/árbol, lo que explicaría la baja presencia de abejorros en paltos, y por consiguiente la mayor presencia de ellos a partir de noviembre, momento en el cual la floración de molles había finalizado.

Se suma a lo anterior la presencia de gran cantidad de maleza tanto en el huerto como en el estero, ubicado este último en el límite norte del huerto. Se observó gran cantidad de abejorros visitando flores de yuyo (*Brassica rapa* L.) y verónica (*Verónica pérsica* Poir), malezas cuya floración coincide con la floración del palto.

Todo lo anterior, sumado al bajo número de colmenas colocadas en el huerto (10 colmenas de abejorros), y a la baja atracción de la flor del palto, influyen directamente en la baja presencia de abejorros en algunos árboles del huerto.

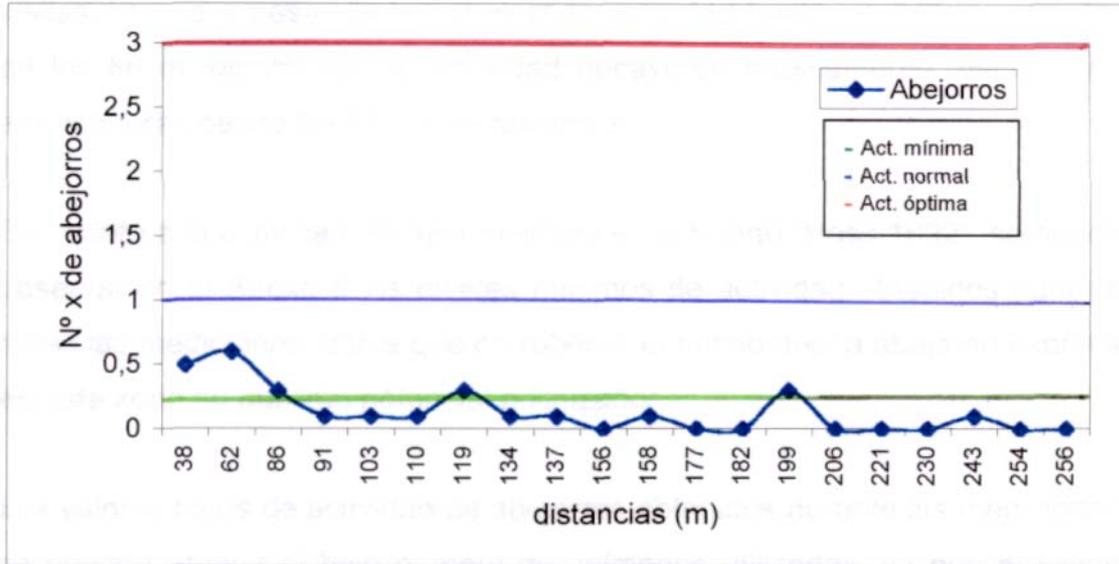
Se observó que la actividad de *Bombus terrestris* fue más alta en el huerto "Hass 1995" que en el huerto "Hass 1992", y además fue más constante a través del tiempo. Esto puede deberse al hecho que el huerto "Hass 1995" no tenía polinizantes ni huertos colindantes de paltos, por lo que los abejorros no se desviaban hacia otros huertos, permaneciendo en el huerto en estudio.

4.1.3. Resumen de la actividad de *Bombus terrestris* en huerto "Hass" 1992 y 1995.

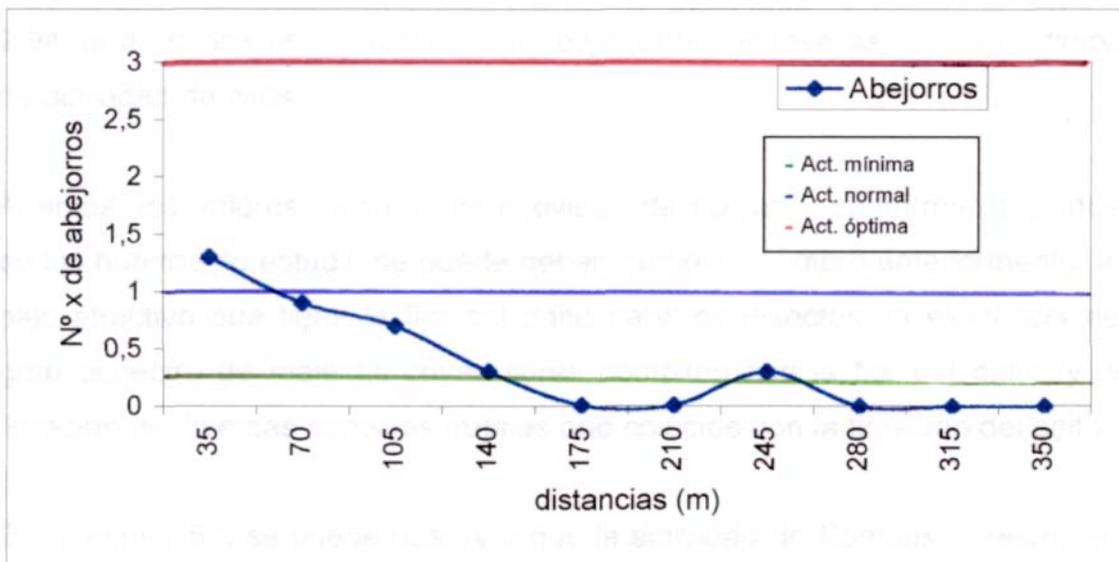
Los niveles de actividad de *Bombus terrestris* para los huertos "Hass 1992 y 1995" se observan en la Figura 5, donde se señala la actividad de estos abejorros para cada distancia analizada.

Como se observa en la Figura 5 a, la actividad de *Bombus terrestris* en el huerto "Hass 1992" se mantuvo en niveles bajo los mínimos en la mayoría de los árboles marcados durante las mediciones, jamás alcanzando niveles normales de actividad.

Se puede observar que los valores más altos de actividad (actividad mínima), se obtuvo en aquellos árboles más cercanos a las colmenas de abejorros, presentándose los valores mayores hasta los 86 m de distancia desde ellas. A pesar que los datos reflejan que la actividad de *Bombus terrestris* disminuye bruscamente desde los 86 m de distancia, ésta se observó hasta los 137 m de distancia, después de la cual se obtuvo valores cero de actividad, a excepción de los árboles ubicados en las distancias 158 y 243 m de las colmenas que alcanzaron valores de actividad bajo el mínimo y a los 199 m que alcanzaron valores mínimos de actividad, pero jamás superiores a los obtenidos hasta los 86 m de distancia.



a)



b)

FIGURA 5. Resumen de la actividad de *Bombus terrestris* a) en huerto "Hass 1992" b) en huerto "Hass 1995".

De esta forma, se observó un efecto notable de la distancia sobre el nivel de visitas, ya que a pesar de haber existido actividad hasta los 243 m, a contar de los 86 m los valores de actividad decayeron bruscamente, haciéndose aún menores desde los 137 m de distancia.

En cuanto a la actividad de *Apis mellifera* en el huerto "Hass 1992", se puede observar en el Anexo 6 los niveles mínimos de actividad obtenidos durante todas las mediciones, datos que corroboran el hecho que la abeja no expresa en esta zona su máximo potencial polinizador.

Los valores bajos de actividad de abejorros obtenidos durante las mediciones se pueden atribuir al bajo número de colmenas utilizadas, ya que al existir diversos huertos de palto colindantes al huerto en estudio, el radio de acción de los insectos aumenta. Es por esto que ocho colmenas de abejorros para 2,94 ha de paltos es un número muy bajo, obteniéndose así valores ínfimos de actividad de ellos.

Además, los valores mínimos de actividad de abejas y abejorros obtenidos en los huertos de estudio se puede deber, como se nombró anteriormente, al bajo atractivo que tiene la flor del palto para los insectos, la existencia de gran espectro de malezas cuyas flores compiten con la flor del palto, y la floración de diversas especies frutales que coincide con la floración del palto.

En la Figura 5 b se puede observar que la actividad de *Bombus terrestris* en el huerto "Hass 1995" estuvo sobre el mínimo, hasta 140 m de distancia de las colmenas, a excepción del árbol 1 ubicado a 35 m de distancia de las colmenas, en el que se observó una actividad normal de abejorros.

Sin embargo, desde los 140 m de distancia, la actividad de abejorros fue disminuyendo gradualmente llegando a valores bajo los mínimos, a excepción del árbol a 245 m de la colmena, en el que se registró una actividad mínima. A partir de los 280 m de distancia de la colmena, los abejorros comenzaron a desaparecer por completo.

Lo anterior refleja la existencia de un efecto directo de la distancia sobre el nivel de visitas, ya que a medida que la distancia de los árboles a las colmenas aumentaba los niveles de actividad disminuyeron notablemente hasta finalmente desaparecer, no presentándose indicios algunos de actividad.

En el Anexo 7 se puede observar que los niveles de actividad de *Apis mellifera* para el huerto "Hass 1995" se mantuvieron en los rangos mínimos para todas las distancias analizadas.

Relacionando la actividad de *Bombus terrestris* en ambos huertos, se puede observar que a pesar de haber obtenido valores de actividad mínima de abejorros en ambos huertos, el huerto "Hass 1995" (sin polinizantes) presentó valores mayores de actividad que el huerto "Hass 1992", además que presentó a los 35 m de distancia de la colmena, una actividad normal de abejorros. Esto se puede deber al hecho que, como se nombró anteriormente, el huerto "Hass 1995" no tenía polinizantes ni huertos colindantes de paltos, por lo que los abejorros no se desviaban hacia otros huertos permaneciendo en el huerto en estudio.

Además, se observó un efecto de la distancia sobre el nivel de visita mucho más marcado en el huerto "Hass 1995" (sin polinizantes) que en el huerto "Hass 1992" (con polinizantes), ya que en el primero los valores de actividad

fueron disminuyendo gradualmente a medida que se fue alejando en distancia desde la ubicación de las colmenas.

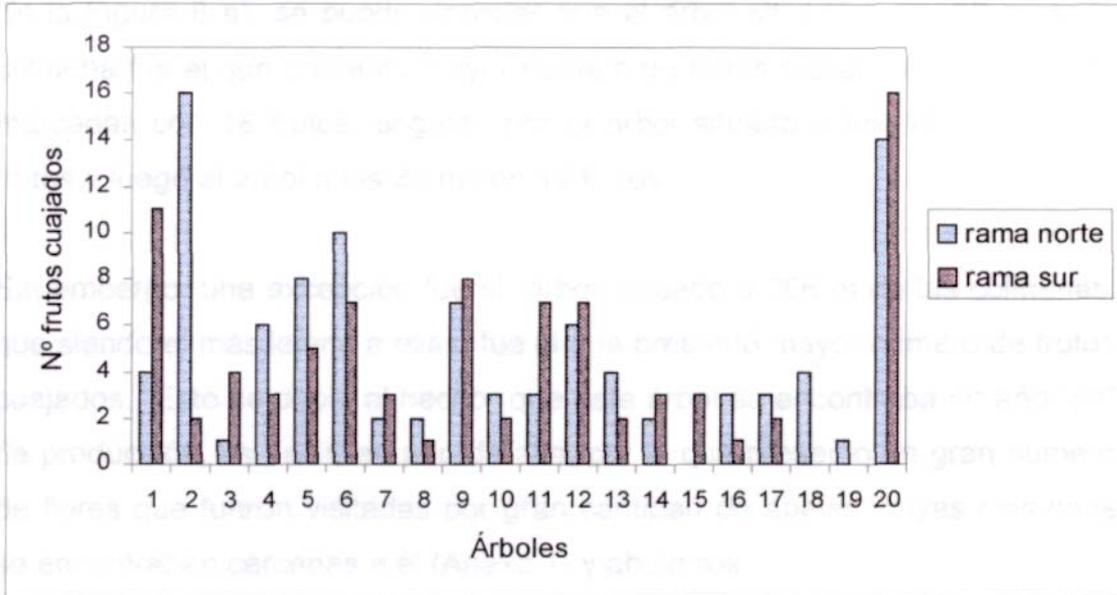
En cuanto a la actividad de abejas, ambos huertos presentaron una actividad mínima de ellas, llegando a valores normales solo durante el peak de floración.

4.2. Determinación del número de frutos cuajados:

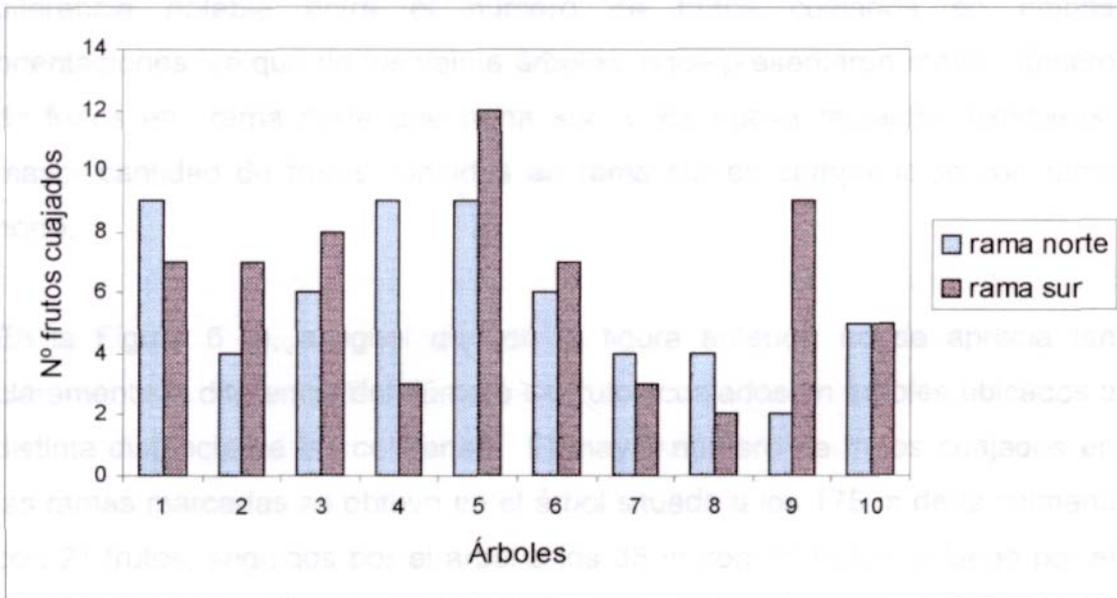
Se procedió a contar los frutos cuajados de ramas previamente marcadas, dos ramas por árbol, una rama con orientación norte y otra con orientación sur de todos los árboles medidos de ambos huertos.

Para el recuento de frutos cuajados en árboles del huerto "Hass 1995", se promedió aquellos frutos provenientes de árboles situados a la misma distancia de las colmenas.

En las Figuras 6 a y 6 b se puede apreciar el número de frutos cuajados de cada rama marcada y de cada huerto en estudio.



a)



b)

FIGURA 6 Numero de frutos cuajados en árboles de huerto a) Hass 1992 b) Hass 1995

En la Figura 6 a), se puede apreciar que el árbol situado a los 62 m de la colmena fue el que presentó mayor número de frutos cuajados en sus ramas marcadas con 18 frutos, seguido por el árbol situado a los 109 m con 17 frutos y luego el árbol a los 38 m con 15 frutos.

Sin embargo, una excepción fue el árbol situado a 266 m de las colmenas, que siendo el más lejano a ellas, fue el que presentó mayor número de frutos cuajados. Esto se debió al hecho que este árbol se encontraba en año "on" de producción, es decir, en año de alta, por lo que presentó un gran número de flores que fueron visitadas por gran cantidad de abejas, cuyas colmenas se encontraban cercanas a él (Anexo 1) y abejorros.

Observando en la Figura 6 a) las ramas norte y sur, no se encontró una diferencia notable entre el número de frutos cuajados en ambas orientaciones, ya que de los veinte árboles, once presentaron mayor número de frutos en rama norte que rama sur, y los nueve restantes exhibieron mayor cantidad de frutos cuajados en rama sur en comparación con rama norte.

En la Figura 6 b), al igual que en la figura anterior, no se aprecia tan claramente la diferencia del número de frutos cuajados en árboles ubicados a distinta distancia de las colmenas. El mayor número de frutos cuajados en las ramas marcadas se obtuvo en el árbol situado a los 175 m de la colmena con 21 frutos, seguidos por el árbol a los 35 m con 16 frutos, y luego por el árbol situado a los 105 m con 14 frutos. Estos valores se debieron posiblemente a la diferencia que presentan los árboles dentro de un huerto, algunos estando en año "on" de producción y otros en año "off", por lo que el árbol situado a 175 m de las colmenas pudiera haberse encontrado en año de alta producción además de estar cercano a las colmenas de abejas, y por

ésto explicaría el mayor número de frutos en comparación al árbol ubicado a los 35 m que es el más cercano a las colmenas.

Al igual que en la Figura 6 b), no se observan diferencias entre ramas norte y sur, ya que de los diez árboles, cuatro obtuvieron mayor número de frutos en rama norte que sur, cinco obtuvieron mayor cantidad en rama sur que norte, y un árbol presentó igual cantidad de frutos en rama norte y sur.

En la figura 6 b), es importante recalcar el hecho que los árboles más cercanos a las colmenas de abejorros (hasta los 105 m), fueron los que obtuvieron un mayor número de frutos cuajados, coincidiendo éstos con valores adecuados de actividad de abejorros. Sin embargo, esto no se puede generalizar, ya que existieron árboles que fueron visitados por un gran número de abejorros pero obteniendo un bajo número de frutos cuajados. Es por esta razón, que no se observó un efecto directo de la distancia sobre la actividad de *Bombus terrestris*, y por consiguiente, sobre la cuaja de frutos de palto.

Además, como se observa en las Figura 6, se puede apreciar el mayor número de frutos cuajados en el huerto "Hass 1995" (sin polinizantes), ya que se obtuvo mayor número de frutos cuajados como promedio del huerto en general, y además, porque este número más alto de frutos en comparación con huerto "Hass 1992", se mantuvo de forma más pareja en todas las distancias analizadas.

5. CONCLUSIONES

Relacionando la actividad de *Bombus terrestris* y *Apis mellifera* con la condición de día nublado y despejado, se observó que en condiciones de día nublado la actividad de abejas disminuyó, en cambio, la actividad de abejorros se mantuvo constante e inclusive se vio aumentada. Por el contrario, en condición de día despejado, no se presentó una diferencia en los valores de actividad de abejas y abejorros.

Con respecto a la distancia sobre el nivel de visitas se observó un efecto, ya que a medida que las distancias desde las colmenas fueron aumentando, los valores de actividad de abejorros fueron disminuyendo hasta desaparecer por completo. Lo anterior se observó de forma más marcada en el huerto "Hass 1995" que en el huerto "Hass 1992".

La actividad de abejas y abejorros en ambos huertos fue mínima, sin embargo, el huerto "Hass 1995" (sin floraciones cercanas) presentó valores mayores de actividad de abejorros como promedio general del huerto, en comparación con el huerto "Hass 1992" (con floraciones cercanas).

Con respecto a la orientación de las ramas, se observó similitud entre número de frutos cuajados en rama con orientación norte y con orientación sur.

6. RESUMEN

En Chile, el palto se ha convertido en una de las especies frutales más importantes, llegando a ocupar actualmente alrededor de 16.000 ha. Sin embargo, esta especie presenta diversos problemas de producción que se reflejan a nivel de polinización, producciones bianuales y caídas de frutos.

Al parecer, problemas de polinización y cuaja son las causas principales de los rendimientos bajos en Chile, esto debido a la baja atracción que tiene la flor del palto para los insectos; al fenómeno de dicogamia protogínea, que se traduce en una menor posibilidad de autopolinización de las flores; al particular comportamiento de floración (patrones A y B); y a la utilización de *Apis mellifera* como agente polinizador del palto, insecto que por sus características es poco activa en días nublados y fríos, condición frecuente de la zona en estudio.

Debido al aumento del número de huertos que debe entrar en producción en Chile, y a la creciente competencia en el mercado externo que podría derivar en un aumento en la oferta internacional de paltas, es que surge la necesidad de buscar alternativas tecnológicas para superar los problemas anteriormente señalados.

Para ésto, en la Estación Experimental La Palma de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, se llevó a cabo un estudio de la utilización de *Bombus terrestris* como agente polinizador del palto (como complemento de *Apis mellifera*), insecto que actuaría con umbrales térmicos menores a los de las abejas, visitarían un mayor número de flores/minuto y transportarían una mayor cantidad de polen en cada uno de sus viajes.

Se realizaron evaluaciones de la actividad de *Bombus terrestris* bajo condiciones climáticas de la zona de Quillota, llevando a cabo un conteo de las visitas realizadas por los insectos hacia las flores del palto, y evaluaciones de la capacidad de *Bombus terrestris* como polinizador del palto mediante el conteo del número de frutos cuajados.

Se obtuvo como resultado que la actividad de abejorros fue mínima para el huerto "Hass 1992" y también para el huerto "Hass 1995" a excepción de encontrarse una actividad normal a los 35 m de distancia de las colmenas en este último. Además, la actividad de abejas fue mínima en los dos huertos de palto Hass analizados, obteniendo valores de actividad normal sólo durante el peak de floración.

Se encontró un efecto marcado de la distancia sobre el nivel de visitas de los abejorros, ya que aquellos árboles que estaban más cercanos a las colmenas fueron los que tuvieron mayor número de visitas. Este efecto, sin embargo, no reflejó una diferencia clara en el número de frutos cuajados. Además, no se observó efecto de la orientación de las ramas respecto a la cuaja de frutos. En cuanto a la distancia recorrida por los abejorros, esta fue de 245 m como promedio de ambos huertos.

La condición de día nublado y despejado fue determinante para la actividad de abejas, más que las temperaturas registradas, ya que en días nublados la actividad de ellas bajó drásticamente, en cambio la actividad de abejorros se mantuvo constante e inclusive aumentada. En días despejados no se observó diferencias notables de actividad de ambos insectos.

7. LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, P. 1995. Evaluación de *Bombus dahlbomii* como agente polinizador del cranberry, X región. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Universidad Austral, Facultad de Agronomía. 85 p.
- APABLAZA, C. 1981. Efecto de C 598 como atrayente de abejas (*Apis mellifera* L.) en la polinización de paltos (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte para la zona de Quillota, V región. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 50 p.
- ARA YA, G. 1996. Caracterización de la floración del palto (*Persea americana* Mill.) en los cultivares Bacon, Edranol, Hass, Negra de la Cruz y Zutano para la zona de Quillota, V región. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 77 p.
- BARROS, R. y SÁNCHEZ, L. 1992. The Chilean Avocado Industry. World Avocado Congress II Proceedings. University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, California, april 21-26, 1991. pp. 639-642.
- BECKEY, R. 1989. To bee or not to be. Pollination of avocados. California Grower 13(2): 30-32.
- BERGH, B.O. 1969. Avocado (*Persea americana* Mill.) In: Ferwerda, FP. And Witt, F. (eds). Quilines of perennial crop breeding in the tropics. Netherlands, Landbouwhogeschool. pp.23-51.
- BIOBEST. 1996. Abejorros y la aplicación práctica de Natupol en el cultivo de tomates y pimentón. Bélgica, BIOBEST, 10 p.
- CAUTÍN, 1996. Nuevos antecedentes sobre requerimientos de polinización y variedades. In: Razeto, B. y Fichet, T. eds. Cultivo del Palto y perspectivas de mercado. Santiago, Universidad de Chile, pp. 15-29 (Publicaciones Misceláneas Agrícolas n°45).
- COSTA, G., TESTOLIN, R., VIZZOTTO, G. 1993. Kiwifruit pollination: an unbiased estimate of wind and bee contribution. New Zeland Journal of Crop and Hort. Science 21: 189-195.

- DAVENPORT, T. and LAHAV, E. 1992. "Is a pollinator required to maximize avocado production?". World Avocado Congress II Proceedings. University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, California, april 21-26, 1991. pp. 667-668.
- DAVENPORT, T. 1992. Pollination habitat of avocado cultivars in south Florida. World Avocado Congress II Proceedings. University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, California, april 21-26, 1991. pp. 169-171.
- DEGANI, CH., GOLDRING, A., GAZIT, SH., LAVI, U. 1986. Genetic selection during the abscission of avocado fruitlets. *Journal of Horticultural Science* 21 (5): 1187-1188.
- DE LA CUADRA, S. 1998. La polinización con abejas en huertos frutales para exportación en Chile. VI Congreso Iberoamericano de apicultura. XII seminario Americano de apicultura. Olmué, 17-21 de agosto de 1998. pp. 1-8.
- DIMITROV, P. 1997. The seasonal dynamics of flight in *Bombus terrestris* L. *Acta Horticulturae* N°437: 299-302.
- GARCÍA, 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. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de agronomía. 42 p.
- GARDIAZÁBAL, 1998. Floración en paltos. Sociedad Gardiazábal y Magdhal. Seminario Internacional de paltos. Viña del Mar, 4-6 de noviembre de 1998. pp. 51-72.
- y ROSENBERG, G. 1990. Cultivo del palto. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 210 p.
- y GANDOLFO, S. 1996. Autopolinización y polinización cruzada en palto Hass. *Empresa y Avance Agrícola* 5(42): 18-20.
- GONZÁLEZ, R. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Santiago, Ograma. 310 p.
- GOODELL, K. and THOMPSON, D. 1997. Comparisons of pollen removal and deposition by honey bees and bumblebees visiting apple. *Acta Horticulturae* N°437:103-107.

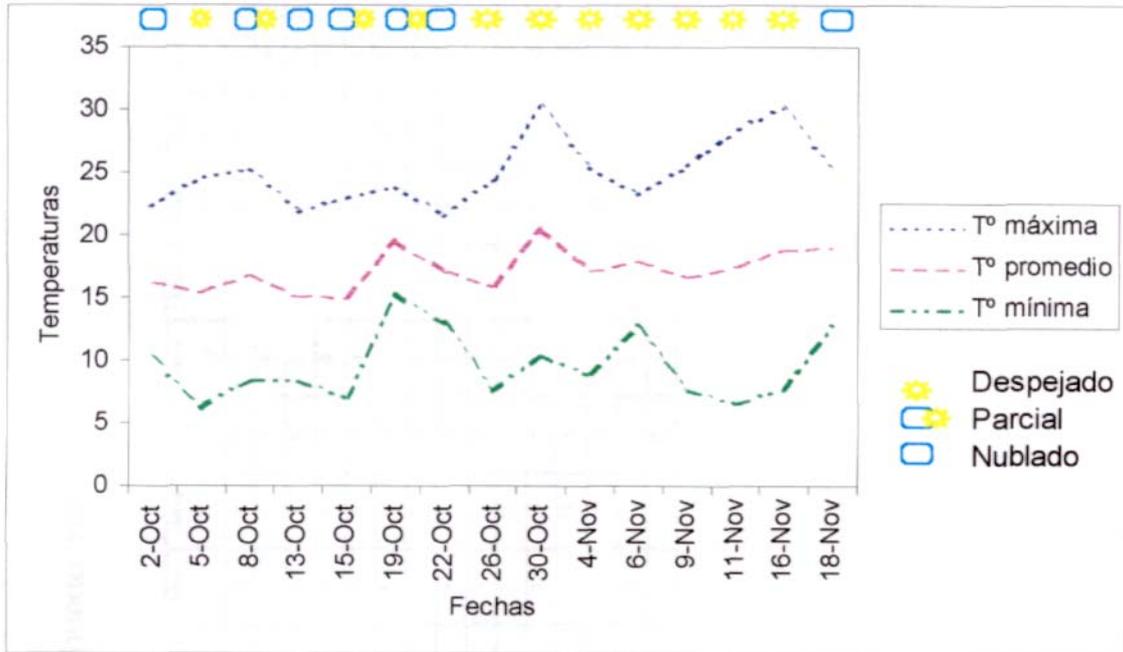
- GOODWIN, R. and STEVEN, D. 1993. Behaviour of honey bees visiting kiwifruit flowers. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 21:17-24.
- IBAR, L. 1986. Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango y papaya. Barcelona. Aedos. 175p.
- ISH-AM, G and EISIKOWITCH, D. 1993. The behaviour of honey bees (*Apis mellifera*) visiting avocado (*Persea americana*) flowers and their contribution to its pollination. *Journal of Apicultural Research* 32(3/4): 175-186.
- ISH-AM, G and EISIKOWITCH, D. 1998. Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 2(73): 195-204.
- JEAN-PROST, P. 1989. Conocimiento de la abeja, Manejo de la colmena. Madrid, Mundi-Prensa. 726 p.
- KOHNE, J. 1998. Floración, desarrollo de fruta y manipulación de producción en palto. Sociedad Gardiazábal y Magdhal. Seminario Internacional de paltos. Viña del Mar, 4-6 de noviembre de 1998. pp. 81-90
- KWAK, M. 1997. Flowering phenology and bumblebee-mediated pollen flow in *Phyteuma nigrum* (CAMPANULACEAE). *Acta Horticulturae* N°437:59-63.
- LAHAV, E., LAVI, U., DEGANI, CH. 1992. Avocado Breeding in Israel. World Avocado Congress II Proceedings. University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, California, april 21-26, 1991. pp. 569.
- LÓPEZ, E. 1997. Uso comercial de abejorros polinizadores (*Bombus*). *Empresa y Avance Agrícola* 6(46):8-9.
- LOVATT, C. 1997. Pollination biology and fruit set in avocado. Australian Avocado Growers Federation Inc. Searching for Quality. New Zealand: 106-112.

- MACFARLANE, R and PAITEN, D. 1997. Food sources in the management of bumblebee populations around cranberry marshes. *Acta Horticulturae* N°437:239-244.
- MAGDHAL, C. 1998. La industria de la palta en Chile. Sociedad Gardiazábal y Magdhal. Seminario Internacional de paltos. Viña del Mar, 4-6 de noviembre de 1998. pp. 1-13.
- MAYER, D. and LUNDEN, J. 1997. A comparison of commercially managed bumblebees and honey bees (*Hymenóptera: apidaé*) for pollination of pears. *Acta Horticulturae* N°437:283-286.
- MEISELS, S. and CHIASSON, H. 1997. Effectiveness of *Bombus impatiens* Cr. as pollinators of greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* L). *Acta Horticulturae* N°437:425-428.
- NAVAS, L. 1973. Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Universidad de Chile, Andrés Bello. 301 p.
- ODEPA, 1998. El mercado de las paltas. Chile Agrícola. 113-115p.
- ORTÚZAR, J. 1996. Situación actual y perspectivas del palto en el mundo. In: Razeto, B. y Fichet, T. eds. Santiago, Universidad de Chile, pp. 1-7 (Publicaciones Misceláneas Agrícolas n°45).
- OSBORNE, J. and WILLIAMS, I. 1997. Harmonic radar: a new technique for investigating bumblebee and honey bee foraging flight. *Acta Horticulturae* N°437:159-163.
- PAPADEMETRIOU, M. 1976. Some aspects of the flower behaviour, pollination and fruit set of avocado (*Persea americana* Mill.) in Trinidad. *California Avocado Society Yearbook* 60:106-152.
- PEÑA, L. 1996. Introducción al estudio de los insectos de Chile. Santiago, Universitaria. 253 p.
- RAZETO, B. 1996. Situación actual del palto en Chile, in:Razeto, B. y Fichet, t. eds. Cultivo del palto y perpectivas de mercado. Santiago, Universidad de Chile, pp. 9-13 (Publicaciones Misceláneas Agrícolas N°45).
- ROOTA. 1984. ABC y XYZ de la apicultura. Buenos Aires, Hemisferio sur. 723 p.

- SALAZAR-GARCÍA, S., LORD, E., LOVATT, C. 1998. Inflorescence and flower development of the "Hass" avocado (*Persea americana* Mill) during "on" and "Off crop years. Journal American Society for Horticultural Science 123(4): 537-544.
- SÁNCHEZ, J and PALOMARES, P. 1992. The relationship of flowering time to harvest time. World Avocado Congress II Proceedings. University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, California, april 21-26, 1991. pp. 496.
- SCHROEDER, C. 1944. The avocado inflorescence. California Avocado Society Yearbook. pp. 39-40.
- SCORA, R. and BERGH, B. 1992. Origin of and taxonomic relationships within the genus *Persea*. World Avocado Congress II Proceedings. University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, California, april 21-26, 1991. pp. 505-506.
- TAPIA, P. 1993. Aproximación al ciclo fenológico del palto (*Persea americana* Mill.) cv. Hass para la zona de Quillota, V Región. Taller de licenciatura. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 82 p.
- VITHANAGE, V. 1990. The role of the European honeybee (*Apis mellifera* L.) in avocado pollination. Journal of Horticultural Science 65(1) 81-86.
- WOLSTENHOLME, B. 1992. Requirements for improved fruiting efficiency in the avocado tree. World Avocado Congress II Proceedings. University of California, Riverside and California Avocado Society. Orange, California, april 21-26, 1991. pp. 161-167.
- WADDINGTON, K. 1997. Foraging behavior of nectarivores and pollen collectors. Acta Horticulturae N°437:175-191.

ANEXOS

ANEXO 3. Condición climática durante el período de floración del palto cv. Hass, en la localidad de La Palma, Quillota, V región. 1998.



ANEXO 4. Registro de visitas de *Apis mellifera* en huerto "Hass 1992".

Fechas	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Arbol 4	Arbol 5	Arbol 6	Arbol 7	Arbol 8	Arbol 9	Arbol 10	Arbol 11	Arbol 12	Arbol 13	Arbol 14	Arbol 15	Arbol 16	Arbol 17	Arbol 18	Arbol 19	Arbol 20	
2 oct.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5 oct.	3	3	0	11	7	1	1	0	0	0	1	0	6	3	5	0	0	0	0	0	16
8 oct.	7	0	3	3	4	0	0	3	0	1	5	0	0	0	1	0	0	0	2	0	7
13 oct.	10	0	1	6	2	1	3	0	0	2	2	0	0	1	3	0	2	2	0	0	8
15 oct.	2	1	3	2	5	5	1	2	4	0	0	2	3	0	0	0	4	6	3	10	
19 oct.	0	7	1	4	3	3	2	1	6	1	0	2	5	0	0	0	4	5	2	8	
22 oct.	2	5	3	3	4	2	1	1	4	3	1	3	7	5	3	1	6	6	1	8	
26 oct.	7	12	3	3	5	5	5	5	1	4	3	6	2	3	3	2	8	7	2	3	
30 oct.	5	22	1	13	19	10	7	6	3	4	12	0	7	6	5	0	5	2	7	10	
4 nov.	8	20	5	15	20	12	9	5	6	5	15	1	8	10	3	2	10	4	11	13	
6 nov.	6	18	7	18	22	10	7	7	9	3	11	0	5	8	5	1	12	3	15	15	
9 nov.	4	20	10	16	19	12	6	5	10	5	15	1	4	6	6	0	10	4	13	19	
11 nov.	1	4	3	6	4	5	5	8	1	3	10	0	8	3	15	5	8	8	10	14	
16 nov.	1	2	2	2	3	5	3	3	0	2	7	1	5	5	8	3	4	6	6	9	
18 nov.	5	2	3	2	4	0	3	1	0	2	3	0	1	3	5	2	1	0	0	2	

ANEXO 5. Registro de visitas de *Apis mellifera* en huerto "Hass 1995".

Fechas	Árbol 1	Arbol 2	Árbol 3	Arbol 4	Arbol 5	Arbol 6	Arbol 7	Arbol 8	Arbol 9	Árbol 10
2 oct.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 oct.	2	2	5	5	0	0	1	0	0	0
8 oct.	2	1	6	2	3	3	2	2	1	0
13 oct.	2	2	3	1	1	0	1	2	1	0
15 oct.	5	3	1	6	1	1	5	2	3	2
19 oct.	1	3	2	4	0	0	3	1	2	2
22 oct.	1	4	2	6	4	5	1	2	1	2
26 oct.	2	3	5	5	4	2	1	4	3	2
30 oct.	8	8	5	7	6	6	3	3	3	2
4 nov.	4	6	11	11	5	9	9	6	7	12
6 nov.	4	9	11	14	10	8	8	7	13	18
9 nov.	5	9	11	9	6	6	8	7	8	13
11 nov.	3	6	10	11	16	7	3	6	5	10
16 nov.	4	2	6	6	10	2	3	3	4	3
18 nov.	2	2	5	3	4	0	4	3	2	3

ANEXO 6. Resumen de actividad de *Apis mellifera* en huerto "Hass 1992".

Árboles	Nº abejas
1	4,1
2	7,7
3	3
4	7
5	8,1
6	4,7
7	3,5
8	3,1
9	2,9
10	2,3
11	5,7
12	1,1
13	4,1
14	3,5
15	4,1
16	1,1
17	4,9
18	3,7
19	4,7
20	9,5

ANEXO 7. Resumen de actividad de *Apis mellifera* en huerto "Hass 1995".

Árboles	Nº abejas
1	3
2	4
3	4,9
4	6
5	4,7
6	3,3
7	3,5
8	3,4
9	3,5
10	4,6