

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA POLINIZACIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO TIPO
SOUTHERN Highbush, Variedad O'Neal, mediante *Apis
mellifera***

por

Yoana DINI VILAR

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2008**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Mercedes Arias

Ing. Agr. Jorge Harriet

Ing. Agr. Vivian Severino

Lic. Gloria Daners

Fecha: -----

Autor: -----
Yoana Dini Vilar

AGRADECIMIENTOS

- En primer lugar a mi familia y a mi novio por acompañarme en este desafío y por estar en todo momento.
- Al Ing. Agr. Jorge Harriet, Ing. Agr. Mercedes Arias y Lic. Gloria Daners por estar siempre que los necesité durante el desarrollo de este trabajo y por su preocupación e invalorable aportes al mismo.
- A la Familia Solari, y a Ricardo Scasso por ser incondicionales en la realización de este trabajo y excelentes personas.
- Al Ing. Agr. Jorge Franco, Ing. Agr. Alejandra Borges e Ing. Agr. Vivian Severino por su contribución en el procesamiento de los datos estadísticos.
- A Juan Pablo Campá, Gabriela Gardiol, Magela Santoro por su colaboración en el trabajo de campo y los aportes realizados al trabajo.
- Al Sr. José Machado por su colaboración con las colmenas para el trabajo y a todas aquellas personas que colaboraron conmigo durante la realización de la tesis.

TABLA DE CONTENIDO

Página

2.4.2.1 Requisitos alimenticios de la abeja.....	27
2.4.3 <u>Importancia económica del sector</u>	29
2.4.4 <u>Ventajas de la polinización con <i>Apis mellifera</i></u>	32
2.4.5 <u>Polinización de arándano con <i>Apis mellifera</i></u>	33
2.4.5.1 Características de las colmenas para polinizar arándano.....	33
2.4.5.2 Manejo de las colmenas.....	35
2.4.5.3 Número de colmenas por hectárea para polinizar arándano.....	36
2.4.5.4 Momento de ingreso de las colmenas al cultivo.....	37
2.4.5.5 Distribución de las colmenas en el cultivo.....	37
2.4.5.6 Riesgo de accidente con pesticidas.....	37
2.4.5.7 Indicadores apícolas que permitan asegurar una adecuada polinización.....	38
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	39
3.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO.....	39
3.2 PLAN DE INCENTIVACIÓN DE LA POSTURA DE LA REINA.....	39
3.3 ELECCIÓN DE LAS COLMENAS Y TRASLADO.....	40
3.4 UBICACIÓN DE LAS COLMENAS EN EL CULTIVO.....	41
3.5 MEDICIONES REALIZADAS.....	41
3.5.1 <u>Mediciones a nivel de las plantas seleccionadas</u>	42
3.5.1.1 Medición del largo de plantas.....	42
3.5.1.2 Medición del diámetro y profundidad de las flores de arándano.....	42
3.5.1.3 Actividad de insectos polinizadores.....	43
3.5.2 <u>Mediciones a nivel de las colmenas</u>	44
3.5.2.1 Determinación del número de abejas por en piquera.....	44
3.5.2.2 Evolución del área de cría.....	44
3.5.2.3 Trampas de polen y colecta de polen corbicular.....	45
3.6 COSECHA.....	46
3.7 ANALISIS DE POLEN.....	47
3.8 ANALISIS DE MIEL.....	47
3.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO....	47
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	49
4.1 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	49
4.2 MUESTREO DE FRUTOS.....	52

4.3 DESCRIPCIÓN DE ANATOMÍA FLORAL.....	53
4.4 FENOLOGÍA DEL CULTIVO.....	54
4.5 ACTIVIDAD DE INSECTOS POLINIZADORES.....	54
4.6 IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE POLEN COLECTADOS POR <i>APIS MELLIFERA</i>	56
4.7 ANÁLISIS DE MIEL.....	58
4.8 ACTIVIDAD DE LAS COLMENAS.....	59
4.8.1 <u>Determinación del número de abejas en piquera</u>	59
4.8.2 <u>Evolución del área de cría</u>	60
5. <u>CONCLUSIONES</u>	61
6. <u>RESUMEN</u>	63
7. <u>SUMMARY</u>	64
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	65
9. <u>ANEXOS</u>	73

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Superficie implantada según variedades.....	21
2. Variedades existentes, según época de cosecha.....	21
3. Evolución del número de productores apícolas y del número de colmenas registradas en el país.....	24
4. Número de colmenas registradas por departamento.....	24
5. Duración (en días) de las etapas de desarrollo de la abeja antes de nacer.....	26
6. Valor económico atribuible a la abeja en el cultivo de arándano para EEUU.....	31
7. Evolución de la exportación de miel de Uruguay.....	31
8. Volúmenes de miel exportados por Uruguay por año, según país de destino y valor	32
9. Proporción de pecoreadoras en poblaciones de distinto tamaño.....	34
10. Plan de estimulación ejecutado, por colmena.....	40
11. Características de las colmenas elegidas para polinizar.....	41
12. Efecto de la distancia a la colmena y la cobertura de la planta sobre los componentes del rendimiento.....	49
13. Efecto de la distancia a la colmena y la cobertura de la planta sobre las características del fruto.....	52
14. Proporciones de la flor de arándano.....	53
15. Número de visitas por planta y tipo de agente polinizador.....	55
16. Número promedio de visitas registradas y condiciones climáticas,	

por fecha de medición.....	56
17. Listado de especies obtenidas en el análisis de miel.....	58
18. Determinación de la actividad en piquera.....	60
19. Área de cría por colmena y fecha de medición	60

Figura No.

1. Morfología de la flor de arándano.....	17
2. Modelos de crecimiento de frutos provenientes de polinización abierta y autopolinización.....	19
3. Adaptaciones anatómicas de la abeja.....	29
4. Colmenas seleccionadas para comenzar el plan de incentivación.....	40
5. Ubicación de las colmenas en el cultivo a polinizar.....	41
6. Medición del largo de plantas	42
7. Medición del diámetro y profundidad de flores de arándano.....	43
8. Contabilización del número y tipo de insecto polinizador.....	43
9. Determinación de la actividad en piquera.....	44
10. Evolución del área de cría de las colmenas utilizadas para polinizar	45
11. Colocación de trampas de polen.....	45
12. Termómetros colocados durante el ensayo	46
13. Calibre utilizado para medir diámetro de fruto.....	46
14. Análisis de polen corbicular en el laboratorio.....	47
15. Cuadros de arándano, variedad O'Neal utilizados para	

polinizar y distancia de los mismos a las colmenas	48
16. Evolución del número de frutos por planta en el período de cosecha.....	50
17. Perfiles de frecuencia relativa de número de frutos por planta en el período de cosecha.....	51
18. Evolución del peso medio de frutos.....	51
19. Evolución de las temperaturas medias históricas y la media durante invierno-primavera 2007.....	54
20. Polen de arándano visto en microscopio óptico.....	57

1. INTRODUCCIÓN

El arándano es un cultivo de difusión muy reciente en el Uruguay. La superficie implantada se ha incrementado en los últimos años pasando de 4 Ha en 2001 a 600 Ha en 2007. Se evidencia de esta forma una rápida difusión a nivel nacional, llegando a representar el 7,5% de la superficie total de frutales de hoja caduca. En la zafra 2007 se exportaron 598 toneladas con un precio FOB promedio de U\$S 8,5, generando un ingreso al país que supera los 5 millones de dólares (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. DIPRODE. OPP, 2007).

Debido a que es una fruta de oferta fresca en contra estación la selección de variedades plantadas ha apuntado a la selección de aquellas de producción temprana que alcanzan mejores precios luego de fin de zafra del hemisferio norte. Estos cultivares son de tipo Southern Highbush, híbrido de bajos requerimientos de frío lo que en base a este requerimiento las hace viables en climas como el de Uruguay. La variedad O'Neal es una de las variedades más plantadas en el país tanto en el norte como en el sur, aunque actualmente se están introduciendo nuevas variedades, también tempranas.

Los híbridos interespecíficos del grupo de arándanos alto del sur que se están plantando son autofértiles. La flor es una “corola cerrada colgante” de color blanco poco atrayente para los insectos. De todas maneras, la actividad de agentes polinizadores mejora la polinización y por lo tanto el cuajado, tamaño de fruta (en función del número de semillas que desarrolla el fruto), y además se evidencia una maduración de la fruta más temprana (Godoy, 2002). También está citado que la polinización cruzada mejora aún más la calidad del fruto, efecto que se denomina Xenia (Buzeta, 1997).

En dicho contexto el conocimiento de la actividad de la fauna entomológica que participa en la polinización de esta especie y específicamente respecto de *Apis mellifera*, que es una de las herramientas disponibles en la fruticultura tradicional, es de un gran impacto en el desarrollo tecnológico del cultivo del arándano.

Se sabe que no solo *Apis mellifera* es agente de polinización de arándano, sino que hay varios Himenópteros, entre ellos *Bombus sp.* (Estay, 2003), que realizan el mismo trabajo, por lo que parece interesante conocer que pasa en las condiciones de Uruguay en lo que respecta al efecto de la abeja y el de otros polinizadores. La polinización es un rubro poco explotado por los apicultores a nivel nacional, si bien, en el país se cuenta con 514032 colmenas (URUGUAY. MGAP. DIGEGRA, 2008), que podrían ser potencialmente utilizadas para brindar el servicio de polinización, muy pocos apicultores declaran dedicarse a esta tarea.

El desarrollo tecnológico del cultivo de arándano requiere de estudios de aspectos específicos del proceso de fructificación en las condiciones ambientales del país así como la evaluación de tecnologías disponibles en la fruticultura nacional, como

lo es la actividad polinizadora de las abejas. En este marco además debe destacarse la importancia de generar conocimiento sobre la fauna entomófila presente en los sistemas de producción utilizados, por su impacto en la protección de la biodiversidad vegetal (Simó, 2002).

1.1 OBJETIVOS

General

- Estudiar el comportamiento de *Apis mellifera* y conocer el efecto que tiene la polinización con abejas sobre el rendimiento del cultivo de arándano.

Específicos

- Evaluar el efecto de la distancia a la que se coloca la colmena del cultivo a polinizar sobre el número de frutos, peso y número de semillas de los mismos.
- Evaluar el efecto de la falta de polinización entomófila sobre el número de frutos, peso y número de semillas.
- Determinar los tipos de polinizadores presentes en el cultivo durante la floración y cuantificar el número de visitas por unidad de tiempo.
- Evaluar en que medida *Apis mellifera* prefiere la flor de arándano frente a la de otras especies presentes en el lugar.
- Medir la evolución del área de cría y la actividad en piquera de las colonias de abejas durante el período de floración.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLINIZACIÓN

2.1.1 Definición

La Polinización se puede definir como la transferencia de polen desde la antera, hacia el estigma (HONDURAS. SAG, 2005). Dicho proceso se puede producir entre el polen y el estigma de la misma flor, es decir que los óvulos de esa planta tienen la capacidad de fecundarse con su propio polen y producir sus propias semillas (autogamia). Por el contrario, si existe la imposibilidad de producir semillas a partir de su propio polen se da la polinización cruzada o alogamia (Valega, 2001).

El proceso de polinización está relacionado con la recolección de néctar y polen. Los granos de polen son producidos por las anteras de las flores, cada una de las cuales se encuentra en el extremo exterior de un estambre, el órgano sexual masculino de la flor. Cuando los granos de polen maduran dentro de la antera, esta se abre y el polen sale de ella.

El órgano sexual femenino de la flor (pistilo) tiene en su base el ovario, del cual sale el estilo que a su vez termina en el estigma. Un estigma maduro (capaz de recibir granos de polen) tiene una superficie pegajosa a la cual se adhieren los granos de polen (Crane, 1980). Cuando esto ocurre, germina y produce un tubo polínico que crece en dirección al ovario, la gameta masculina se transfiere a través del tubo y se une a la gameta femenina (ovocélula) para formar un huevo o cigoto, permitiendo de esta forma el desarrollo del fruto que protege a las semillas. Una semilla es un óvulo fecundado y maduro, mientras que un fruto es el ovario fecundado y maduro (HONDURAS. SAG, 2005).

En términos generales, la germinación de los granos de polen se ve favorecida por alta humedad relativa con temperaturas que van de los 15 °C a 25 °C. Por otro lado, la apertura de la antera (antésis) coincide con el momento de mayor secreción de néctar (Valega, 2001).

La función del agente polinizador es la de transportar los granos de polen desde la antera hasta el estigma (Crane, 1980).

Según Simó (2002) actualmente hay descritas en el planeta más de un millón de especies de insectos y dentro de ellos, los que pueden considerarse como mutualistas de polinización pertenecen a los siguientes grupos: Coleópteros, Lepidópteros, Dípteros e Himenópteros (estos últimos representan el 70-95% de los insectos polinizadores). Aunque puede haber más insectos que visiten accidentalmente las flores, sólo los mencionados pueden denominarse polinizadores, ya que su biología les permite eficacia

en el cumplimiento de esta función, a tal punto que se dice que existe mutualismo entre ellos y las especies a polinizar. Se entiende por mutualismo al tipo de asociación interespecífica en la que las dos especies implicadas obtienen beneficios mutuos y los individuos de cada una de sus poblaciones, crecen, y/o sobreviven, y/o se reproducen, con una tasa superior cuando se hallan en presencia de individuos de la otra especie mutualista (Simó, 2002).

2.1.2 Diferentes tipos de polinización

2.1.2.1 Cleistogamia y casmogamia

Según Pesson y Louveaux (1984) la polinización puede producirse antes o después de la antesis. El primer caso es la cleistogamia, la polinización se realiza en botón floral, la autogamia es obligada porque las flores no se abren. Su ventaja es que permite a una especie perpetuarse en un medio más o menos estable y su desventaja es que por la autogamia, la especie presenta menor variabilidad hereditaria, y pierde plasticidad evolutiva.

La casmogamia es el proceso que ocurre después de la antesis, en flores abiertas. En las flores casmógamas puede tener lugar la autogamia o la alogamia.

2.1.2.2 Polinización directa - autogamia

Cuando el transporte de polen, y por ende, la fecundación, ocurre entre flores del mismo individuo, el proceso se denomina autogamia.

Cuando la polinización ocurre entre flores distintas del mismo individuo se habla de geitonogamia, situación común en especies con floración masiva, como el Ibirápitá (*Peltophorum dubium*), el Paloborracho (*Ceiba speciosa*), la que es genéticamente equivalente a la autogamia (González, 2008).

2.1.2.3 Polinización cruzada – alogamia

Cuando el transporte de polen ocurre entre flores de individuos diferentes, existe polinización cruzada, y por ende, fecundación cruzada o alogamia. En muchas especies es obligada, ya que a veces las flores, aún siendo hermafroditas, son autoincompatibles, es decir tienen barreras genéticas y fisiológicas que impiden la germinación del propio polen o el desarrollo del tubo polínico (Ej. *Malus sylvestris*, manzano).

Las ventajas de la alogamia radican en la producción de nuevas combinaciones genéticas en la población, que aseguran la variabilidad de la especie y por ende, la posibilidad de sobrevivir a los cambios de ambiente. Según Pesson y Louveaux (1984)

las angiospermas han desarrollado numerosas adaptaciones florales para favorecer la alogamia, como por ejemplo la separación de los sexos en el tiempo (protandria, protoginia) y la separación de los sexos en el espacio (monoica, dioica).

En lo que respecta a la separación temporal de los sexos (dicogamia), los estambres y estigmas de una misma flor no alcanzan al mismo tiempo la madurez para la polinización. Si los estambres maduran antes, las flores son protándricas, la flor funciona primero como flor masculina y luego como flor femenina. Dichos autores hacen referencia a que este mecanismo está reportado en numerosas familias, como por ejemplo: *Compositae*, *Campanulaceae*, *Labiatae*, *Malvaceae*, *Leguminosae*.

El mecanismo inverso a la protandria es la protoginia, el mismo se produce cuando el gineceo madura antes que el androceo. En este caso, la flor funciona primero como flor femenina y luego como flor masculina. Este mecanismo se observa en familias como *Cruciferae*, *Rosaceae* (Pesson y Louveaux, 1984).

En lo que refiere a la separación espacial de los sexos (hercogamia), la presentan aquellas flores en las que las anteras y estigmas están muy separados unos de otros. Existen variaciones a este mecanismo que dependen de la posición relativa de anteras y estigmas (González, 2008).

2.1.3 Efectos de la polinización

Según Simó (2002) el valor de la polinización, llevado a cabo por las abejas y el resto de polinizadores reside en su efecto sobre la calidad y eficiencia en la producción de frutos. Con una adecuada polinización se produce un adelanto en el cuajado o en el desarrollo del fruto y una inadecuada polinización puede resultar no sólo en menores rendimientos, sino también en un alto porcentaje de frutos de inferior calidad.

Las señales de una polinización adecuada pueden ser visualizadas en los frutos que poseen una forma simétrica, que están completamente desarrollados y que tienen buen color, peso y número de semillas (HONDURAS. SAG, 2005).

En general, cuanto más temprano ocurra la polinización después de la apertura de la flor, mayor es la probabilidad de que se produzcan la fertilización del óvulo y el desarrollo de la semilla. A medida que el tiempo pasa, el polen puede "perderse" por depredación, viento, gravedad, o puede ser dañado por alta temperatura, baja humedad o por desecación (HONDURAS. SAG, 2005).

2.1.4 Agentes de polinización

La polinización puede ser realizada por vectores abióticos y bióticos. Los vectores abióticos son el viento y el agua, que transportan el polen de flores que no ofrecen ninguna recompensa. Los vectores bióticos son los animales, principalmente insectos, pero también aves y mamíferos.

Las características físicas y fenológicas de las flores anemófilas (polinizadas por el viento) y zoófilas (polinizadas por animales), así como de su polen, suelen ser marcadamente diferentes.

En la hidrofilia, el polen es llevado por medio del agua hasta los estigmas, y a pesar de que las plantas no están emparentadas, el polen tiene aspecto similar, siendo este filamentos, flexible y pegajoso (Pesson y Louveaux, 1984).

La polinización por medio del viento (anemofilia) se presenta en la mayoría de las Gimnospermas. El transporte de polen no está orientado, por lo cual se producen grandes cantidades del mismo que luego se encuentran en suspensión en la atmósfera en el período de polinización. Los granos son de tamaño pequeño, superficie lisa (facilita la dispersión), y seco, por escasa formación de cemento polínico o por su rápida desecación (Pesson y Louveaux, 1984). En Angiospermas las flores anemófilas carecen de medios de atracción (perianto, olor, néctar), suelen ser unisexuales, las flores masculinas más numerosas que las femeninas, que generalmente son uniovuladas. Los estilos y estigmas están agrandados para facilitar la captación del polen, la expulsión del polen está facilitada por la movilidad de los filamentos estaminales (Ej. Gramíneas) ó del eje de la inflorescencia.

Las flores que son polinizadas por animales deben llamar la atención de sus vectores con colores y olores atractivos, así como recompensarlos con alimento o refugio. Además, viven con estos en un perfecto estado de mutualismo. Las plantas segregan néctar que solo sirve para alimentar a los animales polinizadores, pero la polinización favorecida por el animal, puede resultar tan vital, como la supervivencia misma de la especie (Valega, 2001).

Diversos animales han establecido relaciones de polinización con las plantas en flor. Entre ellos se encuentran los colibríes, murciélagos e incluso algunos pequeños roedores y marsupiales. Sin embargo, los polinizadores por excelencia son indudablemente los insectos (Valega, 2001). Más del 90% de las plantas con flores son polinizadas por insectos.

Un grupo importante de insectos muy conocido por visitar flores es el de los Lepidópteros (mariposas, polillas, etc.), la mayoría visitan con frecuencia las flores y se

alimentan de néctar. En general, las flores que visitan son tubulares, estrechas y algunas con espolones, dentro del cual se encuentra el nectario o se acumula el néctar. Como las mariposas tienen un aparato bucal largo (espiritrompa), solo ellas pueden alcanzar el néctar. Las flores polinizadas por polillas abren sus flores hacia el final de la tarde y las primeras horas de la noche, siendo estas blancas y emitiendo un fuerte aroma.

Los Dípteros (moscas, tábanos, etc.), son más importantes que los anteriores como polinizadores, visitan flores en busca de polen. Los grupos de moscas de costumbres florícolas más relevantes son los bombílidos y los sírfidos. Son muy móviles, capaces de realizar movimientos precisos y normalmente necesitan acercarse bastante a la flor para libar su néctar. La mayoría de las moscas visitan y polinizan flores chicas y abiertas con el néctar expuesto, aunque hay otras familias con su aparato bucal extremadamente largo, lo que le permite alimentarse de flores tubulares largas. Hay también algunas flores que imitan carroña (en color y fragancia) que son visitadas por moscas que van a dejar sus huevos y durante la oviposición contactan las piezas fértiles y efectúan la polinización.

Los Coleópteros son polinizadores no especializados y son los insectos con hábitos florícolas más primitivos. Hay muchos grupos que viven asociados a las flores, alimentándose de polen, néctar o de partes de la flor ya que, por la forma de su aparato bucal no puede libar néctar, pero como polinizadores no son los más eficaces, porque además de destruir las flores, tienen la costumbre de permanecer mucho tiempo en la misma flor.

Los Himenópteros (abejas, avispas, hormigas, abejorros, etc.) son el grupo más importante de insectos polinizadores y los que muestran adaptaciones claras a su vida dependiente de las flores. Son los que mejor aprovechan los recursos (néctar y polen) ofertados por las flores. Según Simó (2002) dentro de este grupo, *Apis mellifera* es el principal polinizador que existe en la naturaleza. La razón es su constancia, fidelidad y tenacidad en la pecoreo. La abeja va de una flor a otra igual a ésta, en vez de ir a una flor de otro tipo como lo hacen las mariposas, abejorros y muchos otros insectos (Crane, 1980).

Dentro de los vertebrados, el grupo más importante en la polinización son las aves. En América se encuentran los picaflores y en otras partes del mundo hay melifágidos nectarínidos, drepaníidos y otras familias que visitan flores. Las aves van a las flores, principalmente, en busca de néctar, estas pueden libar el néctar sobrevolando frente a las flores, como la mayoría de los picaflores, ó pueden posarse en las inflorescencias y libar desde una “percha”.

Los Murciélagos son otro grupo de vertebrados con gran importancia en la polinización. Hay diversas especies de murciélagos que se alimentan de néctar y/o polen de especies vegetales que tiene flores grandes, blancas o de colores pálidos y que emiten olor a fruta en descomposición. Al igual de lo que ocurre con las aves, los murciélagos

pueden alimentarse sobrevolando delante de las flores o posados en las flores o en las ramas o troncos (Torretta, s.f.).

2.1.5 Agentes de polinización en arándano

Se citan en la bibliografía internacional numerosos trabajos que hacen referencia a que la polinización del cultivo de arándano es realizada casi exclusivamente por Himenópteros, incluso hay trabajos en los que se compara la actividad diferencial entre *Bombus* y *Apis mellifera*, ya que son estos los que realizan más eficientemente este proceso.

Orzuza (2007) hace referencia a que los abejorros son los mejores polinizadores de arándano. En ese trabajo se afirma que numerosos ensayos realizados durante los años 1980 y 1990 han demostrado que los abejorros son normalmente mucho más efectivos que las abejas como polinizadores en arándano. Las abejas no siempre son las más adecuadas para polinizar todas las variedades de arándano, porque la flor puede no ser lo suficientemente atractiva para ellas. Además las abejas no visitan la flor del arándano hasta que ésta está completamente abierta. Si la temperatura es menor a 10° C las abejas dejan de polinizar, en cambio los abejorros son activos incluso a temperaturas más bajas y vuelan durante más tiempo durante el día que las abejas.

Para la polinización, los abejorros se cuelgan de la flor agarrándose fuertemente con las patas y las mandíbulas. Con los músculos de sus alas realizan movimientos fuertes que provocan una vibración (sonido zumbante) que hace que el polen caiga y sea fácilmente recogido, como resultado se obtienen visitas más cortas y rápidas a las flores. Como término medio, una abeja visita unas cinco flores por minuto, mientras que un abejorro visita unas 40 flores por minuto. Las flores visitadas por los abejorros son fácilmente reconocibles ya que, después de unas pocas horas aparece una ligera decoloración en los márgenes de la corona en forma de campana (Orzuza, 2007).

En cambio, Estay et al. (2003) observaron que *Bombus terrestris* utilizado en la polinización de arándanos, variedad O'Neal, en una densidad de 4 colmenas por hectárea, comparado con el uso tradicional de abejas en este cultivo, no afectó el rendimiento total por planta.

El comportamiento de una abeja al llegar a una flor varía según el tipo de flor que esté visitando. Al posarse, extiende su probóscide hacia delante y la introduce en la parte de la flor donde esté acumulado el néctar. Si hay néctar, la abeja chupa todo el que puede antes de ir a la siguiente flor, si no hay se da cuenta rápidamente y retira su probóscide, introduciéndola en otra flor. En flores colgantes, como en el caso de la flor de arándano, la abeja tiene que estar suspendida en el aire para alcanzar el néctar y extraerlo (Crane, 1980).

2.1.6 Componentes que facilitan la polinización

2.1.6.1 Atracción floral y pecoreo

Según Reyes y Cano (2000) los tres componentes bioquímicos más importantes en la identificación floral por parte de los insectos son el olor, color y el valor nutritivo del néctar y el polen.

Cuando el insecto se aproxima a las plantas en floración el primer estímulo que recibe y que indica una recompensa es el olor. La abeja, por ejemplo, detecta los olores con sus antenas, los polinizadores perciben los aromas a considerable distancia. Una vez que se establece el patrón de pecoreo en la fuente de alimento, la memoria de localización y referencias del terreno se vuelven más importantes (Reyes y Cano, 2000).

Las plantas liberan sus aromas en las horas y temperaturas a los que sus polinizadores son más activos. Los aromas están compuestos por terpenos, alcoholes alifáticos, cetonas ó ésteres que se originan en pétalos, hojas ó flores; normalmente es una mezcla de estos compuestos los que definen el aroma de una flor dada (Reyes y Cano, 2000).

El color es la siguiente pista, que el polinizador tiene para llegar al polen y néctar. Las abejas son atraídas por las flores que se ven azules ó amarillas a los ojos humanos. Una vez que la abeja se posa en la flor, recibe orientación adicional al néctar por el color y el olor de los pétalos que crean una especie de camino hacia él (Reyes y Cano, 2000).

2.1.6.2 El clima y la actividad pecoreadora

Los factores climáticos que influyen el vuelo de las abejas son la temperatura y la radiación solar, las abejas no vuelan cuando se registran temperaturas ambientales inferiores a 9 °C. A su vez el vuelo y la temperatura están correlacionados linealmente en el rango de 14 – 22 °C, siendo su actividad creciente desde los 14 hasta los 22 °C. Si se registran temperaturas adecuadas, las abejas no volarán si no hay suficiente luz, ya que como se mencionó anteriormente, la actividad de vuelo se correlaciona con la radiación solar.

Al aumentar la humedad ambiente y el viento, la actividad pecoreadora disminuye. Una abeja pecoreadora vuela aproximadamente entre 21 y 24 Km. por hora, a una altura de uno a ocho metros sobre el nivel del suelo. Si hay viento puede incluso volar más bajo para estar más protegida, y rara vez sale de la colmena cuando hay vientos superiores a 24 Km/hora (Crane, 1980).

En los trabajos realizados por Mordaga (2000), Muñoz (2000) sobre biología reproductiva de arándano y el efecto del tipo de polinizador en su fructificación se observó que las relaciones entre las condiciones climáticas y la actividad de insectos fue significativa para *Apis mellifera* y *Bombus*. La actividad de *Apis mellifera* sobre las flores y las condiciones ambientales predominantes mostraron una asociación positiva con la temperatura y la luminosidad y una correlación negativa con la humedad relativa, dado básicamente por los requerimientos térmicos para comenzar su actividad de vuelo.

Las especies del género *Bombus*, presentaron una correlación positiva con la humedad y negativa con la temperatura y la luminosidad, atribuyendo a los menores requerimientos térmicos que presenta esta especie.

2.1.7 Polinización en cultivos de interés comercial

La mayoría de las especies y variedades de frutales necesitan ser polinizados para producir una buena cosecha, algunos producen una buena cantidad de fruta al ser polinizados por su propio polen, pero en cambio, otras variedades son parcialmente autofructíferas y tienen un rendimiento mucho mayor y mejor calidad del fruto cuando se las somete a polinización cruzada. Otras especies necesitan ser polinizadas con polen de otras variedades, como es el caso de peras, manzanas, ciruelas y solo bajo estas circunstancias producen frutos (HONDURAS. SAG, 2005).

Muchos frutales de hoja caduca requieren la polinización por insectos para formar semillas y desarrollar el fruto. La mayoría de los manzanos, ciruelos, son autoincompatibles (autoestériles) y requieren de la polinización cruzada.

En el caso del manzano, la polinización permite la formación de semillas y a su vez la semilla produce las hormonas que estimulan el desarrollo del fruto. La polinización por abejas afecta positivamente la cantidad y calidad de los frutos. La flor presenta aroma agradable y nectarios que la hacen atractiva para las abejas. Cuando las flores del manzano son polinizadas en forma deficiente dan origen a manzanas deformes y pequeñas con escaso valor comercial (Reyes y Cano, 2000).

Una práctica que se desarrolla en las chacras con frutales que requieren polinización cruzada es implantar variedades polinizadores compatibles tanto en fertilidad, como en el período de floración. Para ser efectivos, los polinizadores deberán florear uno o dos días antes que el árbol que se desea polinizar, aunque esto tiene variaciones. La recomendación es usar entre 2-3 colmenas/ Há (Reyes y Cano, 2000).

La mayoría de las variedades de pera son autoestériles y por lo tanto no producen frutos sin la participación del polen de una variedad compatible, lo cual se soluciona también intercalando variedades compatibles, las que proveen el polen necesario para la fecundación. A causa de que este cultivo produce un néctar con bajo contenido de

azúcares, y por ende las flores son poco atractivas para las abejas, se recomienda usar entre 3.3 -5.7 colmenas/Há (Reyes y Cano, 2000).

Un cultivo frutal, de creciente importancia en el país es el arándano, este requiere de la polinización mediada por insectos para lograr altos rendimientos y calidad de fruta. Es muy importante que las abejas sean abundantes, esto se logra colocando colmenas en las chacras para asegurar la polinización cruzada (Drummond, 2002).

En lo que respecta a la dependencia de los frutales perennes por la polinización mediada por insectos, existen reportes contradictorios. Si bien, no hay información clara en cuanto a la influencia de las abejas en la polinización de los cítricos, ya sea por que son autofértiles o porque producen frutos partenocárpicos, bien es sabido que su presencia en las chacras se traduce en un efecto positivo sobre la calidad o cantidad (Reyes y Cano, 2000), de todas maneras la presencia de semillas en los frutos cítricos no es una característica comercialmente deseable.

En lo que respecta a los cultivos hortícolas, más precisamente a las cucurbitáceas, entre los que se destacan el melón, sandía, pepino, calabaza, se sabe que de la totalidad de factores integrantes de un sistema de producción de cucurbitáceas el uso de agentes polinizadores es el de mayor importancia. La presencia de insectos es indispensable para la transferencia de las anteras al estigma, pues aunque existe compatibilidad y hermafroditismo en la mayoría de los cultivares, el polen es pesado y pegajoso, y no es posible su traslado. Las flores debido a su condición entomófila son atractivas en color, aroma y tamaño (Reyes y Cano, 2000).

La sandía es otro cultivo hortícola que depende de la polinización mediada por insectos para lograr una adecuada producción. El polen es pegajoso y no es acarreado por el viento, por lo que la polinización por insectos, abejas y abejorros especialmente, es necesaria para transferir el polen a un estigma receptivo. Cada estigma necesita alrededor de 1000 granos de polen para obtener un fruto grande y bien desarrollado, lo que se corresponde con 8 visitas aproximadamente a cada flor. El número de colmenas a utilizar puede variar de 3 a 6 por hectárea, e incluso puede ser superior, dependiendo del marco de plantación, del estado vegetativo del cultivo y de la climatología. El incremento de producción como efecto de una buena polinización con colmenas puede llegar al 26% (Valega, 2001).

En lo que respecta a la producción de cebolla para semilla la polinización es indispensable, ya que el cultivo presenta dicogamia (las partes sexuales no maduran al mismo tiempo), por lo que la autopolinización es imposible. Entonces, la colocación de colmenas al cultivo es indispensable pues la flor libera el polen de las anteras cuando el estilo aun no se desarrolla y por tanto, no es receptivo. Enseguida que el estilo está maduro, las anteras no liberan más polen y la polinización y fecundación no son posibles. Se sugieren de 12 a 25 colmenas/ Há, introduciendo 4 colmenas cuando la

floración ya está establecida, adicionando 4 colmenas en intervalos de 4 días hasta completar el número deseado (Reyes y Cano, 2000).

En lo que referente a cultivos industriales como el girasol, se requiere también del uso de polinizadores ya que, a pesar de poseer flores hermafroditas, estas tienen polinización cruzada debido a que presenta el fenómeno de protandria (los estambres maduran y sueltan el polen antes que el estigma ese receptivo, además presentan autoincompatibilidad). Se trata de una planta anual, donde las inflorescencias son capítulos terminales de 15 a 25 centímetros de diámetro, en los cuales se encuentran cientos de florecillas. El capítulo está rodeado por dos hileras de 35 a 75 flores liguladas (falsos pétalos) de unos 6-10 cm. de longitud, unipetaladas y de color amarillo brillante. Estas flores son asexuadas y su principal función es atraer insectos para asegurar la polinización. En el interior del capítulo se encuentran las flores tubulares las cuales son hermafroditas y están dispuestas en arcos espirales que parten desde el centro del disco. Se recomiendan 1-2 colmenas/Há, que deben ser introducidas al cultivo al inicio de la floración. Se han observado incrementos en la producción de semilla del 21 al 27% (Reyes y Cano, 2000).

2.2. PALINOLOGÍA

2.2.1 Definición

Los granos de polen de diferentes plantas pueden distinguirse bajo el microscopio por su tamaño, forma, y por sus relieves superficiales en forma de surcos, poros, espinas, etc. El estudio de los granos de polen se conoce como palinología, y el estudio de los granos de polen en la miel se conoce como Melisopalinología. La identificación de los diferentes granos de polen se basa en los conocimientos de expertos y en la consulta permanente a colecciones (microfotografías de granos de polen recogidos directamente de las especies vegetales) (Crane, 1980).

2.2.2 Aspectos generales de palinología

Las abejas visitan las flores en busca de alimento, néctar y polen básicamente, luego de que lo consiguen regresan a la colmena para transformarlo en miel, y luego almacenarlo (en el caso del néctar), ó almacenarlo directamente (en el caso del polen). Es por este motivo que la palinología realiza el estudio del polen en la miel, ya que en ella se encuentra una prueba clara de las flores visitadas por las abejas, información que sirve además para conocer cual/es especies son competitivas con el cultivo que se pretende polinizar eficientemente.

Cuando una pecoreadora llega a la colmena llevando en su bolsa melífera el néctar, que recolectó durante su vuelo, éste ya viene diluido con saliva, la que contiene

secreciones de las glándulas faríngeas. Estas glándulas producen enzimas como diastasa, invertasa y glucoxidasa, que participan en la elaboración de la miel.

La invertasa invierte la sacarosa del alimento recolectado a glucosa y fructosa. Al mismo tiempo, se sintetizan ciertos azúcares superiores, que a diferencia de la glucosa y la fructosa, se encuentran en la miel pero no en la sustancia vegetal de la que proviene.

La diastasa, descompone el almidón, se cree que probablemente participa en la digestión del polen.

La glucoxidasa, reacciona con la glucosa formando ácido glucónico y peróxido de hidrógeno. Este último, protege contra la descomposición bacteriana hasta que el contenido de azúcar alcanza una concentración suficiente para evitar dicha descomposición.

La pecoreadora al llegar a la colmena entrega su carga a una nodriza, la que somete al néctar a un tratamiento en sus partes bucales. En dicho proceso la concentración del néctar puede disminuir del 55 al 40%. El mismo recibe todo el complemento de enzimas de abeja que necesita para convertirse en miel, luego las abejas evaporan el resto del agua sobrante (Crane, 1980).

Cuando el néctar se ha evaporado hasta contener la menor cantidad posible de agua, que es de 17 a 20%, según la humedad y la temperatura atmosférica, las abejas llenan las celdas por completo y las sellan con un opérculo de cera hermético, el cual impide que la miel absorba agua (es muy higroscópica), evitando así que se fermente (Crane, 1980).

Las abejas recogen el polen y lo llevan a la colmena en sus patas traseras, luego lo manejan separadamente de la miel y lo almacenan en diferentes celdas. Sin embargo, algunos granos de polen de una flor pueden llegar hasta su néctar, por lo que la miel puede contener granos de polen de las flores de las que proviene el néctar (Crane, 1980).

Una serie de factores influyen en la entrada de polen al néctar, entre los que se debe tener en cuenta la morfología de la flor, en flores colgantes, por ejemplo la flor de arándano, difícilmente el polen cae en el néctar, en esta ocasión es la propia abeja la que lo “contamina” cuando se introduce en la flor para libar. La morfología polínica (peso, tamaño y ornamentación del polen) juega un papel muy importante en la presencia del polen en la miel. Los pólenes de menor ornamentación tienen más dificultades para adherirse al cuerpo de la abeja. La existencia de sustancias en el exterior de la exina del grano de polen (pollenkit) favorece la adherencia del polen al cuerpo de la abeja y su paso al néctar (La Serna et al., 1997).

Los granos de polen de las plantas que pertenecen a la misma familia pueden mostrar características similares, y algunas familias se caracterizan por la extraordinaria complejidad y belleza de sus pólenes (Crane, 1980).

La Melisopalinología es una ciencia que permite conocer el origen geográfico de las mieles, tipificarlas y caracterizarlas desde el punto de vista botánico y geográfico (La Serna et al., 1997). En la determinación del tipo y características de la miel es fundamental la identificación y cuantificación del componente polínico. La identificación de los diferentes pólenes se lleva a cabo principalmente según su polaridad, simetría, forma y tamaño (La Serna et al., 1997).

En general el grano de polen presenta una doble pared denominada exina (la exterior) e intina (la interior). La exina, es la capa más resistente y suele tener una o más aberturas por donde sale el contenido celular para fecundar al óvulo y ayuda a mantener la presión osmótica del grano de polen. Dichas aberturas pueden tener forma de poro o de surco más o menos largo denominados colpi, con frecuencia se presenta una combinación de ambos (colporados). El número, forma y disposición en el grano son determinantes para la identificación.

Otra característica importante a la hora de identificar los granos consiste en el análisis de la ornamentación que presenta la exina. La misma puede estar constituida por gránulos, clavas, verrugas, retículo de mayor o menor magnitud, espinas, etc., que se observan y diferencian muy bien al microscopio electrónico de barrido (La Serna et al., 1997).

Desde el punto de vista palinológico el análisis de la miel puede ser cualitativo ó cuantitativo. En el primer caso, se identifican los granos de polen y se establece su proporción en la miel, con el objetivo de averiguar su origen botánico y procedencia geográfica. En el análisis cuantitativo se cuantifica y estima el número de granos que hay por unidad de peso de miel. Según el origen floral, las mieles tienen un sedimento cuantitativo característico que puede variar en función de las prácticas apícolas, distancia de la fuente de néctar, etc (La Serna et al., 1997).

El polen se puede cosechar colocando una trampa de polen en la piquera de la colmena. De esta manera, las abejas que entran tienen que estrecharse para pasar por la malla, con lo cual las pelotitas de polen que llevan en las patas traseras se les raspan y caen en una bandeja (Crane, 1980).

2.3 EL CULTIVO DE ARÁNDANO

2.3.1 Descripción del cultivo

2.3.1.1 Origen

El arándano (*Vaccinium sp.*) ó blueberry es un frutal nativo de norteamérica, donde crece naturalmente asociado a bosques de coníferas. Allí los arándanos salvajes son parte importante de la dieta de la fauna nativa.

En Uruguay, las primeras introducciones de plantas de arándanos fueron realizadas por INIA, con fines experimentales en 1980 y eran procedentes de Estados Unidos. En el año 1988 se realizó la primera introducción comercial en muy pequeña escala, en un establecimiento familiar del Departamento de Maldonado. Es a partir del año 2001 en que se realizan las importaciones de plantas desde Argentina con destino comercial, que permitieron instalar las 8 hectáreas iniciales (Monteiro, 2006).

2.3.1.2 Especies y variedades existentes

Los tres tipos de arándano que existen son: Lowbush (arándano bajo), Highbush (arándano alto) y Rabbiteye (ojo de conejo) (Buzeta, 1997).

El arándano bajo es un arbusto, que no alcanza alturas mayores a 1m, forma generalmente colonias extensas a causa de la habilidad de sus raíces rizomatosas de emitir brotes vegetativos (Buzeta, 1997).

El arándano alto es una planta tetraploide originaria de la costa este de América del Norte, que puede alcanzar hasta los 2,5m bajo condiciones de cultivo (Buzeta, 1997). Highbush se puede diferenciar en: northern, que crece mejor en regiones frías, con inviernos largos y en southern, arándano alto de bajos requerimientos de frío. Presentan buena calidad de fruta y son de maduración temprana.

Según Buzeta (1997) el arándano ojo de conejo (rabbiteye) es una especie hexaploide, que alcanza alturas de hasta 4m, es nativa del sur del continente norteamericano, y tolera suelos con pH más altos, produce más cantidad de fruta y de mejor vida poscosecha. Se adapta a zonas que registran poca cantidad de horas de frío que el arándano alto, presentando mayor rusticidad, mayor tolerancia a la sequía y permite su cultivo en un rango más amplio de suelos (Godoy, 2002).

En lo que respecta a las variedades de arándano, existe una gran diversidad (Godoy, 2002). Las variedades libres tradicionales son muy flexibles y tienen mejor comportamiento agronómico frente a las variaciones de las condiciones agroecológicas. Las variedades protegidas (bajo licencia) son más exigentes en relación a los factores del

entorno pero para una misma época de cosecha, tienen mejores rendimientos cuando se cumplen todas las condiciones que les permiten expresar su potencial (URUGUAY. MGAP, 2007b).

Los arándanos poseen un requerimiento agroclimático en bajas temperaturas invernales. Dicha exigencia viene cuantificada por las horas de frío. En aquellas áreas en que esta exigencia no es satisfecha adecuadamente, en general la floración se prolonga excesivamente y la brotación se atrasa. Si por el contrario, las plantas cumplen anticipadamente en el año sus exigencias de frío, quedan peligrosamente expuestas a las heladas que acontecen durante el último tramo del período invernal, encontrándose en condiciones de florecer una vez que la temperatura promedio diaria supera los 10°C (Godoy, 2002).

Los arándanos altos del norte, entre los cuales figuran Blue-ray, Bluecrop, Elliot, Brigitta, tienen un requerimiento de 800 a 1200 horas de frío. En cambio, los arándanos altos del sur, particularmente interesantes por la maduración temprana de sus frutos, se caracterizan por presentar bajos requerimientos del frío. Entre ellos están los que requieren menos de 400 horas de frío: Gulfcoast, Georgiagem, Sharpblue, Flordablue y lo que requieren de 400 a 600 horas de frío: O'Neal, Blue Ridge, entre otros (Godoy, 2002).

2.3.1.3 Características generales de *Vaccinium* sp.

Los arándanos pertenecen al Reino Vegetal, Superdivisión Traqueóphyitas, División Pterophytas, Subdivisión Angiosperma, Clase Dicotiledónea de hoja caduca, Subclase Dilleniidae, Orden Ericales, Familia Ericaceae, Subfamilia Vaccinioideae, Tribu Vaccinieae, Género *Vaccinium* (Barros, 2004).

Según Buzeta (1997) el fruto del arándano es una baya casi esférica, que dependiendo de la especie y cultivar puede tener un diámetro de 0,7cm a 1,5cm y un peso de 1 a 2,5 gramos (Bañados, 2004). La epidermis del fruto está provista de pruina y el color va desde azul claro hasta negro. La baya puede contener hasta 65 semillas extremadamente pequeñas (Pesson y Louveaux, 1984). Las hojas son simples, de forma ovada a lanceolada, y caducas, adquiriendo una tonalidad rojiza en el otoño (Godoy, 2002).

Esta especie es muy particular en sus requerimientos edafoclimáticos ya que prefieren suelos ácidos, con mucha aireación, buen drenaje, pero que tengan un adecuado abastecimiento de agua durante la temporada de crecimiento (NIDETEC, 2006).

Según Monteiro (2006) la productividad de un cultivo se desarrolla, con porcentajes crecientes de producción, con un rendimiento entre 6 y 10 ton/ha y con

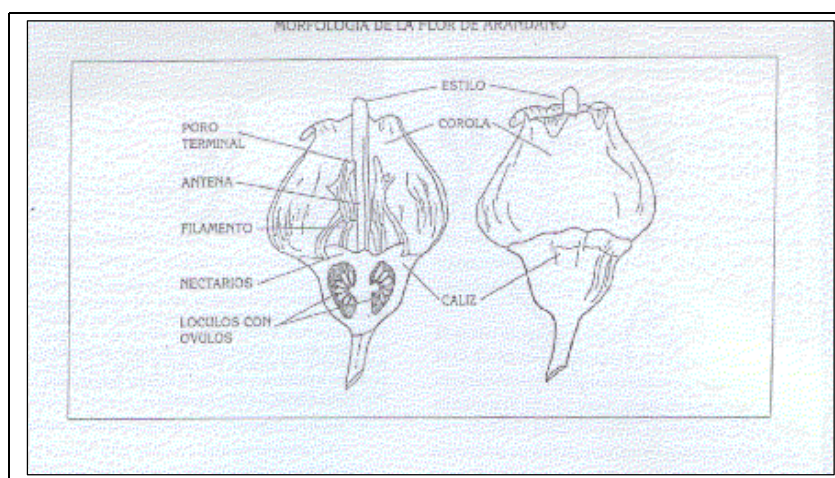
experiencias hasta 18.000 kg/há. El arándano es un cultivo de muy alta inversión inicial y como todo frutal requiere de algunos años para recuperar dicha inversión. Recién comienza a producir al tercer año, alcanzando la condición de plantación adulta, con una producción estable a los 7- 8 años.

Los rendimientos comerciales de los cultivos en Uruguay son coincidentes con el comportamiento de los cultivos de la región logrando al 2º año de instalación 1200 kg/ha en cultivos bien implantados y satisfaciendo todos sus requerimientos agronómicos (Monteiro, 2006).

2.3.1.4 Características de biología reproductiva

La forma más común de floración del arándano es en racimos de 6 a 10 flores (Bañados, 2004). Estos generalmente son axilares, pero pueden presentarse en forma terminal en algunas ocasiones. Las flores tienen corolas colgantes, verduscas ó teñidas de rojo y garganta estrechada, son regulares y hermafroditas. Según Pesson y Louveaux (1984), la fórmula floral es 5 sépalos soldados, 5 pétalos soldados, 10 estambres y 1 ovario. La flor tiene entre 8 y 10 estambres, insertos en la base de la corola, estos se mantienen en un círculo bien cerrado en torno al estilo (Buzeta, 1997). El ovario está unido al cáliz, por lo cual se clasifica como ovario ínfero. Tiene entre cuatro y cinco celdas con uno o más óvulos en cada lóbulo. El pistilo consiste en un tubo filiforme que termina en un estigma pequeño no modificado (figura 1) (Buzeta, 1997). Durante el período de receptividad del estigma, el polen es liberado a través de los poros en el final de la antera. Dado que las anteras están protegidas por la corola en forma de campana y el polen es relativamente pesado y pegajoso, el viento no ayuda en el proceso de polinización (Drummond, 2002).

Figura 1. Morfología de la flor de arándano



Fuente: Buzeta (2007)

La floración comienza a presentarse durante los meses de junio o julio, dependiendo de las zonas de producción y condiciones climáticas anuales y se prolonga de 4 a 6 semanas. El desarrollo de los frutos en los arándanos altos del sur lleva de 3 a 4 meses hasta llegar a cosecha a mediados de octubre o principios de noviembre y que finaliza en noviembre o diciembre dependiendo de las variedades y condiciones climáticas durante esta etapa (Pescie y López, 2007).

Según Hernández (2006), las flores de arándano están bien adaptadas a la polinización entomófila por su fragancia. El néctar es secretado para la base del estilo, y el insecto visitante debe hundir su lengua entre los filamentos de las anteras para alcanzarlo. Durante la recolección del néctar, el insecto puede rozar las anteras y recoger así el polen sobre su cuerpo, rozando la parte receptiva del estigma poliniza la flor con polen proveniente de otra flor previamente visitada (Pesson y Louveaux, 1984).

Pesson y Louveaux (1984), afirman que la receptividad de la flor de *Vaccinium* sp. es óptima para los siete primeros días siguientes a su apertura y hacen referencia a que la fecundación debe efectuarse en los cuatro primeros días siguientes a la eclosión de la flor, reportándose que el segundo tercio de la floración es el más favorable para la polinización. Tan pronto como la polinización ocurra, la flor comienza a perder cualidades atractivas para los insectos y comienza el desarrollo del ovario. Después de la fecundación, el ovario da un fruto que madura de 2 a 3 meses después de la floración.

2.3.2 Necesidad de polinización del cultivo de arándano

Las especies de arándano alto del sur son autofértiles. Debido a las características morfológicas de la flor y del polen, el arándano requiere de insectos para su polinización y dentro de ellos, son visitados por diferentes especies de himenópteros, por este motivo uno de los manejos más tradicionales es el de colocar colmenas en las plantaciones. Si bien se conoce el efecto benéfico de las abejas sobre la fecundación y fructificación, la respuesta a la polinización no es uniforme, existiendo cultivares que responden mejor a *Apis mellifera* que otros y existiendo respuestas variables de un mismo cultivar ubicado en diferentes localidades (AIANER, s.f.).

Existen estudios que proponen distintas combinaciones de variedades para incrementar la polinización y el cuajado (Buzeta, 1997). Dichas variedades deben ser intercaladas y seleccionadas de acuerdo con su ciclo de floración y se deben colocar colmenas en la cercanía del cultivo (Godoy, 2002). En tal sentido, Soria (2005) definió a O'Neal como variedad base y Georgiagem como su polinizador, en relación 4:1, lo que permite aumentar el calibre del fruto, obtener fruta de maduración más temprana en la temporada y fundamentalmente aportar mejor retención del fruto en la planta luego de heladas (Godoy, 2002).

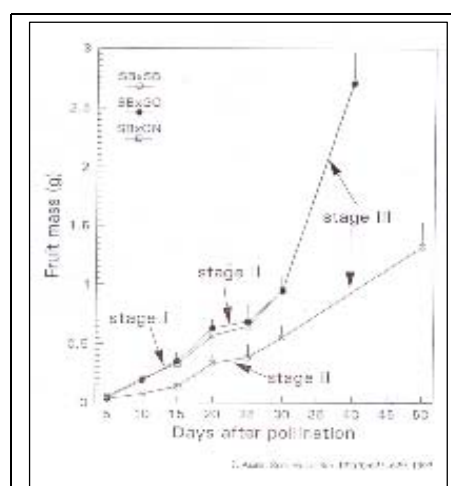
En la bibliografía científica, además de existir la recomendación de intercalar variedades en las plantaciones de arándano y de colocar colmenas para lograr una adecuada polinización, Pesson y Louveaux (1984) hacen referencia a la eficacia del método de rotación de colmenas.

2.3.2.1 Efecto de la polinización cruzada en el rendimiento del cultivo

En su trabajo, Lang y Danka (1991), sobre polinización cruzada mediada por abejas versus la autopolinización del cultivar Sharpblue de arándano alto del sur, concluyeron que la polinización cruzada incrementaba el tamaño de fruta en un 14 % y el número de semillas en un 27%, siendo estas a su vez más desarrolladas, no encontrándose en las condiciones del trabajo un aumento del número de frutos. En el mismo sentido Knight y Scott (1964) afirman que la ventaja primaria del incremento del número de semillas por fruto es acelerar el desarrollo del fruto y maduración, resultando en una producción más temprana.

Rudolphi (1999), hace referencia a que los modelos de crecimiento de frutos difirieron entre autopolinización y polinización cruzada. No hubo un aumento significativo en bayas provenientes de la autopolinización entre los 5 a 15 días luego de la polinización (DAP), sin embargo a los 10 días luego de la polinización, se observaron diferencias en bayas provenientes de polinización cruzada (figura 2). La fruta proveniente de polinización cruzada necesitó aproximadamente 10 días menos para completar la fase final de crecimiento del fruto (fase III), con una proporción de crecimiento de fruta más rápido que la proveniente de autopolinización.

Figura 2. Modelos de crecimiento de frutos provenientes de polinización abierta y autopolinización



Fuente: Rudolphi (1999)

Huang et al. (1997) informan que cuando recién abre la flor del cultivar Sharpeblue tiene en promedio 112 óvulos, luego en fruta madura se encontraron 60 semillas. Esto denota que existe un aborto de óvulos durante el desarrollo de fruta, el que a su vez es más severo en casos de autopolinización.

2.3.3 Desarrollo del cultivo en el Uruguay

2.3.3.1 Superficie plantada

El arándano es un cultivo de difusión reciente en el Uruguay. Según Soria (2004), en el año 2003 la superficie estimada de este cultivo en el país era de 22 hectáreas, con distribución en las zonas de Canelones, Colonia, Montevideo, Maldonado, Tacuarembó, Salto y Paysandú. En el año 2007, el país cuenta con alrededor de 600 hectáreas implantadas, lo que denota una rápida difusión del cultivo en el país, representando actualmente el 7,5% de la superficie total de frutales de hoja caduca (Vilaró, s.f.)

Existen dos zonas de concentración del cultivo definidas, una ubicada en el Litoral Sur, que comprende a los departamentos de Canelones, Montevideo, Maldonado, San José, donde se concentra la cosecha en noviembre-diciembre. La otra zona está ubicada en el Litoral Oeste del país y comprende a los departamentos de Salto y Paysandú, la cosecha se realiza entre octubre-noviembre (Monteiro, 2006).

El 81% de las plantaciones tiene menos de 10 hectáreas y representa el 34% de la superficie total de arándanos. Por otro lado, el 2% de las plantaciones tiene más de 50 hás y representa el 31% de la superficie plantada. Montevideo y Canelones son los departamentos con el mayor número de productores y Salto y Paysandú son los departamentos con las mayores superficies plantadas (URUGUAY. MGAP, 2007b).

2.3.3.2 Principales variedades plantadas

Existen en Uruguay una gran cantidad de variedades cultivadas, entre ellas difieren básicamente por la época de cosecha. Las variedades predominantes en el país son las tempranas, donde al año 2007 O'Neal es la que ocupa la mayor cantidad de hectáreas implantadas (cuadro 1 y 2). Las variedades más tempranas se adaptan mejor en la zona norte del país donde se registran menos horas de frío, pero su brotación es más temprana y por lo tanto su cosecha.

Cuadro 1. Superficie implantada según variedades

Variedad	Tipo	Total (Há)
Star	Muy Temprana	15
Jewel	Muy Temprana	15
Emerald	Muy Temprana	15
O'Neal	Temprana	192
Misty	Temprana	105
Blue Crisp	Temprana	60
Blue Cuinex	Temprana	58
Millenia	Temprana	47
Tempranas - S/D	Temprana	23
Reveille	Temprana	20
Blue Chip	Temprana	11
Georgia Gem	Temprana	10
Duke	Estación	4
Blue Jay	Estación	15
Blue Gold	Estación	11
S/D	Estación	16
Briggita	Estación	2
TOTAL		618

Fuente: URUGUAY. MGAP (2007b)

Cuadro 2. Variedades existentes, según época de cosecha

Época de cosecha	Variedades	Máxima cosecha	Observaciones
Muy Temprana	Emerald, Jewel, Star	octubre a noviembre	No se pueden plantar en el sur por riesgo de heladas
Temprana	O'Neal, Blue Cuinex, Blue Chip, Reveille, Millenia, Misty	noviembre a diciembre	
Estación	Blue Jay, Blue Gold, Briggita, Duke	diciembre a enero	Duke no se puede plantar en el norte por requerimientos de horas de frío
Tardía		febrero a abril	

Fuente: URUGUAY. MGAP (2007b)

La composición varietal de las plantaciones indica que la mayor parte de la superficie ha sido plantada con variedades libres aunque existe una presencia importante de variedades modernas protegidas, el grueso de la producción se cosecha en octubre, noviembre y diciembre, posicionando al país como un proveedor de arándanos relativamente tempranos en el Hemisferio Norte (URUGUAY. MGAP, 2007b).

2.3.3.3 Perspectivas del cultivo en el país

El importante crecimiento del cultivo de arándano en el país, sobre todo en el litoral norte, se explica entre otros factores por la infraestructura existente relacionada con las empresas citrícolas, disponibilidad de mano de obra y mayor precocidad de cosecha. Las plantaciones en esa región son de mayor tamaño que en el sur, llegando a 100 hectáreas por unidad productiva.

El área del cultivo se encuentra en franco crecimiento en el país, y se estima que se podrían alcanzar 1.000 hectáreas en un futuro cercano. Empresas multinacionales, facilitan la comercialización del producto mediante canales establecidos, también se constituyen en oferentes de algunos insumos como material de plantación e incluso tecnología de cultivo.

La producción de arándano uruguayo está dirigida casi exclusivamente a los países del hemisferio norte, principalmente Estados Unidos y algunos países de Europa, tales como Alemania, Francia, Italia e Inglaterra, donde su consumo es tradicional. Es demandado por estos mercados como fruta fresca en contraestación cuando se encuentran desabastecidos por encontrarse en el período invernal, llegando a pagar precios elevados en ciertos momentos de la temporada (Godoy, 2002). La ventaja con que cuenta Uruguay es que muchas zonas del país cuentan con la combinación de características necesarias para producir arándano en la época de mayor precio en el mercado de los Estados Unidos y Europa (NIDETEC, 2006).

A nivel local el consumo es muy reducido aún y no se procesan volúmenes significativos. Se requiere contar con infraestructura de poscosecha, debiendo asegurar el enfriado rápido desde cosecha y mantenimiento de la cadena de frío.

2.3.3.4 Importancia económica del sector

En Uruguay tradicionalmente se producen y exportan frutas cítricas, fundamentalmente naranjas y mandarinas, y en segundo lugar se exportan manzanas, peras, etc. Más recientemente se introduce la producción industrial de arándano y la mayor parte de las exportaciones han sido a la Unión Europea, en particular Holanda, Reino Unido y España y que sumado ahora a Estados Unidos, se supera el 85% del FOB (Bonifacino, s.f.).

Según Monteiro (2006) el cultivo del arándano es una interesante alternativa de producción en función a los retornos que actualmente se pagan al productor, presentando rentabilidades muy superiores a otros rubros alternativos.

Se estima que para el año 2009 existiría una oferta exportable de casi 3.000 toneladas de arándano y de algo más de 4.000 toneladas en 2010 (URUGUAY. MGAP, 2007b).

2.4 PRODUCCIÓN APÍCOLA

2.4.1 Descripción del sector

La apicultura uruguaya ha tenido una evolución constante en los últimos años. El aumento se ha dado tanto en los volúmenes de producción como en los de exportación. En este sentido, y aún sin existir cifras oficiales referentes a los volúmenes de producción nacional, aproximadamente entre el 90 – 95% de lo producido se destina a la exportación (URUGUAY. MGAP. JUNAGRA, 2004). Este proceso se ha dado a pesar de situaciones coyunturales que han afectado puntualmente la dimensión económica del negocio, como disminución de precios y coyunturas climáticas adversas (descenso de la producción por problemas sanitarios y de alimentación vinculados con las condiciones del ambiente) (URUGUAY. MGAP, 2007a).

El sector apícola nacional se caracteriza por ser un negocio centrado en la miel, para exportadores y para productores, siendo minoritaria la importancia de la polinización y de otros productos de la colmena como fuentes de ingresos. Las exportaciones vienen creciendo más que el comercio mundial (más del 5% anual), con oscilaciones importantes como consecuencia de zafas extraordinarias. Actualmente, el país ocupa aproximadamente el 1% de la producción mundial de la miel, y el 3% del mercado mundial de la misma (Gómez Pajuelo, 2008).

Distintos estudios realizados estiman que las colmenas con que actualmente cuenta el país apenas llegan a utilizar entre el 20 y el 30 por ciento del potencial existente (URUGUAY. MGAP. JUNAGRA, 2004). Uruguay cuenta actualmente con 4011 productores (cuadro 3) aptos para canalizar su miel a la exportación¹ ubicándose la producción actual en 12.500 toneladas anuales y las exportaciones en 18 millones de dólares anuales (URUGUAY. MGAP, 2007a).

En lo referente a número de colmenas existentes en el país, se ha registrado un paulatino pero constante incremento en las últimas décadas. Actualmente, si bien el número de colmenas ha seguido aumentando, no lo ha hecho al ritmo que lo venía haciendo (URUGUAY. MGAP. JUNAGRA, 2004).

¹ Díaz, R. 2008. Com. personal.

Cuadro 3. Evolución del número de productores apícolas y del número de colmenas registradas en el país

AÑO	Números de Propietarios	Número de Colmenas
2000 (1)	1.618	240.347
2001 (1)	2.055	300.488
2002 (1)	2.412	334.301
2003 (1)	3.762	346.659
2004 (2)	4521	427.896
2005 (2)	5000	410.000
2006 (2)	4900	450.000
2007 ¹	4011	514.032

Fuente: (1) URUGUAY. MGAP. JUNAGRA (2004)
(2) URUGUAY. MGAP (2007a)

Cuadro 4. Número de colmenas registradas por departamento

Departamento	No. de Colmenas	%
Artigas	8208	1,60
Canelones	20419	3,97
Cerro Largo	5858	1,14
Colonia	67409	13,11
Durazno	19188	3,73
Flores	28220	5,49
Florida	29612	5,76
Lavalleja	5700	1,11
Maldonado	5530	1,08
Montevideo	1836	0,36
Paysandú	58748	11,43
Río Negro	56541	11,00

Rivera	47136	9,17
Rocha	5366	1,04
Salto	9672	1,88
San José	37810	7,36
Soriano	95444	18,57
Tacuarembó	8633	1,68
Treinta y Tres	2702	0,53
Total	514032	100

Fuente: URUGUAY. MGAP (2007a)

A partir de la información presentada en los cuadros 3 y 4, donde se observa una evolución a través de los años del número de apicultores y del número de colmenas, se puede inferir que las condiciones climáticas que posee el Uruguay son favorables para el desarrollo de la apicultura en todo su territorio, tanto en lo que se refiere a clima como a flora (URUGUAY. MGAP. JUNAGRA, 2004). La oferta y el período floral, y la competencia por flores son factores importantes en la productividad.

Tratando de realizar un paralelismo con las dos zonas de mayor concentración de plantaciones de arándanos, se observa que en el Litoral Sur (Maldonado, San José, Montevideo y Canelones) existe un potencial de colmenas para ser destinadas a la polinización de arándanos de 65595 y un potencial para el Litoral Oeste (Salto y Paysandú), donde se encuentra la mayor concentración de arándanos, de 68420 colmenas¹. En cambio, según datos del Registro Nacional de Propietarios de Colmenas, solo 168 apicultores de un total de más de 4000 declaran el arrendamiento de colmenas para polinizar como un rubro de explotación (URUGUAY. MGAP. JUNAGRA, 2004).

2.4.2 Biología de *Apis mellifera*

La clasificación científica hace referencia a que la abeja pertenece al Reino Animalia, Filo Arthropoda, Clase Insecta, Orden Hymenoptera, Familia Apidae, Género *Apis*, Especie *Apis mellifera*.

Se trata de un insecto social. Su población consta de tres castas: Reina, Obreras y Zánganos. La cantidad de obreras varía de unos pocos miles a más de 50000 según la época del año. Las obreras cumplen diversas funciones, desde el cuidado y alimentación de las larvas, el obrado de panales, la estiba de reservas, el mantenimiento de la limpieza, hasta la defensa de la colonia ante agresiones, y la pecorea de néctar y polen floral, y de agua. Los zánganos, que son unos cientos en primavera y verano, con la función principal de fecundar la única reina.

Es un insecto holometábolo, cuyo desarrollo comprende las fases de larva, pupa e imago. Las tres castas pasan por las siguientes etapas: la etapa de huevo durante tres días (en el caso del zángano la reina ovipone un óvulo sin fecundar, por un proceso conocido como partenogénesis), la etapa de larva permanece seis días y es la única en que la abeja en formación recibe alimento, luego una etapa de prepupa y pupa donde ocurre la metamorfosis para finalmente nacer el imago. En el caso de la obrera, el ciclo completo transcurre en 21 días, en el zángano unos 24 y en la reina unos 15 a 16 días (cuadro 5).

Cuadro 5. Duración (en días) de las etapas de desarrollo de la abeja antes de nacer

RESUMEN	REINA	ZÁNGANO	OBRERA
Huevo	3	3	3
Nutrición de larva	5	6-7	6
Hilado del Capullo	1	1 ½	2
Período de Reposo	2	3	2
Transformación en pupa	1	1	1
Tiempo en estado de pupa	3	9	7
Operculado	8	9 ½	9
Nacimiento	15-16	24	21

Fuente: Atela (2005)

La reina es genéticamente igual a las obreras, pero a causa de una alimentación proteica suplementaria en la etapa larval, desarrolla totalmente su aparato genital. La diferencia radica en el tiempo de alimentación con jalea real entre las castas. A la larva de obrera se le otorga solamente 3 días de jalea real en su alimentación (luego se continua su alimentación a base de una papilla de miel, polen y agua) y a la reina se le alimenta continuamente con jalea real (durante 5 - 5½ días). Esta alimentación con jalea real lleva a la joven larva al estado de reina a los 16 días de postura del huevo, mientras que la larva alimentada con alimento común llega al estado de obrera recién a los 21 días de la postura del huevo (Atela, 2005).

La expectativa de vida de una obrera es de unos 35 a 45 días en plena temporada de pecoreo (primavera y verano), hasta unos dos a tres meses en invierno, mientras que una reina puede tener una expectativa de vida de 5 ó 6 años (Atela, 2005).

La Reina, luego de la cópula con varios zánganos en el llamado vuelo nupcial (que ocurre entre los 5 y los 15 días del nacimiento de la reina), es la encargada en la colonia de oviponer, hasta que es reemplazada por otra reina a los dos o tres años en promedio.

La actividad de pecoreo, en particular la de polen, facilita el transporte de estos granos de flor en flor entre plantas de la misma especie y es el mecanismo natural que

permite que se logre la polinización de las plantas. Desde el punto de vista de la eficiencia de polinización, son más importantes las abejas recolectoras de polen que las que recolectan néctar, ya que las primeras ingresan a las flores por el medio y tienen más contacto con el polen que las recolectoras de néctar, que ingresan por el costado de la flor sin tocar el polen (Valega, 2001).

La pecoreadora lleva consigo suficiente néctar de la colmena para poder llegar al grupo de flores que está dedicada a explotar y como puede localizarlas sin dificultad, vuela directamente hacia ellas y visita una tras otra hasta llenar su buche melario.

El buche melario de la abeja obrera es una parte ensanchada de su conducto de alimentación que se encuentra detrás del esófago. Después de la bolsa melífera hay una válvula que evita que el néctar o la miel pase al aparato digestivo (Crane, 1980).

La colonia manifiesta un desarrollo diferencial según los estímulos de oferta alimenticia y condiciones climáticas que recibe del medio ambiente donde está instalada la colmena. Así en invierno llega a su mínimo desarrollo poblacional, en primavera la reina aumenta significativamente su postura diaria hasta un máximo a fines de esta estación y principios del verano. En otoño disminuye paulatinamente la postura y la población adulta hasta llegar nuevamente al invierno.

Si bien las abejas son insectos individuales, su sobrevivencia y reproducción como especie se logra como una sociedad de individuos interdependientes. Las colonias de abejas se multiplican por vía de los enjambres, que son divisiones poblacionales naturales, que ocurren en el momento de mayor auge alimenticio (primavera), donde aproximadamente la mitad de la población con la reina emigran (enjambran) hacia una nueva locación, dejando en la colmena original las reservas alimenticias, parte de la población adulta y cría, y una o más reinas en formación.

2.4.2.1 Requisitos alimenticios de la abeja

Las abejas tienen sus propios requisitos nutricionales, debiendo existir un balance y aporte adecuado de los mismos para poder llevar adelante sus funciones vitales y perpetuar la especie (García, 2003).

La razón por la que las abejas visitan flores, es la recolección de polen y néctar para cubrir los requerimientos alimenticios de la colmena. La producción de néctar, en las plantas que producen frutos, se realiza para atraer a los polinizadores (Reyes y Cano, 2000).

La abeja succiona el néctar de los nectarios de las flores y éste es depositado en el buche melario que tiene en la región torácica. Según García (2003), el néctar está compuesto por agua y azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, variando sus porcentajes de

acuerdo a su origen floral). El contenido de azúcar que posee el néctar de manzana es de 46 %, el de durazno tiene 29 %, el de ciruela 26 % (Rumbo y Silvera, 1995) y el de arándano contiene un 21% de azúcares². Se supone que a mayor porcentaje de azúcares en el néctar, más apetecido por la abeja es. Además, la abeja acopia néctar que tenga como mínimo 20% de azúcares, de lo contrario lo que transporta es agua. Es por este motivo que las abejas son selectivas al escoger sus fuentes de néctar (Crane, 1980).

La cantidad de néctar producido por una planta es muy variable y los principales factores que la afectan son: condiciones climáticas (si hay rocío ó lluvia se diluye o se concentra cuando el clima es seco), condiciones de suelo, genética, altitud y latitud. La recolección de néctar por parte de las abejas responde a una necesidad de acopio y no existe una declinación de la actividad de recolección de néctar a medida que aumenta la cantidad de miel almacenada en la colmena (García, 2003).

El néctar es el alimento energético de la abeja, el cual es depositado en las celdas hexagonales de los panales de cera y lentamente es sometido a un proceso de deshidratación hasta alcanzar el 18 por ciento de humedad, dando lugar a la miel. La recolección del néctar se realiza durante todo el día, siguiendo los patrones horarios de entrega de las diferentes especies de plantas.

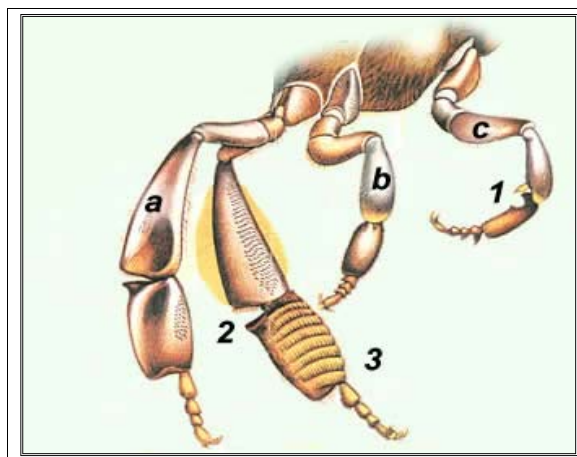
El néctar provee de carbohidratos a las abejas y el polen de los restantes requerimientos nutricionales.

El polen aporta a las abejas proteínas, minerales, lípidos y vitaminas (A, B, C, D, E y K). La composición química del mismo, y por ende su valor nutritivo, varía considerablemente de acuerdo a las distintas especies. Algunos son deficientes en algún o algunos aminoácidos, lo que los hace inapropiados para una adecuada nutrición de las abejas si se consumen puros. Sin embargo, la colonia recolecta normalmente polen de diversos orígenes florales, los que se mezclan y de esta forma se logra una dieta completa en los diferentes compuestos esenciales para la abeja (García, 2003).

El polen es recolectado por las abejas y es trasladado hasta la colmena en un receptáculo especial que las obreras tienen en el tercer par de patas, constituyendo una adaptación anatómica específica de la abeja. La tibia del tercer par está muy ensanchada y en su parte externa inferior tiene una depresión denominada corbícula (figura 3) la que está rodeada de fuertes pelos quitinosos, curvos, que ayudan a sostener la carga de polen que transportan.

² Patrón, E. 2008. Com. personal.

Figura 3. Adaptaciones anatómicas de la abeja



Fuente: García (2003)

Referencias: a- Tercer par de patas; b- Segundo par de patas; c- Primer par de patas.
1- Pelos limpiadores de antena; 2- Prensa de polen; 3- Pelos.

Según García (2003), el polen es utilizado dentro de la colmena, fundamentalmente por las abejas nodrizas como fuente proteica, ya sea para el desarrollo de sus glándulas hipofaríngeas ó para utilizarlo con algún grado de proceso, en la preparación de la papilla con que se alimentan a las larvas. El polen es utilizado además por las abejas jóvenes para poder completar su desarrollo corporal y el de ciertas glándulas que le permiten cumplir con sus funciones dentro de la colmena.

Estudios botánicos demuestran que las abejas recolectan polen de un número reducido de especies, elegidas por ser generalmente las más abundantes en el área de vuelo de la colmena. La recolección de polen está influenciada por una serie de factores, siendo el más importante la necesidad de polen existente en la colmena para la alimentación de la cría. Se sabe que a mayor cantidad de cría abierta en la colmena, mayor cantidad de abejas destinadas a la recolección de polen (García, 2003).

2.4.3 Importancia económica del sector

La importancia económica del sector apícola radica básicamente en que el país es básicamente productor y exportador de miel. A esta importancia netamente económica se puede agregar el efecto benéfico que producen las abejas en el incremento de los rendimientos de los cultivos comerciales con la polinización, lo que también resulta en un impacto económico.

Según Simó (2002), el valor de la polinización de las abejas es de 20 a 30 veces superior al valor de la miel y del resto de productos apícolas. Afirma que el beneficio

generado por los polinizadores en la Comunidad Valenciana supera los 600 millones de euros anuales, sólo en el sector agropecuario (el 30-40% de la producción final agraria) y la parte correspondiente a la abeja de la miel ronda los 480 millones de euros.

Morse y Calderone (1989, 2000) hacen referencia al cálculo del impacto económico de la abeja por medio de la polinización en la cosecha de diferentes cultivos, para los Estados Unidos. En ese país, se observa un incremento, a través de los años, del número de colonias contratadas para polinizar cultivos y se hace referencia a que el incremento en la producción es atribuible al uso de abejas, motivo que explica el incremento en la demanda de colmenas para polinizar.

Morse y Calderone (1989), utilizan para calcular el efecto de la abeja en la agricultura americana, una fórmula donde $V \times D \times P$ es el valor económico atribuible a la abeja melífera para el cultivo en cuestión. Los parámetros que se manejan son: V = valor en \$ de las cosechas; D = coeficiente de dependencia de cada cultivo de los insectos; P = coeficiente que es la proporción de D que corresponde de V. Lo que se pretende es aportar datos fidedignos sobre la dependencia de la polinización por insectos que tienen los principales cultivos de ese país, y a su vez, conocer que impacto tiene la abeja melífera en esos mayores rendimientos obtenidos.

Para el caso de Uruguay, Harriet (1991) realizó una aproximación a la importancia económica de la cuota parte correspondiente a *Apis mellifera* en el servicio de polinización. Se usa como referencia el trabajo de Morse y Calderone (1989) y se cuantifica en pesos la cosecha de cultivos entomófilos según valores de mercado. A cada cultivo se le calcula el porcentaje de participación de los insectos en la polinización, es decir, que proporción del total cosechado se debe a la polinización entomófila y se estima que cuota parte es ocupada por la abeja doméstica en la totalidad de los insectos actuantes. Se concluye que del beneficio que aporta la abeja a los cultivos a través de la polinización, se obtiene una producción 16 veces superior a la obtenida sin este servicio.

Según Morse y Calderone (1989) cultivos como manzana, lotus, trébol blanco, trébol rojo tienen una dependencia del 100% de insectos, y el 90% de los mismos corresponden a la abeja melífera. En el cultivo de arándanos sucede lo mismo (cuadro 6), motivo que deja en evidencia la dependencia de la polinización con abejas del cultivo. En cambio, la soja tiene una dependencia del 10% de insectos, del que el 50% corresponde a la abeja melífera.

Cuadro 6. Valor económico atribuible a la abeja en el cultivo de arándano para EEUU

	Va	Dc	Pc	Va x Dc x Pc
Arándanos	104.6	1	0.9	94.14

Fuente: Morse y Calderone (1989)

Hasta el momento se desarrolló el impacto económico de la abeja a través de la polinización, en cambio Uruguay es un país netamente exportador de miel en el que a pesar de los vaivenes de los precios obtenidos por las exportaciones, el crecimiento de la producción y el aumento de la inserción exportadora del sector han sido una tendencia constante. El mismo se mantiene dinámico con oscilaciones de precios de magnitud, observándose desde valores mínimos en el orden de 1 U\$S/kg hasta valores máximos en el entorno de 2,6 U\$S/kg (cuadro 7) (URUGUAY. MGAP, 2007a).

A lo largo de los años se denota un incremento en toneladas de miel exportadas (cuadro 7), estas dependen de la producción de cada zafra, la que en gran medida está influenciada por las condiciones climáticas reinantes (grandes sequías, ó lluvias abundantes en el momento de las floraciones, bajas temperaturas, etc.) ó por situaciones sanitarias adversas. Uruguay es tomador de precios para la exportación de miel. Las variaciones en la productividad interna no afectan la demanda.

Cuadro 7. Evolución de la exportación de miel de Uruguay

Año	U\$S/kg	U\$S FOBx1000	Toneladas
1990	0,88	3038	3445
1991	1	5681	5677
1992	1,02	5273	5169
1993	0,93	5713	6118
1994	0,84	4097	4869
1995	1,04	6802	6522
1996	1,66	10107	6097
1997	1,58	12206	7722
1998	1,36	6645	4887
1999	1,05	10602	10137
2000	1,03	2975	2898
2001	0,97	9942	10255
2002	1,52	15629	10276
2003	2,58	23942	9269
2004	2,17	29781	13620
2005	1,29	11779	9127
2006	1,4	17902	12757
2007	1,55	21908	14085

Fuente: URUGUAY. MGAP. DIGEGRA /DILAVE/LATU/ IICA (2008)

En lo que hace al destino de las exportaciones, los 2 principales mercados son Alemania y Estados Unidos, explican entre el 50 % y 60 % del valor de las exportaciones (cuadro 8), y 5 compradores individualmente menores de Europa (España, Italia, Reino Unido, Francia y Bélgica) suman en el eje del 30 %. España es el tercer

mercado en importancia relativa, bastante estable en los últimos años, con una participación de las ventas siempre por encima del 10 %. Los otros mercados que marcan cifras de consideración han sido por lo general europeos (destacándose Reino Unido y Bélgica), motivo por el cual puede decirse que en su conjunto la Unión Europea (Alemania, España, Reino Unido, Bélgica y Otros) es el destino por excelencia de las ventas de Uruguay (URUGUAY. MGAP, 2007a).

Cuadro 8. Volúmenes de miel exportados por Uruguay por año, según país de destino y valor

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
TOTAL (ton)	10.376	3.005	9.168	5.909	2.214	12.437	8.953	12.757
Alemania	1.714	2.056	6.449	3.702	3.837	7.818	3.441	8.473
Estados Unidos	s/d	s/d	1.697	1.917	1.863	2.310	3.779	1.480
España	1.573	330	563	43	0	1.343	1.257	1.414
Brasil	6.715	162	¹	0	0	0	0	0
Otros ⁽²⁾	374	457	459	247	351	967	476	1.390
TOTAL (miles de dólares) ⁽³⁾	10.656	3.047	9.566	9.161	15.612	26.940	11.042	18.366

Fuente: URUGUAY. MGAP. DGSG/DILAVE/BCU (2007)

⁽¹⁾ Está incluido en Otros.

⁽²⁾ En el año 2001 incluye a Brasil, México, Venezuela, Argentina, Suiza e Inglaterra; en el 2003, a Suiza, Bélgica, Reino Unido y España. 2004: Inglaterra, Bélgica, Suiza, Finlandia, Austria, Libia. 2005: Inglaterra, Bélgica, Suiza, Argentina, Holanda, Irlanda, Dinamarca. 2006: R.U., Bélgica, Dinamarca, Austria y Francia.

⁽³⁾ Calculado en base a volúmenes de DILAVE y precios promedio de BCU.

2.4.4 Ventajas de la polinización con *Apis mellifera*

La polinización es un proceso importante en la determinación de la cosecha por parte del agricultor y es un compromiso para el apicultor que brinda este tipo de servicios responder de buena manera ante las necesidades del agricultor. Lograr una buena polinización va a determinar una cosecha que le permita al agricultor mantener su actividad y volver a solicitar los servicios del apicultor en la próxima temporada.

La abeja melífera es el principal insecto polinizador que existe en la naturaleza, su abundancia puede variar entre el 60 y el 95% de todos los polinizadores. Presenta una serie de adaptaciones de comportamiento y anatómicas que la hacen mucho más eficiente como polinizador respecto a otros insectos (De la Cuadra, 1999).

Según Harriet (1991), la abeja melífera visita las flores de una misma especie en cada viaje, lo que asegura el transporte del polen entre plantas de igual especie (fenómeno conocido como constancia temporaria), coordina sus períodos de actividad de

mayor pecoreo con los momentos de secreción de néctar y de necesidad de ser polinizada la flor. Además, la cantidad de abejas presentes en una determinada área y en un determinado momento es manejable por el hombre, y por último es posible incidir en que tipo de polen lleva mayoritariamente la abeja en su cuerpo durante los vuelos.

Según Reyes y Cano (2000) cuando las abejas visitan las flores para recolectar el néctar y el polen de una flor, transfieren este último entre las estructuras reproductivas y así se inicia el proceso de formación de semillas ó frutos. Las abejas estimulan la fertilización, siendo el elemento vector que transporta al polen para lograr altos rendimientos (HONDURAS. SAG, 2005).

La polinización por insectos es un requisito para la producción de muchos cultivos, pero en los ecosistemas agrícolas los polinizadores silvestres son escasos para asegurar una adecuada polinización. Insecticidas, herbicidas, y las prácticas de cultivo han reducido ó eliminado las poblaciones silvestres de insectos hasta el punto de hacerlos insuficientes para sus plantaciones comerciales (Reyes y Cano, 2000).

2.4.5 Polinización de arándano con *Apis mellifera*

2.4.5.1 Características de las colmenas para polinizar arándano

Para que una colmena sea eficiente en su labor de polinización, debe cumplir ciertos requisitos. Aunque las colmenas parecieran ser iguales unas a otras, es en su interior donde se pueden encontrar diferencias enormes, lo que puede determinar que algunas colmenas no sirvan para polinizar.

Según De la Cuadra (1999) una colmena para ser considerada como apta para polinizar debe tener:

- 1) Adecuada población de abejas. La cámara de una colmena estándar (Langstroth) debe tener 7 a 8 cuadros cubiertos con abejas, cada uno de los cuales debe estar cubierto con abejas en un 75% de su superficie por ambos lados (De la Cuadra, 1999). O sea, a mayor población de la colonia, mayor porcentaje de pecoreadoras en el cultivo (cuadro 9).

Se asume que el 50% del total de individuos de una colmena son abejas recolectoras que salen en busca de alimento y son las que efectúan la polinización. El otro 50% son abejas que permanecen dentro de la colmena efectuando labores en su interior, hasta cumplir la edad de 21 días aproximadamente para salir a recolectar alimento. La abeja obrera no vive más de 5 semanas en plena temporada, de las que sólo tiene unas 2 a 3 semanas para su labor de polinización, antes de completar su ciclo de vida y morir.

Cuadro 9. Proporción de pecoreadoras en poblaciones de distinto tamaño

POBLACIÓN	No. PECOREADORAS	% PECOREADORAS
15000	2250	15
20000	5000	25
25000	7500	30
30000	12000	40
40000	20000	50
50000	30000	60
60000	39000	65

Fuente: Farrar (1974)

2) Presencia de cría en el interior de la colmena, ya que éstas se alimentan principalmente de polen. La cantidad de larvas que hay en la colmena depende de la capacidad de postura de la abeja reina, la que en plena temporada es capaz de poner hasta 3000 huevos diariamente. Normalmente se exige, para arrendar colmenas para polinizar, que una colmena estándar tenga de 5 a 6 cuadros con cría en sus diferentes estados: huevos, larvas (cría abierta) y pupas (cría operculada).

3) No deben existir enfermedades que afecten a la cría, ya que son numerosas las patologías producidas por bacterias, virus, ácaros, etc. que afectan a la cría en sus diferentes estados de desarrollo y de enfermedades que además afectan a las abejas adultas. Colonias de abejas enfermas, afectan la demanda por polen, y la actividad de pecorea de la misma. Especial cuidado hay que tener con la varroasis, producida por el ácaro *Varroa destructor* y con la nosemosis, causada por el hongo *Nosema sp. Z*. La calidad de la reina se aprecia principalmente por la postura pareja y abundante en el panal, de acuerdo al patrón característico de postura que realiza.

4) Debe tener una adecuada cantidad de abejas recolectoras que salen de la colmena en busca de alimento y por lo tanto polinizan las flores. Esto se puede apreciar por las abejas que entran y salen por la piquera de la colmena. Para medir esta actividad, se debe contar la cantidad de abejas que ingresan a la colmena por la piquera en 1 minuto, en horas de máxima actividad en un día con condiciones climáticas apropiadas para el vuelo de las abejas (sobre 20 °C).

5) Reservas de alimento y espacio interno. Debe existir 1 a 2 cuadros con reservas de alimento (miel y polen) que permitan a las abejas sobrevivir ante eventuales condiciones climáticas adversas o déficit de néctar y/o polen durante la polinización y evitar que se mueran o se debiliten. También debe haber espacio libre para el crecimiento de la colmena, para la postura de la reina y almacenamiento de reservas alimenticias, lo que significa que debiera haber 1 a 2 marcos vacíos de los 10 marcos que componen una cámara de cría para evitar que las abejas enjambren por falta de espacio.

2.4.5.2 Manejo de las colmenas

Según Harriet (1991) al momento de decidir preparar colmenas para la polinización, el apicultor debe contar con un número superior de colmenas que le permita luego poder realizar una selección de las mejores en lo que respecta a población, cantidad y calidad de cría, equilibrio cría/ abeja adulta, sanidad, etc.

El apicultor debe estimular, si es necesario, la postura de la reina mediante la aplicación de un plan de estimulación artificial a través el suministro de jarabes. Debe tener material en buenas condiciones para los traslados, cajones sanos, etc. Las colonias deben estar sanas de enfermedades que afectan la cría y abejas adultas y por último debe mantener reinas jóvenes para disponer de cría abundante y para tener mejor respuesta ó recuperación en caso de accidente (por muerte de pecoreadoras por plaguicidas).

Se debe realizar el traslado de las colmenas al cultivo y el retiro de las mismas en forma puntual y correcta. Dado los altos costos relacionados a los traslados (jornales, combustible, mantenimiento de vehículos, etc.), las colmenas a trasladar deben encontrarse en forma óptima, de manera de obtener de ella los máximos beneficios que compensen los gastos incurridos. Además de tener el piso clavado al cajón de la cámara de cría, la colmena no necesita de otro acondicionamiento previo. Es conveniente la utilización de las horas nocturnas para la realización del traslado (García, 2003).

Al momento de tomar la decisión de llevar colmenas para polinizar arándanos, se incurre en ciertos gastos (Harriet, 1991). Los principales costos involucrados son el traslado de las colmenas desde el apiario a la chacra y viceversa; mano de obra en el trabajo de arreglar y preparar las colmenas para su traslado (lo que incluye el plan de incentivo de las mismas y la selección de las mejores colmenas), en la carga y descarga de las colmenas desde el apiario al cultivo y viceversa, en la distribución de las colmenas en el cultivo, en las revisiones de las colmenas después de la llegada al cultivo. Se debe tener en cuenta además la posibilidad de tener que reponer colmenas muertas o que no cumplan con las características deseadas, de que existe deterioro del material (cajones, techos, etc.) con los traslados y que seguramente se darán pérdidas de colmenas durante la polinización por pesticidas, y una disminución del vigor de las colmenas por estrés de las abejas a causa del traslado (De la Cuadra, 1999). En este caso de polinización del cultivo de arándano es claro que se incrementan los gastos específicamente porque la floración ocurre muy tempranamente y se deben movilizar colmenas en períodos en los que frecuentemente no se hace.

Luego que las colmenas están instaladas en el cultivo se deben realizar ciertos manejos para estimular la actividad de las abejas sobre el arándano. Esto cobra mayor importancia cuando existen cerca de la plantación otros cultivos, ya sea espontáneos ó cultivados, que resultan ser más atractivos para las abejas que las flores del arándano,

principalmente por una mayor producción y calidad del néctar y polen de las flores (De la Cuadra, 1999).

Otra medida de manejo puede ser el uso de las trampas de polen, ya que permite al apicultor cosechar polen a la entrada de la colmena. Estos dispositivos capturan de un 10 a un 80% del polen que traen las abejas recolectoras, de manera que se obliga a las abejas a aumentar la proporción de abejas que van a buscar polen respecto a las que van a buscar néctar para satisfacer la demanda de proteínas de las larvas en el interior de la colmena, aumentando así la eficiencia de la polinización (De la Cuadra, 1999). Otra forma de estimular la colecta de polen es mediante la alimentación con agua azucarada, aunque en momentos de abundante secreción de néctar en la cercanía de la colmena, pueden rechazar la alimentación artificial (Reyes y Cano, 2000).

No se ha encontrado información acerca del grado de atracción del polen de arándanos por la abeja. No obstante ello, es importante por parte del productor de arándanos eliminar floraciones que pudieran competir por la visita de la abeja a su flor.

Según Harriet (1991) a los efectos de lograr una eficiente polinización se puede efectuar alguna maniobra de guía de las pecoreadoras al cultivo deseado ya sea por rotación de las colmenas dentro del cultivo en el período de polinización o con jarabes (no siempre dan los resultados esperados). De la Cuadra (1999) plantea la posibilidad de colocar la mitad de las colmenas cuando hay un 10% de floración y la otra mitad colocarla en plena floración, 15 a 30 días después del ingreso de las primeras. Esto es especialmente aconsejable cuando hay mucha competencia con otros cultivos cercanos.

2.4.5.3 Número de colmenas por hectárea para polinizar arándanos

El número de colonias de *Apis mellifera* por hectárea de cultivo, es quizás la primer interrogante que se plantea al momento de planificar la polinización de frutales. Son muy variadas las recomendaciones acerca del número adecuado de colonias/superficie y los factores determinantes en esta decisión dependerán del tipo y el área de cultivo, de la existencia de floraciones que compiten con el cultivo atrayendo las abejas, clima, zona geográfica, etc (HONDURAS. SAG, 2005).

En la recomendación del número de colmenas por hectárea para polinizar arándano no existe un consenso a nivel mundial. En tal sentido, Pesson y Louveaux (1984), afirman que el número de colmenas necesarias para asegurar la polinización de las flores de *Vaccinium sp.* es de 1 a 5 por hectárea, pero que depende del grado de atracción que presenta cada variedad. A nivel nacional se hace referencia al uso de entre 5 y 10 colmenas por hectárea, pero se asegura que el uso de 6 colmenas/há es suficiente para obtener una adecuada polinización². Otro aspecto a tener en cuenta, y en el que tampoco existe un consenso mundial, es sobre el número de visitas de abejas a la flor de arándanos por minuto.

2.4.5.4 Momento de ingreso de las colmenas al cultivo

Según Rumbo y Silvera (1995), la instalación de las colmenas se hará cuando al menos el 10-20% de las flores del cultivar estén abiertas. Si las colmenas se colocan con mucha anticipación puede ocurrir que las abejas ubiquen una floración muy atrayente en las inmediaciones y al momento de la floración del cultivo que se desea polinizar sigan visitando esa floración. En caso de no haber cultivos cercanos que compitan con las flores del arándano, no sería tan importante este manejo (Valega, 2001).

En lo referente a la flora competitiva a la flor de arándano, no se obtuvo información fidedigna, motivo por el cual se decidió no hacer referencia en este trabajo.

2.4.5.5 Distribución de las colmenas en el cultivo

Uno de los aspectos en donde existe uniformidad de criterios es en la conveniencia de lograr una distribución homogénea de las colmenas en el área a polinizar (De la Cuadra, 1999).

Según Valega (2001) la distancia entre las colmenas y el cultivo más eficiente es de 50 metros y no conviene que sea superior a los 120 metros. La polinización más eficiente se realiza alrededor de un radio de 50 metros. En cambio, Harriet (1991) hace referencia a que en el cultivo de manzana, el trabajo más eficiente las abejas lo realizan en los primeros 100 metros, por lo que indica como importante ubicar las colmenas en grupos a 200 metros entre sí.

Para asegurar buena distribución de las abejas en el cultivo se deben colocar las colmenas perpendicularmente al sentido de las filas (HONDURAS. SAG, 2005).

Los lugares donde se colocan las colmenas deben ser soleados, abrigados de los vientos fuertes, en suelo libre de humedad excesiva y sin malezas, idealmente no deben estar en contacto directo con el suelo, para proteger las colmenas de la humedad del suelo y enemigos naturales de las abejas, como hormigas, ratones, etc (De la Cuadra, 1999).

2.4.5.6 Riesgo de accidente con pesticidas

Es indiscutible la necesidad de aplicar medidas de control de los parásitos y plagas que atacan a los cultivos en desarrollo y producción. Esto solo puede ser logrado con el uso de productos, que en su mayoría afectan a los insectos polinizadores y principalmente a las abejas.

El desconocimiento de la situación provoca que mediante la aplicación de insecticidas a los cultivos (ya sea, el propio cultivo a polinizar ú otro adyacente) se

provoque la muerte de abejas. Es común encontrar abejas muertas delante de las plancha de vuelo por efecto de los pesticidas lo que lleva al apicultor a querer retirar las colmenas lo antes posible (sin realizar una polinización adecuada) ó que no vuelva a polinizar en años siguientes (Harriet, 2005).

En la mayoría de las aplicaciones no se tiene precaución ó no se maneja la posibilidad de proteger a los insectos benéficos, abejas silvestres y melíferas causando daños severos a los polinizadores y los enemigos naturales de las plagas que atacan a sus cultivos. Entonces el control de plagas y protección a los insectos benéficos son dos objetivos que no son compatibles si no se toman precauciones (Reyes y Cano, 2000).

Se deben realizar aplicaciones de insecticidas cuando las poblaciones de plaga realmente requieran de control, usando insecticidas con la menor toxicidad a las abejas, con aplicaciones de tratamiento de aspersiones y evitando la aplicación de pesticidas en polvo que arrastre el viento a las colmenas situadas a la orilla de los cultivos. Se recomienda además usar la dosis más baja y hacer el menor número de aplicaciones (Reyes y Cano, 2000).

Los productores deben entender que no se deben aplicar insecticidas en sus cultivos cuando se tienen colmenas para polinización y que las aplicaciones se deben realizar antes de trasladar las colmenas ó luego de retirarlas a un lugar seguro (Reyes y Cano, 2000).

2.4.5.7 Indicadores apícolas que permitan asegurar una adecuada polinización

La mejor manera de reconocer una buena colmena para polinizar es observando el movimiento en la piquera y contando la cantidad de abejas recolectoras que entran por minuto al mediodía, en un día con temperatura sobre lo 20° C. Es esperable que un número superior a 50 abejas por minuto indique una adecuada población de abejas adultas recolectoras y que de estas por lo menos un 25% (10 a 15 abejas) entren por la piquera con su carga de polen, lo que va a indicar que existe cría en el interior de la colmena y por lo tanto la presencia casi segura de la reina (De la Cuadra, 1999).

Valega (2001) afirma que si ingresan menos de 15 abejas con polen por minuto se considera que la colmena no es apta, de 15 a 20 abejas por minuto es eficiente para polinizar y si ingresan más de 20 abejas con polen por minuto, muy eficiente para polinizar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO

El trabajo fue realizado en un establecimiento frutícola ubicado en camino de los Horneros 11577 y camino Paja Brava, Melilla, Montevideo, el cual es propiedad de la Familia Solari. Este predio de tradición frutícola comenzó en el año 2002 sus plantaciones de arándano y continuó con las mismas en el 2004 y 2005. La distancia de plantación en todos los casos es de 3x1(3333 plantas/Há).

Actualmente hay implantadas en el establecimiento 3 variedades de arándano: Bluechip, Bluecuinex y O'Neal, existiendo en producción 1 Há, donde el 65% corresponde a O'Neal, dicha variedad fue utilizada para la realización del trabajo. La variedad Bluechip no se encuentra aun en producción.

De acuerdo a la recomendación manejada en bibliografía de usar 6 colmenas por hectárea para polinizar arándanos, se manejarán en este trabajo, en función de la superficie a polinizar, 4 colmenas/Há. Se intentó no saturar con abejas el cultivo ya que se constató la presencia de colmenas en las cercanías al predio y se pretende observar el efecto distancia del cultivo a las colmenas sobre el rendimiento.

Las mediciones correspondientes al trabajo de campo se realizaron en el periodo comprendido entre el 28 de agosto al 6 de diciembre de 2007, fecha en la que culminó la cosecha. Los trabajos de preparación de colmenas y traslado se realizaron con anterioridad a la fecha de inicio mencionada.

3.2 PLAN DE ESTIMULACIÓN DE LA POSTURA DE LA REINA

Con el objetivo de obtener 4 colmenas aptas para polinizar, definidas como tales según los parámetros utilizados tradicionalmente para la polinización de frutales, se llevó adelante un plan de estimulación (cuadro 10). El mismo consta en suministrar semanalmente una alimentación estratégica, denominada “estimulación artificial” a la colonia de abejas, con lo que se procura lograr dos objetivos: por un lado, que la reina aumente su postura diaria, lo que incrementará el área de cría y por ende la necesidad de las abejas por salir en busca de alimento; y por otro lado, que aumente significativamente la población de insectos adultos que son los polinizadores.

La preparación de las colmenas comenzó el 12 de junio con 10 colmenas originadas de núcleos con reinas de 2006 (figura 4).

Luego de que este plan de estimulación finaliza, las colmenas ya estaban distribuidas en el cultivo, lo que les representa una entrada natural de polen y néctar, no disminuyendo de este modo el ingreso de alimento a la colonia.

Cuadro 10. Plan de estimulación ejecutado, por colmena

Semana	Volumen	Fecha	Proporción Kg azúcar/litros agua
1	0,5 litro	12 junio	2 : 1
2	1 litro	19 junio	1,75 : 1
3	1 litro	26 junio	1,5 : 1
4	1,5 litro	3 julio	1,25 : 1
5	2 litro	10 julio	1,25 : 1
6	2 litro	17 julio	1 : 1

Figura 4. Colmenas seleccionadas para comenzar el plan de estimulación



3.3 ELECCIÓN DE LAS COLMENAS Y TRASLADO

De las 10 colmenas incentivadas se seleccionaron 4, las que presentaron igual manejo previo, eran libres de problemas sanitarios, tenían reinas de igual edad (por ser esta la fuente de variación más importante) y buena población.

El criterio de selección fue principalmente el poblacional, se revisaron una a una las colmenas y se estimó la población adulta contando el número de panales con abeja. Las 4 colmenas elegidas fueron las que tenían mayor población, las que a su vez, fueron apoyadas según necesidad de cada una con cuadros de cría y/o reservas y espacio libre para la postura de la reina, a los efectos de que las colonias tengan igual potencial (cuadro 11).

Cuadro 11. Características de las colmenas elegidas para polinizar

No. Colmena	No. cuadros con cría	No. cuadros con alimento	No. cuadros con espacio para postura de Reina
1	5	3	2
2	5	4	1
3	5	4	1
4	4 (buena)	5	1

Las 4 colmenas fueron trasladadas el día 26 de julio, cuando existía en el cultivo entre 5-10% de flor abierta. Fue elegido este momento porque si se las traslada antes, existe el riesgo de que las abejas puedan localizar una fuente más atractiva de polen y opten por visitar la flora competitiva, no visitando las flores de arándano cuando éste florece.

3.4 UBICACIÓN DE LAS COLMENAS EN EL CULTIVO

Una vez trasladadas al predio, las colmenas se colocaron en el borde del cultivo (figura 5), en un lugar soleado, abrigado de los vientos fuertes, aisladas del suelo para protegerlas de la humedad del mismo, malezas y enemigos naturales de las abejas, como hormigas, ratones, etc.

Figura 5. Ubicación de las colmenas en el cultivo a polinizar



3.5 MEDICIONES REALIZADAS

Los tratamientos consistieron en las distancias existentes entre los cuadros de arándano a polinizar y la ubicación de las colmenas, se diferenciaron de este modo 3 tratamientos (T1=50m; T2=100m; T3=200m) y un tratamiento con plantas cubiertas (T4=50m cubiertas). Vale la pena aclarar que la edad de las plantas de los 3 cuadros no

es igual, ya que la chacra ofrecida para la realización del trabajo presentaba esas características. El T1 y T4 estuvieron ubicados en el cuadro plantado en el año 2004, el T2 en el cuadro plantado en el 2002 y el T3 en el cuadro plantado en 2005.

Las mediciones comenzaron el 28 de agosto de 2007, ya que, a causa de las condiciones climáticas ocurridas en esa época, donde hubo un fin de invierno y comienzo de primavera atípico en el que se registraron muy bajas temperaturas, la floración se vio retrasada y no era justificado el comienzo de las mediciones antes.

En la etapa de campo, se realizaron varias mediciones, tanto a nivel de plantas seleccionadas, como a nivel de las colmenas utilizadas para la polinización.

3.5.1 Mediciones a nivel de las plantas seleccionadas

3.5.1.1 Medición del largo de plantas

Se determinó el largo de las 15 plantas de los tratamientos 1, 2 y 3 (figura 6). Lo que se pretende con esta medición es conocer si existe un efecto del tamaño de planta en el rendimiento, ya que, se supone que plantas más grandes tienen mayor potencial para el desarrollo de frutos y además serán más visitadas por los insectos respecto a plantas más chicas.

Figura 6. Medición del largo de plantas



3.5.1.2 Medición del diámetro y profundidad de las flores de arándano

Se midieron 35 flores, utilizando para ello un calibre (figura 7). El criterio de selección fue el de encontrar a la abeja trabajando en la flor. El objetivo de esta medición fue verificar si la abeja puede ingresar por la abertura de la corola a la flor, ya

que, en bibliografía se hace referencia a que la abeja no es el mejor polinizador porque no puede ingresar a la flor de arándano. La medición se realizó el 17 de setiembre.

Figura 7. Medición del diámetro y profundidad de flores de arándano



3.5.1.3 Actividad de insectos polinizadores

Se registraron los insectos que presentaron comportamiento polinizador posándose en la flor de arándano, en un periodo de 3 min./planta, en 5 fechas de medición (28 de agosto, 7 de setiembre, 17 de setiembre, 25 de setiembre y 4 de octubre) y en dos momentos del día (H1=10:30; H2=15:30) (figura 8).

A los efectos del análisis estadístico, se tomaron únicamente los registros del 7, 17 y 25 de setiembre, por ser las fechas en las que se observaron insectos. A lo largo de todas las fechas de medición, solo se observaron a abejas, moscas y abejorros posados en flor, por lo que se eliminó del análisis a las hormigas y otros.

Figura 8. Contabilización del número y tipo de insecto polinizador



3.5.2 Mediciones a nivel de las colmenas

3.5.2.1 Determinación del número de abejas en piquera

Se contabilizó el número de abejas/minuto en piquera en tres fechas (28 de agosto, 7 y 25 de setiembre) (figura 9). Las mediciones en el tiempo no pudieron ser realizadas en el mismo momento del día, si bien se registró en todos los casos una actividad dinámica de piquera, el hecho de no realizar la medición en el mismo momento del día puede tener influencia en la actividad de la piquera y por ende en los registros.

Este parámetro es tomado a nivel mundial como indicador de la actividad de las colmenas y de la aptitud de las mismas para realizar una adecuada polinización.

Figura 9. Determinación de la actividad en piquera



3.5.2.2 Evolución del área de cría

Se registró en 4 fechas (28 de agosto, 7, 17 y 25 de setiembre) y se utilizó una escala visual, en la que se registraba la cantidad de cuartos de cría abierta y cerrada por cara de panal, por colmena (figura 10). Dicha medición se realizó siempre por la misma persona para disminuir la variabilidad generada por observadores diferentes.

Este parámetro también es tomado como indicador de la aptitud de las colmenas para polinizar. Este hecho tiene su explicación en que, la presencia de cría, principalmente en estado de larva, aumenta las necesidades de polen de la colonia para alimentar a sus crías.

Figura 10. Evolución del área de cría de las colmenas utilizadas para polinizar



3.5.2.3 Trampas de polen y colecta de polen corbicular

Las trampas se colocaron durante al menos una hora en cada fecha de medición, en el momento del día de mayor actividad de la abeja. Existieron variaciones en el tiempo de permanencia de la trampa en la colmena entre fechas de medición y se constató la visita de abejas a las flores de arándano mientras permanecía la trampa en la colmena. Lo colectado, fue colocado en recipientes individuales, correctamente identificados (figura 11).

Con las trampas de polen se pretende colectar una parte del polen corbicular, con el fin de caracterizar las especies más visitadas por las pecoreadoras, y observar además si las abejas colectan polen de arándano.

Con el objetivo de caracterizar el polen de arándano, se realizó la identificación en microscopio óptico del mismo a partir de la extracción de polen de una flor proveniente de la propia plantación donde se realizó el trabajo.

Figura 11. Colocación de trampas de polen



Se colocaron 2 termómetros HOBO en el cultivo el 28 de agosto para registrar la temperatura durante el período del ensayo. Uno fue colocado en una planta cubierta y el otro en una planta al aire libre (figura 12), con lo que se pretende conocer si la malla sombra colocada ejerce algún efecto en la temperatura y por ende en la planta, que afecte a la floración y posterior cuajado de frutos.

Figura 12. Termómetros colocados durante el ensayo



3.6 COSECHA

Se cosechó la fruta madura de las 15 plantas seleccionadas, de los 4 tratamientos, en 6 oportunidades (15, 20, 22, 27, 29 de noviembre y 6 de diciembre). Se contabilizó el número de frutos (nf), se registró el peso del total de los mismos (pf) por planta en cada fecha de cosecha y se calculó el peso promedio de frutos (ppf).

En el pico de cosecha, se seleccionaron al azar 15 frutos por tratamiento (60 frutos) y se registró el diámetro (figura 13) y peso de cada fruto y el número de semillas que contenía cada uno.

Figura 13. Calibre utilizado para medir diámetro de fruto



3.7 ANALISIS DE POLEN

Las muestras obtenidas de las trampas se analizaron en el Laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias. Se realizó en primera instancia, un análisis cuantitativo y cualitativo, donde se agruparon los granos de polen por color, se contaron y se constató a que especie botánica pertenecían (figura 14). Luego al no evidenciarse polen de arándano en las muestras analizadas previamente, se continuó realizando un análisis cualitativo con las muestras restantes.

Figura 14. Análisis de polen corbicular en el laboratorio



3.8 ANALISIS DE MIEL

Luego de terminada la floración se cosechó una muestra de miel de cada colmena, y se llevó al laboratorio para hacer el análisis melisopalinológico. Esta metodología permite determinar el origen botánico y geográfico de las mieles, tipificarlas y caracterizarlas desde el punto de vista botánico (La Serna et al., 1997).

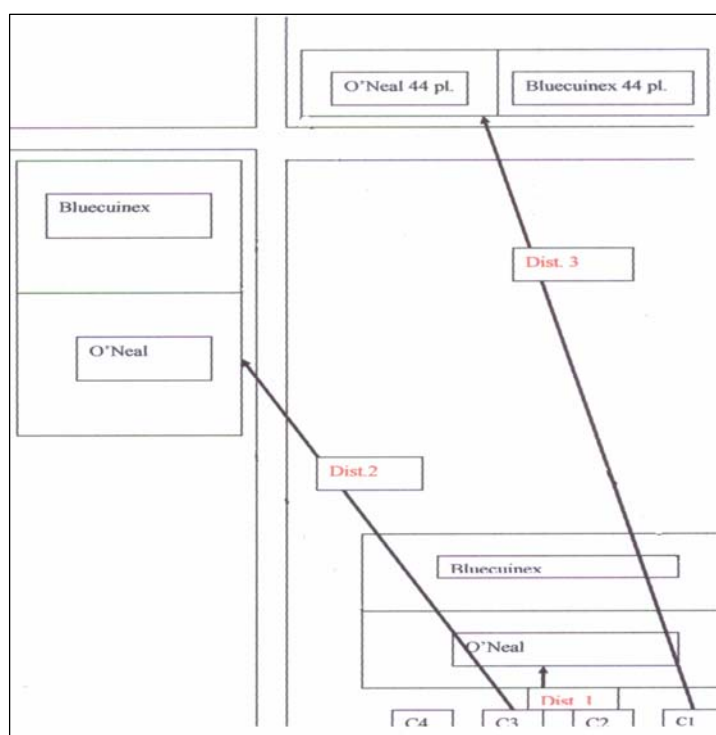
3.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental utilizado en el campo fue completamente al azar, donde se evaluaron cuatro tratamientos, con 15 repeticiones por cada uno, siendo la unidad experimental una planta. Los tratamientos –que se correspondieron con diferentes distancias de las colmenas al cultivo- fueron los siguientes:

- Tratamiento 1 (T1), distancia del cuadro de arándano a polinizar de hasta 50m de las colmenas.
- Tratamiento 2 (T2), distancia de hasta 100m de las colmenas.
- Tratamiento 3 (T3), distancia de hasta 200m.
- Tratamiento 4 (T4), distancia de hasta 50m de las colmenas. En este tratamiento las plantas fueron aisladas con malla sombra (35%).

En la figura 15 se muestra la ubicación de las colmenas en la chacra y la ubicación de los 3 cuadros de arándano, de la variedad O'Neal, que fueron utilizados para el ensayo.

Figura 15. Cuadros de arándano, variedad O'Neal utilizados para polinizar y distancia de los mismos a las colmenas



Los resultados se analizaron utilizando el programa estadístico SAS (1997).

Las variables continuas evaluadas en cosecha (número de frutos, peso total de frutos y peso promedio de frutos), diámetro y peso de frutos utilizados para la contabilización de semillas y el largo de plantas, se analizaron según el Modelo Lineal Generalizado (GLM Procedure de SAS, 1997) y la diferencia de medias mediante el test de Tukey (nivel de significancia de 0,10). Para el análisis de las tres variables evaluadas en cosecha, se utilizó un diseño de parcelas divididas en el tiempo, donde las parcelas son las 15 plantas por tratamiento, en las 6 fechas de cosecha.

Los datos de número de semillas por fruto y número de insectos polinizadores, se analizaron a través del Modelo Lineal Generalizado (GENMOD proc. de SAS, 1997), por considerarse variables discontinuas, asumiendo distribución Poisson.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

La distancia a la colmena determina diferentes rendimientos entre tratamientos. Las plantas ubicadas más cerca, 50 vs. 100 y 200 metros de las colmenas, presentan mayor número de frutos por planta, duplicando el valor respecto de las plantas ubicadas a más de 100 metros (cuadro 12). Sin embargo el peso medio del fruto fue igual para todos los tratamientos, por lo que las diferencias en gramos por planta se explican por un mayor cuajado de frutos. Debido a las diferencias en tamaño de planta entre tratamientos se utilizó el largo de planta como covariable para analizar los datos de número y peso (grs) de frutos por planta. En el tratamiento 4, donde se mantuvo a las plantas aisladas con malla durante todo el período de floración, si bien no se pudo corregir por largo total de planta, ya que este no se midió en las mismas, se cosechó un promedio de 50 frutos por planta, que es significativamente menor al resto de los tratamientos, independientemente del tamaño de plantas (resultados no presentados).

Cuadro 12. Efecto de la distancia a la colmena y la cobertura de la planta sobre los componentes del rendimiento

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	p>F	CV (%)
Distancia a la colmena (m)	50	100	200	50 (cubierta)	--	--
Largo planta (m)	13,0 a	18,0 a	6,5 b	--	<.0001	--
No. Frutos/planta	345 a	173 b	190 b	--	<.0001	37
Peso Frutos (gr/planta)	464 a	212 b	250 b	--	<.0001	42
Peso medio Fruto (gr.)	1,29 a	1,13 a	1,29 a	1,12 a	<.0001	29
Rendimiento (Kg/Há)	1550	710	833	--	--	--

Parcela = planta, repeticiones: 15

Medias seguidas de igual letra dentro de la misma fila no difieren significativamente ($P < 0.1$).

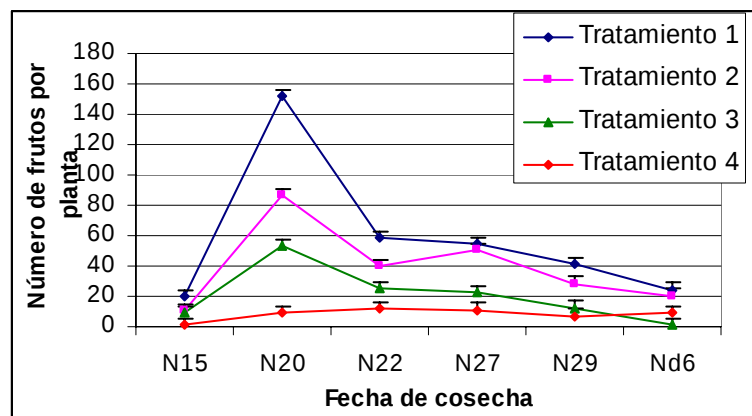
No. Frutos/planta= No. frutos promedio cosechado por planta/tratamiento

Estos resultados, evidencian el impacto de los agentes polinizadores sobre el rendimiento de esta especie, como es reportado por Morse y Calderone (1989) quienes afirman que el cultivo de arándano tiene una dependencia del 100% de insectos para su polinización. En este sentido Valega (2001), afirma que la distancia entre las colmenas y el cultivo más eficiente es de 50m.

La distribución en número de frutos cosechados por planta durante el período de cosecha se muestra en la figura 16. Se registró una concentración de la cosecha de 24

días y un retraso de la misma, con un pico a fines de noviembre a diferencia de lo observado en otros años³. La evolución de la cosecha en valores absolutos de número de frutos evidencian las diferencias significativas en rendimiento por planta, siendo el tratamiento 1 el de mayor número de frutos cosechados en todas las fechas de cosecha.

Figura 16. Evolución del número de frutos por planta en el período de cosecha

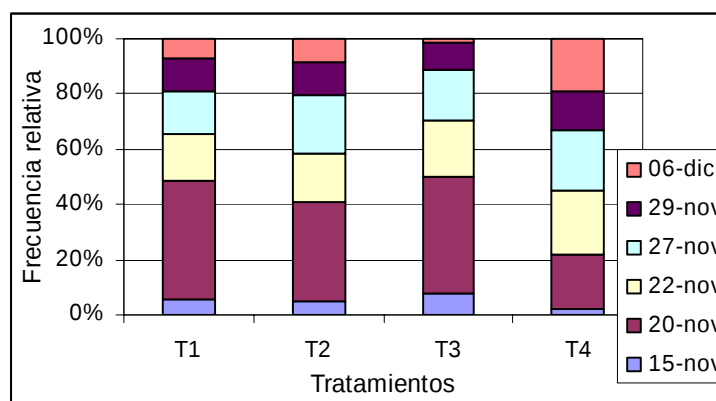


La cosecha se realizó el 15, 20, 22, 27, 29 de noviembre y el 6 de diciembre

Para evaluar si existieron diferencias significativas en dicha distribución durante la cosecha, se analizaron los perfiles en frecuencia relativa. En dicho análisis (figura 17) se realizó una comparación de los perfiles de a pares y se evidenciaron diferencias significativas en la mayor parte de las comparaciones, siendo significativamente diferentes los perfiles de los tratamientos 1, 2 y 3 respecto al perfil del tratamiento 4. En el tratamiento 4 (plantas aisladas) la cosecha se concentró hacia el final del período, lo que coincide con lo reportado por Godoy (2002), quien afirma que la actividad de los agentes polinizadores tiene un efecto sobre la maduración, adelantando la cosecha.

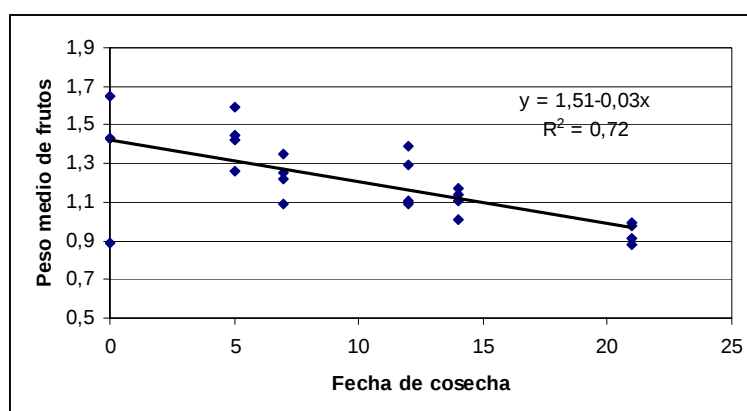
³ Arias, M. 2008. Com. personal.

Figura 17. Perfiles de frecuencia relativa de número de frutos por planta en el período de cosecha



Si bien no hubieron diferencias significativas entre el peso medio de frutos entre tratamientos, se observó una tendencia a la reducción del tamaño de los mismos hacia al final de la cosecha. Por esta razón se analizó una línea de tendencia (figura 18) cuya ecuación señala una pérdida de peso de 0,03 gramos por día con R^2 de 0,72.

Figura 18. Evolución del peso medio de frutos



El día 0 corresponde al 15 de noviembre, el día 5 al 20 de noviembre, el día 7 al 22 de noviembre, el día 12 al 27 de noviembre, el día 14 al 29 de noviembre y el día 21 al 6 de diciembre. Se realizó la regresión del peso medio sin el tratamiento 4, porque este no se ajustaba a un modelo de regresión lineal.

El peso medio por fruto obtenido es bajo (cuadro 12) en comparación a evaluaciones realizadas en nuestro país, donde se han registrado pesos promedio iniciales de 1,8 gr./fruto³ y en otras regiones, donde se afirma que el peso puede ser de hasta 2,5 gr. (Bañados, 2004) para esta variedad. De todas maneras, sí se ha constatado

un descenso del peso promedio de fruto en Southern Highbush, cultivar Sharpblue, a medida que la cosecha avanza, lo que es reportado por Lang y Danka (1991).

El rendimiento por hectárea, aún en las plantas ubicadas a 50 metros de las colmenas, alcanzaron un rendimiento de 1500 Kg/ha, lo que implica un muy bajo rendimiento para plantas de 3 años de edad en promedio, en comparación a resultados obtenidos en otros ensayos de la zona para esta variedad³. Datos chilenos también señalan producciones por encima de los 2000 Kg/ha para plantas de 3 años de O'Neal. Sin embargo, como se describirá más adelante debido a factores ambientales desfavorables durante la primavera, la zafra 2007 en general fue de muy bajos rendimientos en varias quintas de la zona sur del país.

4.2 MUESTREO DE FRUTOS

Uno de los principales factores que determina el cuajado y el tamaño de fruto es la presencia y cantidad de semillas, dicho efecto es variable según la especie. Este concepto está ampliamente reportado para la mayoría de las especies frutales (Reyes y Cano, 2000). Sin embargo, en los muestreos realizados no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables evaluadas: tamaño, calibre de fruta y número de semillas (cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de la distancia a la colmena y la cobertura de la planta sobre las características del fruto

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	p>F	CV (%)
Distancia a la colmena (m)	50	100	200	50 (cubierta)	--	--
Peso fruto (gr)	1,60 a	1,57 a	1,83 a	1,60 a	0,26	24
Diámetro (mm)	14,83 a	14,98 a	15,72 a	15,25 a	0,28	8,6
No. semillas	58 a	49 a	49 a	53 a	--	--
R de Pearson	0.97 (p<.0001)	0.96 (p<.0001)	0.99 (p<.0001)	0.97 (p<.0001)	--	--

Medias seguidas de igual letra dentro de la misma fila no difieren significativamente (P<0.1).

Las filas denominadas peso (gr), diámetro (mm) y número de semillas, corresponden al promedio de 15 frutos/tratamiento en pico de cosecha.

R de Pearson entre diámetro y peso de frutos.

Huang et al. (1997), cuantificaron en el cultivar Sharpblue un mínimo de 60 semillas por fruto maduro, aunque estos podrían tener potencialmente un promedio de 115 semillas, las que abortan durante el desarrollo de la fruta. En este sentido existiría un número mínimo de semillas por debajo del cual el fruto no cuaja, al igual que sucede en

algunas pomáceas, como en el caso del manzano, donde la polinización permite la formación de semillas y a su vez la semilla produce las hormonas que estimulan el desarrollo del fruto (Reyes y Cano, 2000).

Bajo las condiciones de este trabajo, se hubiera esperado un mayor número de semillas por fruto a medida que disminuía la distancia a la colmena, al haber mayor probabilidad de polen disponible. Si bien se ha reportado que existe una correlación positiva entre el número de semillas y el tamaño del fruto (Huang et al., 1997), bajo las condiciones del ensayo no se observa que el tamaño de fruta ni el número de semillas por fruto sea afectado por este factor, ni por la distancia a la colmena. Otros factores como las condiciones ambientales (primavera muy fría y de baja heliofanía, en el año de evaluación) en interacción con la biología floral pudieron estar afectando este proceso.

Según Lang y Danka (1991) la ventaja del incremento del número de semillas por fruto sería acelerar el desarrollo del fruto y maduración, resultando en una maduración más temprana en lugar de fruta de mayor tamaño.

Adicionalmente se quiso conocer cual era la relación entre el diámetro de fruta y el peso, para lo cual se calculó coeficiente R de Pearson, que comprueba asociación lineal entre las variables. El análisis muestra que por cada unidad de aumento del diámetro se incrementa en una unidad el peso del fruto, de todas maneras se considera que habría que contar con un rango más amplio de tamaño de fruta para establecer esta relación (cuadro 13).

4.3 DESCRIPCIÓN DE ANATOMÍA FLORAL

La rejilla excluidora de la reina dentro de la colmena, cuyos orificios miden de 4 a 4,15mm (Snodgrass, 1984) de lado, permite el pasaje de la abeja obrera. Considerando los valores medidos de diámetro de abertura de corola (cuadro 14), esta característica de las flores no constituiría una limitante para la entrada de la abeja a la flor. Se ha descrito que la abeja obrera puede tener entre 10 y 15mm de largo (Drummond, 2002) por lo que el largo de la flor tampoco sería una limitante. La limitante sería el tipo de flor con una corola en forma de campana (Drummond, 2002), el estrechamiento que presenta la flor no permitiría el ingreso de la abeja.

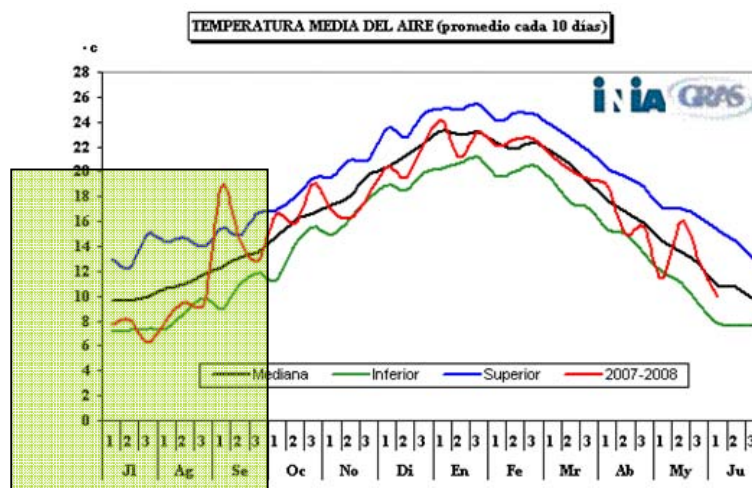
Cuadro 14. Proporciones de la flor de arándano

	Diámetro de la abertura (mm)	Profundidad (largo en mm)
Promedio	4.2	10
Desvío	0.63	0.96

4.4 FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Durante el invierno 2007 se registró una alta acumulación de horas y/o unidades de frío en las plantas, debido las bajas temperaturas de los meses de junio y julio principalmente. Las temperaturas por debajo de la media histórica durante el mes de julio retrasó el inicio de la brotación tanto en el cultivo del arándano como en el de durazneros. Por esta razón la floración de los arándanos en la zona sur del país se retrasó 20 días respecto a años estándares. De esta manera la primer evaluación de actividad de insectos polinizadores con registros apreciables se realizó el día 7 de setiembre. Debe destacarse que las abejas no visitan la flor del arándano hasta que ésta se encuentra completamente abierta (Orzuza, 2007). A medida que el arándano fue floreciendo, se registraron incrementos en el número de visitas al cultivo (cuadro 16).

Figura 19. Evolución de las temperaturas medias históricas y la media durante invierno-primavera 2007



4.5 ACTIVIDAD DE INSECTOS POLINIZADORES

La distancia a la colmena modificó el número de visitas por planta. Los resultados muestran diferencias significativas entre las distancias de 50 y 100 respecto de 200 metros (cuadro 15). Si bien, estadísticamente el número de visitas es el mismo a una distancia de 50m que a una de 100m, las plantas del tratamiento 2 (a 100m) eran significativamente más grandes, por lo que puede inferirse que tenían más flores y por lo tanto podrían ser visitadas por un mayor número de insectos polinizadores. Esto explicaría el menor cuajado en el tratamiento 2 (100m) a pesar del mismo número de visitas de insectos por minuto (cuadro 12).

Cuadro 15. Número de visitas por planta y tipo de agente polinizador

Tratamiento	No. visitas totales por plantas	Largo planta (m)	Abejas (%)	Abejorros (%)	Moscas (%)
1	30,6 a	13,0 a	96.3	1.8	1.8
2	41,3 a	18, 0 a	92.7	2.5	4.8
3	12,2 b	6,5 b	97.7	0	2.3
p>F	0,0001	0,0001	--	--	--

Medias seguidas de igual letra dentro de la misma columna no difieren significativamente ($P < 0.1$).

No. visitas insectos: promedio (15 plantas) de visitas por planta en 3 minutos en las 3 fechas de medición. Las columnas denominadas abejas, abejorros y moscas corresponden al porcentaje del total de visitas de cada tipo de insecto polinizador registrado durante las fechas 7, 17 y 25 de setiembre, para cada tratamiento.

En lo referente al tipo de insecto polinizador se observa que *Apis mellifera* fue quien predominó en los registros de visitas con más del 90%, en todos los tratamientos (cuadro 15). Esta predominancia de *Apis mellifera* coincide con lo dicho por Morse y Calderone (1989) quienes afirman que el cultivo de arándano tiene una dependencia del 100% de insectos para su polinización, y que a su vez, el 90% de los mismos corresponden a la abeja melífera, bajo condiciones de inclusión de colmenas. En los trabajos de Ulloa (1997), Mordaga (2000), y en el trabajo de Muñoz (2000) donde se estudió la entomofauna presente en los cultivares Elliot y Blueray de arándano, se observó que de los ordenes de insectos que visitaron las flores de arándano alto, el más importante correspondió a Himenóptera, siendo *Apis mellifera* la más abundante pecoreando en el cultivo. Según Simó (2002), la causa de esto es la constancia, fidelidad y tenacidad de la abeja pecoreadora, la que va de una flor a otra igual a ésta, en vez de ir a una flor de otro tipo como lo hacen las mariposas, abejorros y muchos otros insectos (Crane, 1980).

Teniendo en cuenta que las condiciones óptimas para el vuelo de la abeja, se dan a una temperatura de al menos 14 °C (Mordaga 2000, Muñoz 2000) y una velocidad de viento menor a 24 Km/h (Crane, 1980), se puede afirmar que en ninguna de las fechas de medición, a ninguna de las horas, se registraron condiciones climáticas limitantes para la actividad de la abeja (cuadro 16). Tampoco se encontraron diferencias apreciables para los mencionados parámetros climáticos, ni entre las fechas de medición ni entre las horas de evaluación dentro de una misma fecha. Sin embargo, se obtuvieron diferencias significativas en cuanto al número de visitas de insectos en 3 minutos entre las fechas de evaluación. Uno de los aspectos relevantes a tener en cuenta para analizar este último resultado, es el avance fenológico del cultivo, lo que implica un mayor porcentaje de flores abiertas hacia las últimas fechas, factor asociado a la concentración de la floración de dicho año. Otro factor que puede estar afectando el resultado de la evaluación de la actividad de los polinizadores corresponde a diferentes aspectos de la biología floral. El volumen de néctar secretado por las flores a lo largo del día no es

constante y cada especie tiene un comportamiento diferencial asociado a determinadas condiciones ambientales (Muñoz, 2000). En este contexto, puede haber sucedido que no se monitoreara la actividad en el momento óptimo desde dicho punto de vista. En tal sentido, Muñoz (2000) afirma que la secreción de néctar para el cultivar Elliot, es mayor en la mañana que en la tarde.

Cuadro 16. Número promedio de visitas registradas y condiciones climáticas, por fecha de medición

	Fecha de medición		
	7/9/2007	17/9/2007	25/9/2007
No. visitas (número de insectos en 3 minutos)	13 a	25 a	49 b
p>F	0.0615		
Hora de medición	n.s.		
Fecha *Hora	0,0086		
Temperatura H1 (°C)	27	17	18
Temperatura H2 (°C)	29.5	18.5	21.5
Temperatura máxima	31	20.5	21.5
Temperatura mínima	14	9	0
Humedad Relativa (%)	92.1	90.7	87.8
Precipitaciones (mm)	0	0	0
Viento (Km/h)	3.7	11.2	11.1
Heliofanía (hs)	5.5	4.9	9.6

No. visitas: corresponde al promedio de visitas (abejas, abejorros y moscas) registradas en cada fecha de medición, en los 3 tratamientos.

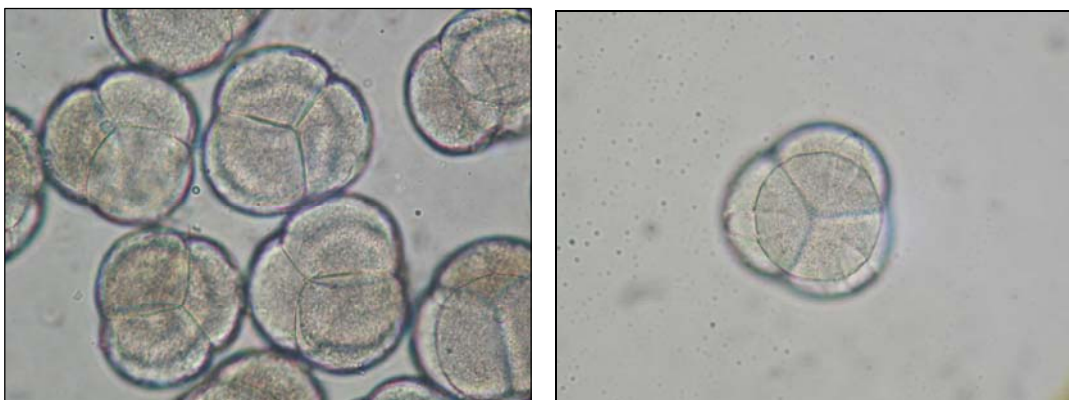
Temperatura H1 y H2, corresponden a la temperatura registrada por el termómetro a las 10:30 y 15:30 respectivamente, en cada fecha de medición.

Temperatura máxima y mínima, corresponde a la temperatura registrada por el termómetro colocado en el cultivo, en una planta sin cobertura. La información presentada de humedad relativa, precipitaciones, viento y heliofanía, son las registradas en la estación agrometeorológica de INIA Las Brujas en las fechas de medición.

4.6 IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE POLEN COLECTADOS POR *APIS MELLIFERA*

El polen de arándano se caracterizó como una tétrada sin ornamentaciones (figura 20).

Figura 20. Polen de arándano visto en microscopio óptico



En el análisis realizado al polen colectado por las abejas durante la floración del arándano, se constata con cierta frecuencia la presencia de especies como Acacia (*Acacia sp.*), Trébol blanco (*Tifolium repens*), Cina-cina (*Parkinsonia aculeata*), Diente de León (*Taraxacum officinale*), Álamo (*Populus spp.*), Manzanilla (*Matricaria sp.*), Eucaliptus (*Eucalyptus spp.*), Espinillo (*Acacia sp.*). Se encontraron además varios tipos de polen de Rosáceas, considerándose que alguno de ellos puede pertenecer al Duraznero, ya que se constató un cultivo cercano a la plantación de arándano donde se realizó el ensayo y se observó la visita de la abeja a dicho cultivo. A modo de ejemplo se presentan los resultados obtenidos del análisis realizado a la colecta de la colmena 2, el día 28 de agosto de 2007. En dicho análisis se identificaron 124 pelotitas de polen corbicular de Manzanilla (*Matricaria sp.*), 93 de Crucífera, 60 de Rosácea, 53 Diente de León (*Taraxacum officinale*), y 73 de un polen no identificado y caracterizado como tricolporada reticulada (anexo, cuadros 26, 27 y 28).

Sin embargo, no se encontró polen de arándano en ninguna de las muestras analizadas. En primer lugar se observó la presencia de flora competitiva, pero dicho efecto no evitó la actividad de la abeja en el cultivo del arándano. De lo contrario, no se hubieran obtenido incrementos en el número de frutos por planta. Una forma de explicar dichos resultados está en función del objetivo de la actividad pecoreadora de la abeja. En este sentido la misma puede salir solo en busca de néctar, esto explicaría la falta de polen corbicular de arándano en las colectas de las trampas en las colmenas. Estos resultados podrían estar sugiriendo que en nuestras condiciones el cultivo del arándano no sea “polinífero”, es decir que no sea una especie objetivo de la abeja en la colecta de polen. Dicho comportamiento ya fue reportado en Chile⁴. Se requiere de mayor investigación para contar con evidencia suficiente que verifique dicha hipótesis.

⁴ Klassen, J. 2008. Com. personal.

4.7 ANÁLISIS DE MIEL

En el análisis melisopalinológico realizado a las 4 muestras de miel, se encontraron 42 tipos polínicos diferentes, entre ellas Lotus (*Lotus spp.*), Carqueja (*Baccharis spp.*), Flor morada (*Echium sp.*), Coronilla (*Scutia buxifolia*), Trébol rojo (*Trifolium pratense*), Eucalyptus (*Eucalyptus spp.*), Babosita (*Adesmia bicolor*), Sauce (*Salix spp.*), Cardo negro (*Cirsium vulgare*), Madreselva (*Lonicera japonica*), entre otras (cuadro 17), pero no se evidenció polen de arándano.

Cuadro 17. Listado de especies obtenidas en el análisis de miel

Colmena 1	Colmena 2	Colmena 3	Colmena 4
<i>Scutia buxifolia</i>	Rosaceae #3	<i>Schinus type</i>	<i>Scutia buxifolia</i>
<i>Echium sp.</i>	Rosaceae#2	Brassicaceae	<i>Schinus type</i>
<i>Lotus sp.</i>	<i>Eucalyptus spp.</i>	<i>Lonicera japonica</i>	<i>Salix spp.</i>
Ranunculaceae	<i>Echium sp.</i>	<i>Echium sp.</i>	<i>Lonicera japonica</i>
<i>Salix spp.</i>	<i>Lotus spp.</i>	Caryophyllaceae	<i>Trifolium repens</i>
<i>Baccharis type</i>	<i>Scutia buxifolia</i>	<i>Baccharis type</i>	<i>Baccharis type</i>
Rosaceae #1	Brassicaceae	Rosaceae #1	Rosaceae #1
<i>Schinus type</i>	<i>Trifolium pratense</i>	<i>Trifolium pratense</i>	Rosaceae #3
<i>Trifolium pratense</i>	Apiaceae	<i>Adesmia bicolor</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>
<i>Lonicera japonica</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	<i>Eucalyptus spp.</i>	<i>Echium sp.</i>
<i>Tamarix sp.</i>	Caryophyllaceae	<i>Tamarix sp.</i>	Brassicaceae
Brassicaceae	Liliaceae- Amaryllidaceae	Liliaceae- Amaryllidaceae	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Fraxinus sp.</i>	<i>Aesculus Cranea</i>	<i>Scutia buxifolia</i>	<i>Aesculus Cranea</i>
<i>Myoporum laetum</i>	Rosaceae #1	<i>Trifolium repens</i>	<i>Citrus spp.</i>
Poaceae	<i>Trifolium repens</i>	<i>Fraxinus sp.</i>	<i>Eucalyptus spp.</i>
<i>Eucalyptus spp.</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Aesculus Cranea</i>	Rosaceae #2
Rosaceae #2	<i>Acacia sp.</i>	Rosaceae #3	Poaceae
<i>Trifolium repens</i>	Solanaceae	Poaceae	<i>Tamarix sp.</i>
<i>Acer sp.</i>	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Scrophulariaceae	Caryophyllaceae
<i>Eryngium sp.</i>	<i>Tamarix sp.</i>	<i>Acacia sp.</i>	<i>Acer sp.</i>
<i>Citrus spp.</i>	Chenopodiaceae- Amaranthaceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Ranunculaceae

<i>Celtis spp.</i>	<i>Adesmia bicolor</i>	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	Rosaceae #4
<i>Aesculus Cranea</i>	Citrus spp.	Rosaceae #4	<i>Taraxacum officinale</i>
indeterminado #1	<i>Cirsium vulgare</i>		<i>Adesmia bicolor</i>
	indeterminado #2		<i>Ammi spp.</i>
			<i>Ulmus sp.</i>

Uno de los aspectos referentes a la biología floral del arándano que aún no se ha estudiado es el momento de secreción del néctar. Existe la posibilidad de que la secreción de néctar y la abertura de las anteras no se de en el mismo momento, por eso cuando las abejas van a colectar néctar no colectan polen. Otro aspecto a tener en cuenta es la morfología de la flor, la cual es en forma de campana colgante, la que según La Serna et al. (1997) difícilmente deje caer el polen en el néctar. La morfología polínica (peso, tamaño y ornamentación del polen) también juega un papel muy importante en la presencia del polen en la miel. Según La Serna et al. (1997), los pólenes de menor ornamentación, como el de arándano, tienen más dificultades para adherirse al cuerpo de la abeja, aunque se sabe que en Europa aparecen mieles con hasta 60% de polen de arándano⁵.

Seguramente se deberían haber realizado muestreos de miel verde o néctar seriados durante el tiempo de flor abierta, porque como ya se mencionó las muestras analizadas son de miel cosechada un tiempo después del fin de floración y si entró néctar ó polen de arándano puede que haya sido consumido.

4.8 ACTIVIDAD DE LAS COLMENAS

4.8.1 Determinación del número de abejas en piquera

La actividad registrada en la piquera de las colmenas a lo largo de las mediciones (cuadro 18), fue superior al valor citado por De la Cuadra (1999), quien afirma que un registro de 50 abejas/minuto en piquera es indicador de una adecuada población de abejas pecoreadoras y por ende de la aptitud de las mismas para polinizar.

Con esta información se evidencia que las colmenas utilizadas para la polinización eran aptas para realizar dicho trabajo, ya que mantuvieron buena población demandante de polen y por ende buena población de pecoreadoras en busca de alimento. De esta manera se puede afirmar que el plan de estimulación aplicado a las colmenas, previo a su traslado al cultivo fue correcto.

⁵ Gómez Pajuelo, A. 2008. Com. personal.

Cuadro 18. Determinación de la actividad en piquera

Fecha	Hora	Colmena	No. abejas/minuto
28-ago	16:30	1	60
28-ago	16:30	2	78
28-ago	16:30	3	86
28-ago	16:30	4	69
07-set	11:20	1	64
07-set	11:20	2	93
07-set	11:20	3	56
07-set	11:20	4	77
07-set	16:50	1	63
07-set	16:50	2	68
07-set	16:50	3	63
07-set	16:50	4	57
25-set	11:30	1	40
25-set	11:30	2	87
25-set	11:30	3	38
25-set	11:30	4	48

En las colmenas 1, 3 y 4, fue registrada una menor actividad en piquera a partir del 25 de setiembre ya que las mismas enjambraron.

4.8.2 Evolución del área de cría

Las observaciones realizadas en el área de cría en las colmenas, muestran la presencia de cuartos de panal con cría abierta (cuadro 19), aspecto determinante de la cantidad de abejas destinadas a la recolección de polen (García, 2003), de esta manera se satisface las demandas alimenticias de la cría (Reyes y Cano, 2000). Estos resultados asociados con la actividad en la piquera confirman el estado adecuado de las colmenas para su utilización como agentes polinizadores.

Cuadro 19. Área de cría por colmena y fecha de medición

Fecha	Colmena 1		Colmena 2		Colmena 3		Colmena 4	
	Cría abierta	Cría cerrada	Cría abierta	Cría cerrada	Cría abierta	Cría cerrada	Cría abierta	Cría cerrada
28-ago	11	28	11	19,5	7	37,5	16	34,3
07-set	13,25	30,5	13,75	24,5	7,5	27	9	28,25
17-set	0	38	16	31,5	0	15,5	0	26,5
25-set	enj	enj	11,5	33	enj	enj	enj	enj

El total de cría abierta y cerrada por fecha de medición corresponde al total de cuartos de cada tipo de cría, determinados visualmente por colmena.

5. CONCLUSIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. La cercanía a la colmena aumenta el rendimiento en la variedad O'Neal de arándano alto. La distancia de 50 metros del cultivo a las colmenas, que fue la menor distancia evaluada en el ensayo, fue la más eficiente.
2. El efecto positivo de la presencia de *Apis mellifera* sobre el rendimiento del cultivo se produce a través del aumento del cuajado de frutos.
3. No se constata un incremento ni en el número de semillas ni en el tamaño de fruto, a mayor número de visitas por planta. Tal como se informa en la bibliografía, se observó que habría un mínimo número de semillas por fruto que asegura su cuajado.
4. La polinización mediada por insectos aumentó el rendimiento del cultivo respecto a las plantas aisladas de *Apis mellifera* y otros grandes polinizadores.
5. A través de la acción de los agentes polinizadores se obtiene una maduración más temprana de frutos.
6. No se encontraron limitantes para el trabajo de la abeja de acuerdo a las dimensiones de la flor de arándano.
7. *Apis mellifera* se observó como el agente polinizador más abundante en las flores de arándano tal como se buscaba al instalar colmenas en el cultivo.
8. El trabajo previo de preparación de colmenas permitió una aceptable actividad de pecoreo de las colmenas.
9. *Apis mellifera* no recolectó polen en su visita a la flor de arándano.

5.2 RECOMENDACIONES

Se sugiere profundizar en el estudio de:

1. La densidad más adecuada de colmenas en el cultivo de arándano, que asegure una correcta población de abejas pecoreadoras en el cultivo.
2. La biología floral del arándano, que incluye aspectos como momentos de secreción del néctar y su relación con las condiciones climáticas, momentos de apertura de las anteras, entre otras.

3. El polen de arándanos como fuente de alimento para la cría de *Apis mellifera*, y por ende como objetivo de la visita de la abeja al cultivo.
4. El efecto de la polinización cruzada sobre componentes de rendimiento y madurez. Es conocido el efecto Xenia, el cual incrementa el tamaño de frutos y adelanta la cosecha en el cultivo de arándanos.

6. RESUMEN

El cultivo de arándano es de difusión reciente en el país. La superficie implantada ha pasado de 4 Há en el año 2001 a 600 Hás en 2007. El hecho de ser un cultivo nuevo para el país trae como consecuencia la falta de adaptación de tecnologías y manejos, que se adecuen a las condiciones climáticas del país, así como el desconocimiento del comportamiento fisiológico y reproductivo del cultivo. El país es oferente de fruta en contraestación, luego de fin de zafra del Hemisferio Norte, por lo que se deben optimizar los manejos para obtener fruta de calidad en forma temprana, ya que es el momento en que se obtienen mejores precios. En tal sentido, una de las áreas en las que se debe generar conocimiento es el manejo de la polinización y conocer cuales son los agentes de polinización presentes en el cultivo. En este trabajo se evaluó el efecto de la distancia a la colmena sobre el rendimiento del cultivo de arándano alto del sur, variedad O'Neal, comparándolo con el rendimiento de plantas aisladas de la visita de grandes polinizadores. La fruta se cosechó en 6 oportunidades, en cada una de las cuales se registró el número de frutos por planta y el peso de dichos frutos. Se estudió además el efecto de la distancia a la colmena sobre algunas variables como diámetro, peso y número de semillas por fruto en pico de cosecha. La distancia a la colmena determinó rendimientos diferentes entre tratamientos, siendo la menor distancia entre las colmenas y el cultivo evaluada en este ensayo, la más eficiente en el incremento del número de frutos, en todas las fechas de cosecha. Se obtiene fruta de maduración más temprana en los cuadros en que no se limitó la actividad de *Apis mellifera* y otros polinizadores. No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en lo referente a peso, diámetro y número de semillas por fruto en pico de cosecha, por lo que la distancia a la colmena no tiene efecto sobre dichas variables. Los frutos presentaron una pérdida de peso de 0.03 gramos diarios a medida que avanzó la cosecha. En lo referente a los agentes polinizadores, *Apis mellifera* se observó como el agente más abundante en las flores de arándano, con más de un 90% de visitas en todas las mediciones.

Palabras clave: *Vaccinium sp.*; Cuajado; Abeja melífera; Polinización.

7. SUMMARY

The blueberry crop has recently spread in the country. Cultivated area has risen from 4 ha in 2001 to 600 ha in 2007. The fact it is a new crop in the country, results in the lack of knowledge about physiological and reproductive behaviour of the crop and the unsuitability of technologies and management adapted to the climatic conditions of the country. The country is an off-season offeror of fruit, after the end of harvest in the Northern Hemisphere. Because of that, management should be optimized to get early high quality fruit, as it is when better prices are gotten. In this regard, one of the areas in which knowledge must be generated is pollination management and know which are pollination agents present in the crop. This study assessed the effect of the distance from the hive on the performance of southern highbush blueberry, O'Neal variety, in relation to yield of plants isolated from pollinators agents. Fruit was harvested on 6 dates and the number and weight of fruit per plant was registered at each harvest date. The effect of the distance from the hive on some variables such as diameter, weight and number of seeds per fruit in peak harvest was also determined. The distance from the hive determined different yields between treatments, being the shortest distance evaluated in this trial between hives and plants, the most efficient in increasing the number of fruits, on all harvest dates. On those plants which were not isolated from the activity of *Apis mellifera* and other pollinators, fruit ripening was earlier. There were no significant differences between treatments in terms of weight, diameter and number of seeds per fruit in peak harvest, so the distance from the hive has no effect on these variables. In these results, fruits showed a weight loss of 0.03 grams per day as the harvest progressed. With regard to pollination agents, *Apis mellifera* was seen as the most abundant agent in blueberry flowers, with more than 90% of visits in all the dates of measurement.

Key words: *Vaccinium* sp.; Curdled; Bee mellifera; Pollination.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ASOCIACIÓN DE INGENIEROS AGRONOMOS DEL NORESTE DE ENTRE RIOS (AIANER). s.f. El cultivo del arándano. (en línea). s.l. Consultado 5 mar. 2008. Disponible en <http://www.aianer.com.ar/alternativos/nota5.htm>
2. ATELA, O. 2005. Biología. In: Curso de Crianza Intensiva de Abejas Reinas. (2005, Fray Bentos). Libros. Buenos Aires, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia. pp.12-19.
3. BAÑADOS, P. 2004. Morfología y fisiología del arándano. In: Berries del Uruguay. Producción moderna de arándanos. Valdivia, Universidad Austral de Chile. 1 disco compacto, 8 mm.
4. BARROS, M.; POTOENJAK, D.; RECABARREN, B.; SIERRALTA, D. 2004. Arándanos en Chile. (en línea). s.n.t. Consultado 5 mar. 2008. Disponible en <http://www.agroalternativo.com.ar/bibliotecafrutasfinas.htm>
5. BAZZURRO, D. s.f. Flora apícola. (en línea). s.n.t. Consultado 5 mar. 2008. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/DirecciondeLaGranja/Apicultura/FloraApicola.pdf>
6. BONIFACINO, L. s.f. Nuevas frutas de exportación, arándanos. (en línea). s.n.t. Consultado 5 mar. 2008. Disponible en http://www.exportacionesuy.com/pdf/ESPECIAL_ARANDANOS_11_07.pdf
7. BUZETA, A. 1997. Chile, Berries para el 2000. Santiago, Fundación Chile. cap.2, pp. 52-89.
8. CALATAYUD, F.; SIMÓ, E. s.f. Importancia de las abejas melíferas y otros insectos como agentes polinizadores de las plantas cultivadas y silvestres de la comunidad valenciana. (en línea). s.n.t. Consultado 25 mar. 2008. Disponible en http://www.beekeeping.com/articulos/zaragoza/agentes_polinizadores.htm
9. CARACCILO, G. 2005. Historia de los arándanos. (en línea). s.n.t. Consultado 7 mar. 2008. Disponible en http://www.arandanosargentinos.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=954&Itemid=93

10. CRANE, E. 1980. El libro de la Miel. México, s.e. pp. 32 -107.
11. DE LA CUADRA, S.1999. Importancia del manejo y calidad de las colmenas de abejas (*Apis mellifera* L.) en la polinización del palto (*Persea americana* Mill.). (en línea). Revista Chapingo. Serie Horticultura. 5: 145-150. Consultado 3 abr. 2008. Disponible en http://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p145.htm
12. DOCAMPO, R.; GARCIA, C.; LEONI, C. 2002. Suelo, agua y nutrición en producción de berries. (en línea). In: Reunión Técnica sobre el Cultivo del Arándano y otros Berries en el Uruguay (2a., 2002, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 3-5 (Actividades de Difusión no. 286). Consultado 25 feb. 2008. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ad/2002/ad_286.pdf
13. DRUMMOND, F. 2002. Replaces honey bees and blueberry pollination.(en línea).University of Maine. Cooperative Extension and Department of Biological Sciences. Bulletin no. 629. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/floraapicola/polinizacion_general_apidos
14. ESTAY, P.; VITTA, N.; VALENZUELA, J.; AGUIAR, R. 2003a. Evaluación de *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Bombidae) reproducidos en Chile, como polinizador de flores y mejorador del rendimiento y calidad en arándano, variedad O'Neal. (en línea). In: Congreso Nacional de Entomología (25o., 2003, Santiago, Chile). Resúmenes. s.l., INIA. Centro Regional de Investigación. s.p. Consultado 17 ene. 2008. Disponible en <http://www.inia.cl/platna/investigacion/congresos/docs/2003/2003-015-Estay.pdf>
15. _____. 2003b. Uso de *Bombus* para mejorar la polinización en arándanos. (en línea). s.l., Dirección Nacional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. s.p. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en <http://www.inia.cl/iniaaldia>
16. FARRAR, C. 1974. Productive management of honey bee colonies. American Bee Journal. 114: 1-3.
17. GARCÍA, N. 2003. Fundamentos de la producción apícola moderna. s.n.t. pp. 50-61.

18. GODOY, C. 2002. El arándano, plantación y manejo del cultivo. (en línea). Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias. s.p. Consultado 27 feb. 2008. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/frutic/elarandano.htm>
19. GÓMEZ PAJUELO, A. 2008. Curso de calidad de miel, polen y propóleos. Colonia, Red Apícola/ PACC. s.p.
20. GONZÁLEZ, A. 2008. Morfología de plantas vasculares. (en línea). Corrientes, Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias. s.p. Consultado 5 mar. 2008. Disponible en <http://www.google.com.uy/search?hl=es&q=agentes+de+polinizacion&meta=>
21. HARRIET, J. 1991. Polinización, ¿un beneficio para quien?. In: Apicultura joven. Montevideo, s.e. pp. 3-13.
22. _____. 2005. Polinización de Frutales en Uruguay. (en línea). In: Congreso de Apicultura del MERCOSUR (1o., 2005, Punta del Este, Maldonado). Trabajos presentados. 9 p. Consultado 14 feb. 2008. Disponible en http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/floraapicola/60_polinizacion_frutales_uruguay_pdf
23. HONDURAS. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (SAG). 2005. Polinización. (en línea). s.l. Consultado 27 feb. 2008. Disponible en http://www.sag.gob.hn/index.php?option=com_content&task=view&id=1068&Itemid=450
24. HUANG, Y.; JOHNSON, C.; LANG, G.; SUNDBERG, M. 1997. Pollen sources influence early fruit growth of Southern Highbush Blueberry. Journal of the American Society for Horticultural Science. 122(5):625-629.
25. INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA). 2006. Evolución y situación de la cadena apícola. (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 17 mar. 2008. Disponible en http://www.iica.org.uy/uruguay_cifras/RUBRO_MIEL2.pdf
26. INTA. 2002. Arándano; un cultivo nuevo y de alta rentabilidad. (en línea). s.n.t. Consultado 30 abr. 2008. Disponible en http://www.paginadigital.com.ar/articulos/2002rest/2002oct/educacion/ea_gend1-11.htmlamate@cicv.inta.gov.ar

27. _____. 2004. Apinet (Servicio de Monitoreo e Información Apícola). (en línea).s.n.t. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/floraapicola/31_utilizacion_abejas_polinización.pdf
28. KNIGHT. R.; SCOTT. D. 1964. Effects of temperatures on self- and cross pollination and fruiting of four Highbush Blueberry varieties. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 85: 302-306.
29. LADO, J. 2007. Evaluación de la vida poscosecha de arándanos conservados bajo atmósfera común y atmósfera ionizada. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 108 p.
30. LANG. G; DANKA. R. 1991. Honey bee mediated cross versus self-pollination of “Sharpblue” blueberry increases fruit size and hastens ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116(5):770-773.
31. LA SERNA, I; MENDEZ, B; GOMEZ, C. 1997. Aplicación de nuevas tecnologías en mieles canarias para su tipificación y control de calidad. s.l., Confederación de Cajas de Ahorro. pp. 57-63.
32. LATU. 2005. Estadísticas de exportaciones de productos apícolas certificados por el LATU. (en línea). Montevideo. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en http://www.latu.org.uy/doc/biblioteca/miel_2005.pdf
33. LEE. W.1958. Pollination studies on Low-Bush Blueberries. *Journal of Economic Entomology*. 51(4): 544-545.
34. MONTEIRO, C. 2006a. Los aspectos más relevantes en el cultivo de arándanos. (en línea). s.n.t. Consultado 15 feb. 2008. Disponible en <http://usuarios.netgate.com.uy/cmonteiro/arandanos.htm>
35. _____. 2006b. ¿Los Berries en Uruguay despertarán de su letargo?. (en línea). s.n.t. Consultado 15 feb. 2008. Disponible en <http://usuarios.netgate.com.uy/cmonteiro/berries.htm>
36. _____. 2006c. La expansión de la producción de arándanos en Uruguay y su relación con el Hemisferio Sur. *In: Encuentro de Pequeñas Frutas e Frutas Nativas* (1o., 2007, Pelotas). Trabajos presentados. 1 disco compacto, 8 mm.
37. MORDAGA, J. 2000. Aspectos de biología reproductiva en arándano, V.

corymbosum L. cv. Blueray y efecto de distintos tipos de polinización en su fructificación. (en línea). Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. In: Neira, M.; Heinsohn, P.; Moriamez, D. eds. Tesis de Apicultura y polinización; resúmenes. Consultado 12 feb. 2008. Disponible en <http://www.agrarias.cl/apícola/pdf/tesis.pdf>

38. MORSE, R.; CALDERONE, N. 1989. The value of honey bees as pollinators of U.S. Crops. American Bee Journal. 129(7): 447-486.
39. _____. 2000. The value of honey bees as pollinators of U.S. Crops. (en línea). Ithaca, New York, Cornell University. 15 p. (Bee Culture Magazine). Consultado 15 feb. 2008. Disponible en <http://www.masterbeekeeper.org/pdf/pollination.pdf>
40. MUÑOZ, D. 2000. Aspectos de biología reproductiva en arándano, V. *corymbosum* L. cv. Elliot y efecto en la fructificación de diversos tipos de polinización. (en línea). Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. In: Neira, M.; Heinsohn, P.; Moriamez, D. eds. Tesis de Apicultura y polinización; resúmenes. Consultado 12 feb. 2008. Disponible en <http://www.agrarias.cl/apícola/pdf/tesis.pdf>
41. NIDETEC. 2006. El cultivo de arándanos. (en línea). s.n.t. Consultado 22 abr. 2008. Disponible en <http://www.nidetec.com/sites/nidetec/documentos/EL%20CULTIVO%20DE%20ARANDANOS.pdf>
42. ORZUZA, D. 2007. Abejas versus abejorros. (en línea). Tucumán, Argentina, s.e. Consultado 7 mar. 2008. Disponible en <http://danielorzuz.wordpress.com/2007/05/28/abejas-vs-abejorros/>
43. PESCHIE, M.A; LOPEZ, C.G. 2007. Inducción floral en arándano alto del sur (*Vaccinium corymbosum*), variedad O'Neal. (en línea). s.l., INTA Consultado 5 mar. 2008. Disponible en http://www.inta.gov.ar/ediciones/ria/36_2/08_.pdf
44. PESSON, P ; LOUVEAUX, J. 1984. Pollinisation et productions végétales. Paris, INRA. pp 31- 389.
45. REYES, J.L.; CANO, P.2000. Manual de polinización apícola. (en línea).

México, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado 13 feb. 2008. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/apicola/manpoli.pdf>

46. RUDOLPHI, R. 1999. Compatibilidad polínica de *V. corymbosum*. L. cv. Jersey, en condiciones de autopolinización y polinización cruzada. (en línea). Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. In: Neira, M.; Heinsohn, P.; Moriamez, D. eds. Tesis de Apicultura y polinización; resúmenes. Consultado 10 abr. 2008. Disponible en <http://www.agrarias.cl/apicola/pdf/tesis.pdf>
47. RUMBO, V.; SILVERA. A. 1995. Efecto de la cantidad de polen del cv. Favorita de Clapp sobre la polinización del cv. Packam's Triumph. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 79 p.
48. SIMÓ, E. 2002. Las abejas de miel y la polinización. (en línea). s.n.t. Consultado 7 mar. 2008. Disponible en http://www.uv.es/metode/anuario2002/72_2002
49. SNODGRASS, R. 1984. Anatomy of the honey bee. 4a. imp. London, Cornell University. 75 p.
50. SORIA, J. 2002. Pequeños frutos en el INIA. (en línea). In: Reunión Técnica sobre el Cultivo del Arándano y otros Berries en el Uruguay (2a., 2002, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 9-10. (Actividades de Difusión no. 286). Consultado 25 feb. 2008. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ad/2002/ad_286.pdf
51. _____.; CROUZET, J.; OZER AMI, H. 2004. Vinculación tecnológica en el convenio INIA-FORBEL S.A. (en línea). In: Jornada de Divulgación en el Cultivo del Arándano (1a., 2004, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp 5-9. (Actividades de Difusión no. 351). Consultado 25 feb. 2008. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ad/2004/ad_351.pdf
52. _____.; _____.; _____. 2005. Convenio INIA - FORBEL S.A. en el cultivo de arándanos. (en línea). In: Jornada de Divulgación en el Cultivo de Arándano (2a., 2005, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp 6-7. (Actividades de Difusión no. 434). Consultado 25 feb. 2008. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ad/2005/ad_434.pdf

53. TORRETTA, P. s.f. Polinización y polinizadores ¿Quiénes son y qué hacen? (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. s.p. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en <http://www.agro.uba.ar/carreras/agronomia/materias/api/opiniones/poli.pdf>
54. ULLOA, M. 1997. Identificación de la entomofauna asociada a la flor de arándano (*V. corymbosum* L.) y rol en su polinización. (en línea). Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. In: Neira, M.; Heinsohn, P.; Moriametz, D. eds. Tesis de Apicultura y polinización; resúmenes. Consultado 12 feb. 2008. Disponible en <http://www.agrarias.cl/apicola/pdf/tesis.pdf>
55. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA, AGRICULTURA Y PESCA. 2007a. Plan Estratégico Conglomerado Apícola (PACC). (en línea). Montevideo. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en http://www.diprode.opp.gub.uy/pacc/Apicultura_A4pdf
56. _____. _____. 2007b. Plan Estratégico Conglomerado Arándanos (PACC). Montevideo. 1 disco compacto, 8 mm.
57. _____. _____. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS (DIEA). 2007. Anuario estadístico. (en línea). Montevideo. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/diea>
58. _____. _____. JUNTA NACIONAL DE LA GRANJA. 2004. Descripción general de la Apicultura. (en línea). Montevideo. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/direccióndelagranja/ElSector/apicultura.htm>
59. _____. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE DESARROLLO. OPP. 2007. Programa de Competitividad de Conglomerados y Cadenas Productivas. Conglomerado Arándanos (en línea). Montevideo. Consultado 26 mar. 2008. Disponible en <http://www.diprode.opp.gub.uy/pacc/index1.htm>
60. VALEGA, O. 2001. Polinización intensiva de cultivos frutales y de semilla. (en línea). s.n.t. Consultado 7 mar. 2008. Disponible en <http://www.beekeeping.com/articulos/polinizacion.htm>
61. VILARÓ, F.; SORIA, J. s.f. Cultivo de arándano en Uruguay. (en línea). Las Brujas, Canelones, INIA. pp. 3-4. Consultado 7 mar. 2008. Disponible en

<http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario06/docs/20%20%20ARANDANO%20VILARO.pdf>

9. ANEXOS

9.1 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Cuadro 21. Número de frutos promedio obtenidos por tratamiento y por fecha de cosecha, con su correspondiente desvío

Tratamiento	Fecha	No. de frutos	Desvío de la media
1	N15	19.87	4,2688
1	N20	151.53	4,2688
1	N22	59.00	4,2688
1	N27	54.13	4,2688
1	N29	41.53	4,2688
1	Nd6	24.40	4,2688
2	N15	10.93	4,2688
2	N20	86.33	4,2688
2	N22	40.33	4,2688
2	N27	50.20	4,2688
2	N29	28.47	4,2688
2	Nd6	20.47	4,2688
3	N15	9.55	4,6461
3	N20	52.80	4,2688
3	N22	25.60	4,2688
3	N27	22.73	4,2688
3	N29	12.60	4,2688
3	Nd6	1.40	4,2688
4	N15	1.07	4,2688
4	N20	9.73	4,2688
4	N22	11.67	4,2688
4	N27	11.07	4,2688
4	N29	7.13	4,2688
4	Nd6	9.47	4,2688

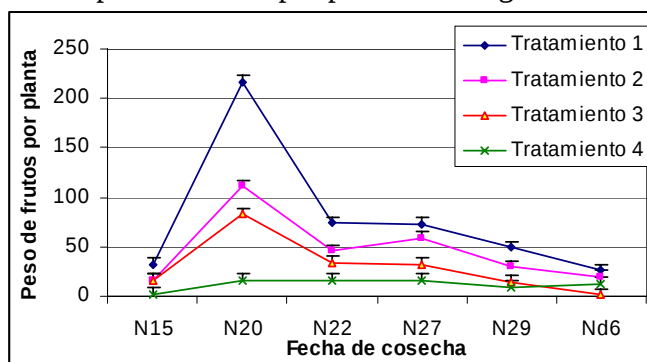
La columna fecha hace referencia a las fechas de cosecha: 15, 20, 22, 27, 29 de noviembre y 6 de diciembre. El número de frutos es el promedio de frutos cosechados en las 15 plantas en cada fecha de cosecha.

Cuadro 22. Peso de frutos promedio obtenidos por tratamiento y por fecha de cosecha, con su correspondiente desvío.

Tratamiento	Fecha	Peso de frutos	Desvío de la media
1	N15	32.13	6,6165
1	N20	216.27	6,6165
1	N22	74.00	6,6165
1	N27	72.47	6,6165
1	N29	48.93	6,6165
1	Nd6	25.87	6,6165
2	N15	15.60	6,6165
2	N20	111.00	6,6165
2	N22	45.60	6,6165
2	N27	58.47	6,6165
2	N29	29.27	6,6165
2	Nd6	19.40	6,6165
3	N15	16.03	7,2015
3	N20	82.73	6,6165
3	N22	34.47	6,6165
3	N27	32.20	6,6165
3	N29	14.87	6,6165
3	Nd6	1.27	6,6165
4	N15	1.53	6,6165
4	N20	15.80	6,6165
4	N22	16.47	6,6165
4	N27	15.87	6,6165
4	N29	9.67	6,6165
4	Nd6	12.67	6,6165

La columna fecha hace referencia a las fechas de cosecha: 15, 20, 22, 27, 29 de noviembre y 6 de diciembre. El peso de frutos es el promedio del peso de frutos cosechados en las 15 plantas en cada fecha de cosecha

Figura 21. Evolución del peso de frutos por planta a lo largo de la cosecha.

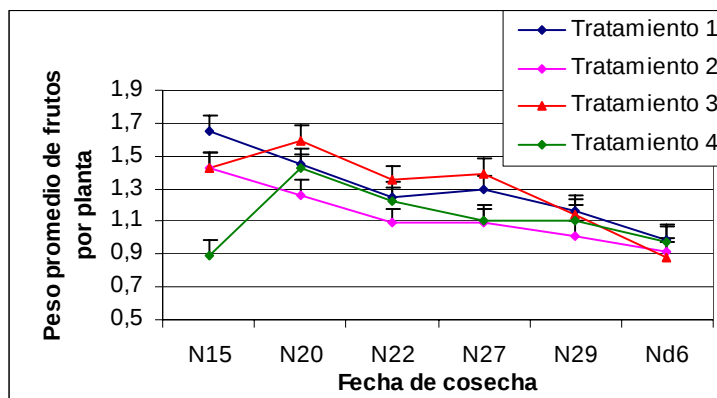


La cosecha se realizó el 15, 20, 22, 27, 29 de noviembre y el 6 de diciembre

Cuadro 23. Peso de frutos promedio obtenidos por tratamiento y por fecha de cosecha, con su correspondiente desvío.

Tratamiento	Fecha	Peso medio de frutos	Desvío de la media
1	N15	1.65	0,0915
1	N20	1.45	0,0915
1	N22	1.25	0,0915
1	N27	1.29	0,0915
1	N29	1.17	0,0915
1	Nd6	0.99	0,0915
2	N15	1.43	0,0915
2	N20	1.26	0,0915
2	N22	1.09	0,0915
2	N27	1.09	0,0915
2	N29	1.01	0,0953
2	Nd6	0.91	0,0915
3	N15	1.43	0,0915
3	N20	1.59	0,0915
3	N22	1.35	0,0915
3	N27	1.39	0,0915
3	N29	1.14	0,0915
3	Nd6	0.88	0,1534
4	N15	0.89	0,0915
4	N20	1.42	0,0915
4	N22	1.22	0,0915
4	N27	1.11	0,0915
4	N29	1.11	0,0915
4	Nd6	0.98	0,0915

Figura 22. Evolución del peso promedio de frutos por planta a lo largo de la cosecha



La cosecha se realizó el 15, 20, 22, 27, 29 de noviembre y el 6 de diciembre

Cuadro 24. Número de frutos totales cosechados por planta y largo de planta

Planta	Tratamiento	No. Frutos	Peso	Largo planta	Nf/largo planta
1	1	347	434	13,7	25,33
2	1	293	362	12,81	22,87
3	1	390	525	21	18,57
4	1	208	274	6,82	30,50
5	1	191	231	14,07	13,57
6	1	406	586	11,33	35,83
7	1	317	495	15,25	20,79
8	1	380	502	14,63	25,97
9	1	532	568	16,31	32,62
10	1	283	426	9,86	28,70
11	1	278	347	9,44	29,45
12	1	353	464	10,01	35,26
13	1	568	816	12,21	46,52
14	1	243	333	9,89	24,57
15	1	468	682	16,99	27,55
1	2	287	293	22,67	12,66
2	2	209	249	13,21	15,82
3	2	290	404	10,74	27,00
4	2	385	445	18,45	20,87
5	2	365	567	17,69	20,63
6	2	98	104	6,75	14,52
7	2	255	252	21,35	11,94

8	2	390	360	28,16	13,85
9	2	264	350	22,83	11,56
10	2	283	365	15,04	18,82
11	2	183	195	14,32	12,78
12	2	143	145	16,82	8,50
13	2	135	155	17,08	7,90
14	2	219	258	24,96	8,77
15	2	38	48	19,93	1,91
1	3	266	342	10,12	26,28
2	3	203	311	8,92	22,76
3	3	166	214	12,04	13,79
4	3	69	70	4,66	14,81
5	3	282	408	10,67	26,43
6	3	71	118	5,66	12,54
7	3	38	55	3,25	11,69
8	3	75	96	4,26	17,61
9	3	14	18	1,79	7,82
10	3	133	183	9,92	13,41
11	3	95	136	6,68	14,22
12	3	103	151	5,21	19,77
13	3	157	274	5,23	30,02
14	3	123	223	5,59	22,00
15	3	32	59	3,17	10,09

9.2 ACTIVIDAD DE INSECTOS POLINIZADORES

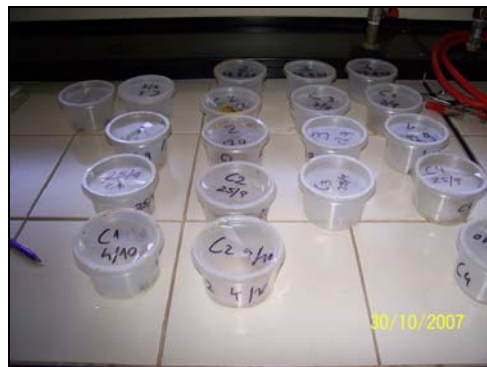
Cuadro 25. Número de visitas promedio para las interacciones y para la hora de Medición

	Tratamiento	Fecha de medición	Hora de medición	Media
trat*med	1	2		11
trat*med	1	3		30
trat*med	1	4		91
trat*med	2	2		14
trat*med	2	3		40
trat*med	2	4		123
trat*med	3	2		13
trat*med	3	3		13
trat*med	3	4		10

hora			1	30
hora			2	20
trat*hora	1		1	35
trat*hora	1		2	27
trat*hora	2		1	38
trat*hora	2		2	46
trat*hora	3		1	21
trat*hora	3		2	6,9

9.3 IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE POLEN COLECTADOS POR *APIS MELLIFERA*

Figura 23. Muestras para analizar en el Laboratorio



Cuadro 26. Tipos polínicos encontrados en las coletas de polen de la colmena 1

Colmena	Fecha	No. pelotitas	Descripción
1	7 set	7	3-6 colporado reticulado
		5	Tricolpado verrucado
		3	Rosácea No.1
		1	<i>Acacia sp.</i>
		1	Brasicácea
		2	Rosácea No.2
		1	Rosácea No.3
1	17 set	24	Tricolpado liso
		2	Brasicácea-Crucífera
		4	Rosácea No.2
		33	Brasicácea

		40	Tricolporado microreticulado (escrofulariaceae)
		2	<i>Parkinsonia aculeata</i> (cinacina)
		25	Solanácea
1	25 set	27	Tricolporado liso (solanacea)
		2	Rosácea No.2
		13	Brasicacea
		11	Tricolpada verrucada
		8	Tricolpado liso (solanácea)
		1	<i>Trifolium repens</i>
1	04 oct	2	Tricolporada microreticulada
		10	Tricolpada verrucada
		2	Tricolporada microreticulada
		10	Brasicácea No.1
		8	Asterácea
		2	<i>Parkinsonia aculeata</i> (cinacina)

Cuadro 27. Tipos polínicos encontrados en las colectas de polen de la colmena 2

Colmena	Fecha	No. pelotitas	Descripción
2	28 ago	53	<i>Taraxacum officinale</i>
		124	Asterácea - Antenidea - Manzanilla
		73	Tricolporada reticulada (labiada)
		93	Brasicácea (Crucífera)
		60	Rosácea No.2
2	7 set	1	<i>Taraxacum officinale</i>
		6	3-4 colpado microreticulado
		7	<i>Eucalyptus spp.</i>
		1	<i>Trifolium repens</i>
		1	Tricolpado granulado grande
		11	Antenidia
			Rosácea No.2
		16	<i>Acacia sp.</i>
			Brasicacea No.1
		29	<i>Parkinsonia aculeata</i> (cinacina)
		252	3-6 colpado reticulado

		495	Retículo grande (lamiaceae)
2	17 set		no se encontró polen de arándano
2	25 set		no se encontró polen de arándano
2	04 oct	3	3 colporado microreticulado, escrofularacea, rosácea
		31	Brasicácea No.2
		3	<i>Eucalyptus spp.</i>
		14	<i>Populus spp.</i>
		2	<i>Taraxacum officinale</i>
		2	<i>Acacia sp.</i>
		7	Tricolporado reticulado, escrofulariaceae
		26	Lamiaceae
		6	<i>Eucalyptus spp.</i>

Cuadro 28. Tipos polínicos encontrados en las colectas de polen de las colmenas 3 y 4

Colmena	Fecha	No. pelotitas
3 y 4	28 ago	no se encontró polen de arándano
	7 set	no se encontró polen de arándano
	17 set	no se encontró polen de arándano
	25 set	no se encontró polen de arándano

Figura 24. Separación por color de los granos de polen colectados

