

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**“TIPIFICACIÓN BOTÁNICA Y USO DE UNA CARTILLA DE  
COLORES DEL POLEN CORBICULAR DE 11 ESPECIES FRUTALES  
COMO INDICADOR DE POLINIZACIÓN”**

**THAMAR ALONDRA SEPÚLVEDA CUEVAS**

Santiago, Chile

2015

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**“TIPIFICACIÓN BOTÁNICA Y USO DE UNA CARTILLA DE  
COLORES DEL POLEN CORBICULAR DE 11 ESPECIES FRUTALES  
COMO INDICADOR DE POLINIZACIÓN”**

**“BOTANICAL CHARACTERIZATION AND USE OF A COLOR  
CHART OF CORBICULAR POLLEN LOADS FROM ELEVEN  
FRUIT TREE SPECIES AS A POLLINATION INDICATOR”**

**THAMAR ALONDRA SEPÚLVEDA CUEVAS**

Santiago, Chile

2015

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**“TIPIFICACIÓN BOTÁNICA Y USO DE UNA CARTILLA DE  
COLORES DEL POLEN CORBICULAR DE 11 ESPECIES FRUTALES  
COMO INDICADOR DE POLINIZACIÓN”**

Memoria de Título para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo

**THAMAR ALONDRA SEPÚLVEDA CUEVAS**

	CALIFICACIÓN
<b>PROFESORES GUÍAS</b>	
Sra. Teresa Torres G. Profesora de Estado, Dr. en Ciencias.	7,0
Sr. Mario Gallardo P. Ingeniero Agrónomo.	7,0
<b>PROFESORES EVALUADORES</b>	
Sra. Loreto Canaves S. Ingeniero Agrónomo, M. S.	6,2
Sr. Juan Manuel Uribe M. Ingeniero Agrónomo.	7,0

Santiago, Chile

2015



*"Id, pues, a vuestros campos y a vuestros jardines y, ahí aprenderéis  
que el placer de la abeja es libar la miel de la flor.  
Y que también es placer de la flor ceder su miel a la abeja.  
Pues, para la abeja, una flor es una fuente de vida.  
Y para la flor, una abeja es una mensajera de amor.  
Y para ambas, la abeja y la flor, dar y recibir placer  
es una necesidad y un éxtasis".*

Khalil Gibran



## AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar hasta aquí y por todas las pruebas y personas que ha puesto en mi camino. A las abejas por permitirme conocerlas y aprender de su maravillosa y trabajadora vida.

A mi madre por darme la vida, la educación y entregarme los valores que me hacen ser como soy, y a mis hermanos, gracias por acompañarme y comprenderme y por siempre hacerme sonreír. A mis abuelos por todos los momentos vividos y que guardo conmigo, por la crianza que me dieron y me formó como persona, gracias infinitas por todo lo que me enseñaron, por las conversaciones y por transmitirme sus experiencias, sé que siempre están conmigo porque los siento y llevo en mi corazón.

A mi tío Jonathan por prestarme sus abejas y sin las cuales todo esto no hubiera sido posible, gracias por enseñarme este maravilloso mundo, por todo el conocimiento entregado y la paciencia.

A mis profesores guías, especialmente a la sra. Teresa Torres por siempre acompañarme y alentarme, por todas las buenas e interesantes conversaciones en su oficina, por todo el conocimiento entregado, por su tiempo, comprensión, paciencia y cariño, gracias por toda la dedicación y siempre creer en mí.

A Pacha-Rayen y a todos los que hicieron posible ese hermoso lugar lleno de experiencias y vivencias donde me enamoré de la agronomía, gracias por ser mi escuela y entregarme tanto conocimiento y cosas por aprender. En forma especial a Esteban Órdenes por siempre acogermelo y entregar su conocimiento y entusiasmo sin egoísmo, por todo lo compartido y vivido especialmente las risas, gracias por ser como eres y enseñarme el valor de la tierra y las semillas.

A mis amigos, quienes me acompañaron y ayudaron a terminar con éxito este proceso, a Fernando Uribe, Nicole Aguayo, Daniela Meza, Sebastián González, Vanessa Silva, Leticia Escobar, Eduardo Rubio y Miguel Rosales por toda su ayuda y tener siempre una palabra de aliento para mí. A Ester Espinoza por ayudarme a separar polen, por compartir conmigo sus percepciones, y por la infinita ayuda y paciencia, gracias amiga, sin tí mucho de esto no sería posible. A mis amigos del conjunto folclórico por siempre alentarme a finalizar este proceso, especialmente a Sebastián Castillo, gracias por tus mensajes y aliento cada día, por creer en mí y ayudarme a no bajar los brazos, por ser uno de mis principales impulsores y ayudarme a hacer de mi titulación una realidad, gracias por todo.

Al profesor Bardelis Carrasco, gracias por acompañarme desde pequeña y por ser como un padre para mí, por todo el cariño entregado a lo largo de mi vida, por las conversaciones, por alentarme a estudiar y compartirme su amor por las matemáticas, gracias por ser el mejor profesor que una alumna pueda tener.

A todos los profesores, funcionarios y auxiliares que me acompañaron en este proceso y que siempre tuvieron alguna palabra para mí. Principalmente a la sra. Cecilia Pérez, al “tío Juanito” y don Pepe, a las sras. Jimena e Irma de biblioteca, don Sergio (Q.E.P.D) y don “Richard”, gracias por siempre compartir conmigo y hacerme sentir en casa.

Y a todos los que se me hayan quedado en el tintero, gracias por existir y haberse cruzado conmigo, por acompañarme en el hermoso camino llamado vida.

## INDICE

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
Hipótesis.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Lugar del estudio.....	19
Tratamiento y diseño de experimentos.....	21
Procedimiento.....	21
Atractabilidad de las especies y preferencia de <i>Apis mellifera</i> .....	21
Elaboración de la palinoteca de referencia.....	21
Análisis del polen corbicular.....	23
Medición del color del polen corbicular.....	24
Variables medidas.....	24
Floración y pecoreo.....	24
Atractabilidad de las especies y cultivares.....	24
Índice de diversidad de pecoreo.....	25
Índice de uniformidad de pecoreo.....	25
Color.....	26
Análisis estadístico.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
Resultados de terreno.....	28
Período de floración y pecoreo.....	28
Condiciones climáticas durante el período de floración y pecoreo.....	31
Precipitaciones.....	32
Temperaturas.....	32
Viento.....	34

Atractabilidad de las especies y preferencia de <i>Apis mellifera</i> .....	36
Carozos.....	36
Damasco ( <i>Prunus armeniaca</i> L.).....	37
Almendro ( <i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D. A. Webb).....	39
Cerezo ( <i>Prunus avium</i> L.).....	41
Ciruelos: japonés ( <i>Prunus salicina</i> ) y europeo ( <i>Prunus domestica</i> ).....	42
Pomáceas.....	44
Peral ( <i>Pyrus communis</i> L.).....	45
Manzano ( <i>Malus x domestica</i> Borkh.).....	47
Cítricos.....	48
Resultados de laboratorio.....	50
Palinoteca de referencia.....	50
Caracterización y tipificación botánica del polen del huerto frutal.....	51
Carozos.....	51
Tipo <i>Prunus armeniaca</i> .....	52
Tipo <i>Prunus dulcis</i> .....	53
Tipo <i>Prunus avium</i> .....	54
Tipo <i>Prunus persica</i> .....	55
Tipo <i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i> .....	56
Tipo <i>Prunus salicina</i> .....	56
Tipo <i>Prunus domestica</i> .....	57
Pomáceas.....	58
Tipo <i>Pyrus communis</i> .....	58
Tipo <i>Malus x domestica</i> .....	59
Cítricos.....	60
Tipo <i>Citrus reticulata</i> .....	61
Tipo <i>Citrus limon</i> .....	61
Polen corbicular y tipos polínicos ajenos al huerto frutal.....	62
Análisis y colorimetría del polen corbicular del huerto frutal.....	65
Índices de diversidad y uniformidad de pecoreo.....	67
Colorimetría.....	68

CONCLUSIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72
GLOSARIO.....	75
ANEXO I. Plano de distribución de especies y cultivares Huerto frutal Pacha-Rayen.....	77
APÉNDICE I. Fechas de floración y pecoreo de pomáceas y carozos.....	78
APÉNDICE II. Fechas de floración y pecoreo de cítricos.....	79
APÉNDICE III. Datos palinológicos de los granos de polen de carozos.....	80
APÉNDICE IV. Datos palinológicos de los granos de polen de pomáceas.....	83
APÉNDICE V. Datos palinológicos de los granos de polen de cítricos.....	84
APÉNDICE VI. Polen corbicular cosechado en ambas colmenas.....	85
APÉNDICE VII. Granos y corbículos de polen de especies ajenas al huerto frutal.....	86

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Listado de especies y cultivares frutales en el huerto Pacha-Rayen.....	19
Cuadro 2. Tipos de pólenes según longitud del eje mayor.....	22
Cuadro 3. Tipos de pólenes según razón P/E.....	23
Cuadro 4. Período de floración y pecoreo de pomáceas y carozos.....	29
Cuadro 5. Período de floración y pecoreo de cítricos.....	30
Cuadro 6. Familias y especies encontradas en las muestras de polen corbicular.....	63
Cuadro 7. Especies frutales encontradas en las muestras de polen corbicular.....	67
Cuadro 8. Coordenadas CIE-L* a* b* C* h* y clasificación Pantone polen frutales.....	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colmenas instaladas en el huerto con sus respectivas trampas de polen.....	20
Figura 2. Abejas con cargas de polen en la corbícula entrando por la trampa.....	20
Figura 3. Espacio tridimensional de colores CIE-L*a*b*C*h*.....	26
Figura 4. Precipitación diaria presentada durante agosto-octubre de 2011.....	32
Figura 5. Temperatura máxima diaria presentada durante agosto.....	33
Figura 6. Temperatura máxima diaria presentada durante septiembre y octubre.....	33
Figura 7. Velocidad del viento durante agosto.....	34
Figura 8. Velocidad del viento durante septiembre.....	35
Figura 9. Velocidad del viento durante octubre.....	36
Figura 10. Promedio total abejas/m <sup>2</sup> /minuto en damasco, almendro, cerezo y ciruelo.....	37
Figura 11. Promedio total abejas/m <sup>2</sup> /minuto en damasco.....	38
Figura 12. Promedio de abejas que pecorean néctar y polen en damasco.....	38
Figura 13. Abeja trabajando en las anteras de una flor de damasco.....	39
Figura 14. Promedio total abejas/m <sup>2</sup> /minuto en almendro.....	40
Figura 15. Promedio de abejas que pecorean néctar y polen en almendro.....	41
Figura 16. Promedio total y de abejas que pecorean néctar y polen en cerezo.....	41
Figura 17. Promedio total abejas/m <sup>2</sup> /minuto en ciruelo.....	43
Figura 18. Promedio de abejas que pecorean néctar y polen en ciruelo.....	43
Figura 19. Promedio total abejas/m <sup>2</sup> /minuto en manzanos y perales.....	44
Figura 20. Promedio total abejas/m <sup>2</sup> /minuto en peral.....	45
Figura 21. Promedio de abejas que pecorean néctar y polen en peral.....	46
Figura 22. Flores de los cultivares Packham's Triumph y Summer Bartlett.....	47
Figura 23. Promedio total abejas/m <sup>2</sup> /minuto en manzano.....	48
Figura 24. Promedio de abejas que pecorean néctar y polen en manzano.....	48
Figura 25. Promedio total abejas/m <sup>2</sup> /minuto en mandarino y naranjo.....	49
Figura 26. Néctar secretado por flores de naranjo.....	50
Figura 27. Polen de damasco.....	51

Figura 28. Granos de polen de <i>Prunus armeniaca</i> al microscopio óptico.....	52
Figura 29. Granos de polen de <i>Prunus dulcis</i> al microscopio óptico.....	53
Figura 30. Granos de polen de <i>Prunus avium</i> al microscopio óptico.....	54
Figura 31. Granos de polen de <i>Prunus persica</i> al microscopio óptico.....	55
Figura 32. Granos de polen de <i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i> al microscopio óptico....	56
Figura 33. Granos de polen de <i>Prunus salicina</i> al microscopio óptico.....	57
Figura 34. Granos de polen de <i>Prunus domestica</i> al microscopio óptico.....	58
Figura 35. Granos de polen de <i>Pyrus communis</i> al microscopio óptico.....	59
Figura 36. Granos de polen de <i>Malus x domestica</i> al microscopio óptico.....	60
Figura 37. Granos de polen de <i>Citrus reticulata</i> al microscopio óptico.....	61
Figura 38. Granos de polen de <i>Citrus limon</i> al microscopio óptico.....	62
Figura 39. Principales familias visitadas por las abejas para recolección de polen.....	64
Figura 40. Cargas mixtas de polen corbicular.....	64
Figura 41. Tipos polínicos correspondientes al huerto frutal.....	66
Figura 42. Porcentaje de polen recolectado por <i>Apis mellifera</i> en el huerto frutal.....	68
Figura 43. Rango de colores para Chroma, cromaticidad a* y b* y hue (h*).....	69
Figura 44. Comparación visual del polen corbicular de damasco, peral y limonero.....	70

## RESUMEN

Los indicadores de polinización utilizados actualmente son poco eficaces y certeros y ninguno por sí sólo puede indicar a tiempo si existe una buena polinización y adecuado trabajo de las abejas en los árboles frutales. Por lo tanto, este estudio procuró caracterizar el color del polen corbicular de once especies frutales para elaborar una cartilla de colores y evaluar su aplicación en terreno como un indicador de la actividad polinizadora de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.) en huertos frutales. El trabajo de terreno se efectuó en un huerto frutal situado en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, en el cual se introdujeron dos colmenas para estudiar el comportamiento y preferencia de las abejas y estimar la atractabilidad que ejercieron sobre ellas las especies del huerto frutal. Cuando las especies frutales florecieron, se sacaron flores y con su polen se realizó una palinoteca de referencia a partir de la cual se describió y fotografió la morfología de los granos. Simultáneamente, el polen cosechado de las trampas colocadas en las colmenas, se separó por colores y se observó al microscopio óptico para buscar e identificar las once especies frutales consideradas en este estudio.

Se observó que, dentro del huerto frutal, destacaron por el pecoreo de polen los cultivares de peral Packham's Triumph, damasco Dina y cerezo Brooks y, por el pecoreo de néctar, todos los cultivares de mandarino y naranjo, junto con el ciruelo europeo D'Agen y cerezo Brooks. Dentro del polen corbicular se encontró sólo tres especies frutales correspondientes a *Prunus armeniaca* L., *Pyrus communis* L. y *Citrus limon* (L.) Osbeck, a las que se les midió el color con colorímetro y se les asignó también un color de la Cartilla Pantone®. El polen corbicular de estas especies tiende al color amarillo ( $h^*= 90^\circ$ ) con leves diferencias en su cromaticidad ( $C^*$ ) y luminosidad ( $L^*$ ).

Se concluye que es posible elaborar una cartilla de colores del polen corbicular de distintas especies de árboles frutales y aplicarla en terreno considerando que para su uso, se requiere complementar la observación en terreno de las abejas pecoreando el polen en estudio, con el color y el conocimiento de las fechas de floración de toda la flora circundante, sobre todo la atractiva a las abejas, en un radio no menor de 1,2 km y ampliable hasta 3 km, del lugar donde se vaya a utilizar.

### Palabras clave

Polen corbicular, frutales, *Apis mellifera*, polinización, color, CIE- $L^*a^*b^*C^*h^*$

## ABSTRACT

Currently used pollination indicators have limited effectiveness and accuracy and none by themselves can opportunely indicate the occurrence of good pollination and suitable foraging of honey bees in fruit trees. Therefore, the aim of this research was to characterize the color of corbicular pollen loads of 11 species of fruit trees to develop a color chart and assess its field application as an indicator of the pollinating activity of honey bees (*Apis mellifera* L.) in fruit orchards. The field work was carried out in a fruit tree orchard located at the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Chile, where two hives were introduced to study the behavior and preference of honey bees and estimate the attractability exerted on them by the orchard species. When orchard species bloomed, flowers were taken to collect pollen grains for making a reference palinoteque based on which pollen grain morphology was described and photographed. Simultaneously, pollen harvested from traps placed in the hives was classified by color and observed by optical microscopy to look for and identify the 11 fruit species considered in this research.

It was observed that, within the fruit orchard, the cultivars that stood out for pollen foraging by bees were the 'Packham's Triumph' pear, the 'Dina' apricot, and the 'Brooks' cherry, while those preferred for nectar foraging were all the mandarin and orange cultivars together with the European 'D'Agen' plum and 'Brooks' cherry. Just three fruit species, *Prunus armeniaca* L., *Pyrus communis* L. and *Citrus limon* (L.) Osbeck, were found in the corbicular pollen, whose color was measured with a colorimeter and associated to the Pantone® Color Chart. The corbicular pollen of these species tends to the yellow color ( $h^*=90^\circ$ ) with slight differences in its chromaticity ( $C^*$ ) and lightness ( $L^*$ ).

It is concluded that it is possible to design a color chart of corbicular pollen loads from different fruit tree species for field application, considering that for its use complement the observation on field of bees foraging the studied pollen is required together with the pollen color, and knowledge of the surrounding flora and its blooming dates, especially the flora attractive to bees, in a radius not less than 1,2 km and expandable to 3 km from the selected place.

### Key words

Pollen loads, fruit trees, *Apis mellifera*, pollination, colour, CIE- $L^*a^*b^*C^*h^*$

## INTRODUCCIÓN

La apicultura y la producción agrícola están indisolublemente unidas, ya que la agricultura moderna depende, en gran medida, de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). Ellas pecorean natural y eficazmente, facilitando la polinización de las plantas y la continuidad de ambas especies, a cambio reciben néctar y/o polen, alimentos básicos para su supervivencia y desarrollo. La apicultura es así una actividad complementaria de la agricultura, al acercarse estrechamente a los objetivos de esta última y a la conservación ecológica de la naturaleza (Lesser, 2006).

El proceso de polinización comienza cuando el gametofito masculino, situado en las anteras de las flores, es liberado y transportado desde los estambres de una flor, al pistilo de la misma flor o de otra (Razeto, 2006). Luego de este contacto inicial, la acción de peroxidadasas en la mucosa del pistilo receptivo desencadena el desarrollo del tubo polínico junto con divisiones nucleares que darán origen a una doble fecundación con los núcleos del saco embrional. En esta etapa ocurre el proceso fisiológico en el cual un núcleo espermático fertiliza al núcleo del huevo, dando lugar al cigoto; y otro, se fusiona con dos núcleos polares originando el endospermo (Martínez, 2013).

Los granos de polen constituyen un polvo cuyo color varía según la especie de la que procede, generalmente es amarillo o café claro, aunque también se puede encontrar blanco, rosado, anaranjado, verde, rojizo, violáceo e incluso negro (Ulriksen, 2003). El polen está compuesto por dos células espermáticas y una célula del tubo o célula vegetativa y presenta una pared polínica o esporodermis muy compleja, que consta de dos capas concéntricas; la intina en el interior y la exina en el exterior, considerada una de las sustancias vegetales más resistente a agentes químicos, altas temperaturas y degradaciones enzimáticas (Martínez, 2013; Sáenz, 1978; Ulriksen, 2003). La morfología del grano de polen, su tamaño, forma, polaridad, estabilidad de la exina, ornamentación, número y tipo de aperturas, entre otros factores, son características únicas para cada especie de planta y se usan para la tipificación botánica y la identificación taxonómica de los granos de polen (Poblete y Montenegro, 1992; Trivelli, 1982).

La mayoría de los estudios hacen poca referencia o no entregan información de la coloración de los granos de polen, lo que Reiter (1947) considera un tema importante y poco estudiado. Este mismo autor junto con Fischer (1890), tempranamente señalaban la importancia de considerar la coloración de los granos de polen en el estudio palinológico, además destacan que a menudo, existen especies relacionadas que son muy similares en la morfología de su polen y en ocasiones las especies de un género pueden ser distinguidas de otro sólo por su color. Erdtman (1933, citado por Reiter, 1947), especifica que para un análisis completo del polen son necesarios tanto la forma como el color en la investigación.

No sólo a los palinólogos les es útil la variación natural del color en el polen, las abejas también son influenciadas por este rasgo y pueden presentar marcadas preferencias entre flores de distintas especies<sup>1</sup>. Entre los diversos estímulos visuales (tamaño, forma, contorno, simetría, entre otros) que entran en juego en las relaciones insecto/flor, la percepción del color tiene un papel fundamental (Menzel y Shmida, 1993, y Proctor y Yeo, 1973, citados por Carrasco *et al.*, s.f.). Según Chittka (1996) y Kevan (1978), citados por Carrasco *et al.* (s.f.), las abejas poseen un sistema visual basado en tres colores primarios (visión tricromática), que se extiende desde el ultravioleta (300 nm) hasta el amarillo-anaranjado (650 nm), con sensibilidad mayor para el ultravioleta, azul y verde. Sin embargo, no distinguen colores por encima de 650 nm, es decir, son “ciegas” para el color rojo. Muchas flores reflejan los colores ultravioletas creando toda una gama de combinaciones de nuevos colores, donde generalmente el fondo contrasta con el resto de la corola. Según Backhaus (1993), las abejas son capaces de discriminar los colores de las corolas de las flores de diferentes especies de sus respectivos centros y del follaje que las rodea, lo que las ayuda a encontrar las recompensas alimenticias que las flores les ofrecen.

La abeja melífera no sólo percibe diferencias de color sino también forma y posición (Snodgrass, 1975), también es importante que la forma de la flor le permita aterrizar, que el color y su forma atraigan su atención y que el olor del polen pueda ser identificado fácilmente. En este sentido, se considera que la abeja elige las plantas como fuente de polen primeramente por un estímulo visual y lo pecoreará si su olor y sabor le son aceptables. Además, es importante que el polen presente ciertas características en su composición química y valor nutritivo, es decir, que tenga una alta cantidad de proteínas (De Sá Otero *et al.*, 2004). La recolección de polen por las abejas depende también en gran medida de las necesidades de la colonia, presencia de la reina, cantidad de cría y accesibilidad a la misma, tamaño de la familia, entre otros factores (Neira, 1988). Según Free (1967), Murrell y Szabo (1981) y Severson y Parry (1981), citados por Poblete y Montenegro (1992), aunque las abejas fundamentan sus relaciones con las plantas en base a parámetros de conveniencia, por lo que el costo energético del pecoreo juega un papel muy importante, el número de visitas a las flores también depende de factores como la compatibilidad morfológica entre abeja y flor, abundancia de polen y néctar en la flor, tamaño poblacional de la especie vegetal interesante, distancia de la población al colmenar, entre otros.

Según Witherell (1975), el polen no sólo presenta interés desde el punto de vista de la polinización, sino que también es importante para las abejas como fuente principal de proteínas, grasas y minerales que sirven de materia base en su dieta para el crecimiento y restauración de tejidos y como producto excedente del apiario.

Auclair y Jamieson (1948), Todd y Bretherick (1942), Vivino y Palmer (1944), entre otros autores citados por Witherell (1975) señalan que la proporción de proteínas en el polen dista, de ser uniforme y puede variar entre 7,02% (pino) a 35,5% (palmera datilera) por lo que el polen puede ser comparado en relación con su contenido de proteínas, con los porotos, arvejas y lentejas. También señalan que, los análisis químicos del polen han

---

<sup>1</sup> Cristián Villagra. 2011, may. Abejas y polinización. [Entrevista personal]. Instituto de Entomología, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

demostrado que es rico en lípidos, aminoácidos libres, hidratos de carbono (azúcar, almidón y celulosa), minerales (calcio, magnesio, fósforo, hierro, sodio, potasio, aluminio, manganeso, azufre y especialmente cobre), vitaminas (especialmente ácido pantoténico, ácido nicotínico, tiamina, riboflavina, ácido ascórbico y pequeñas cantidades de vitaminas D y E), enzimas y co-enzimas, pigmentos (xantofila y carotina) y esteroides. El polen es prácticamente la única fuente de todos estos compuestos necesarios para la producción de alimento larval y el desarrollo de abejas recién nacidas por lo que Haydak (1937, citado por Gary, 1975) considera que una colonia no puede alimentar a las crías si no tiene polen pues determinados aminoácidos son esenciales para ellas y no pueden producirlos, así que deben obtenerlos por medio del alimento (Dietz, 1975).

Haydak (1934, citado por Dietz, 1975), señala que las abejas melíferas utilizan las proteínas del polen principalmente para proveer de alimentos fundamentales a los músculos, glándulas y otros tejidos. El 13% del peso de las abejas recién nacidas está constituido por proteínas, así como el 15,5% del peso fresco en las abejas de cinco días de edad. Los experimentos realizados por Zhrebkin (1965, citado por Dietz, 1975), demuestran que las abejas consumen polen hasta que llegan a los 15 o 18 días. La mayor cantidad de polen es usada por las abejas entre los tres y los seis días, durante la época de crianza primaveral, y a los nueve días durante la crianza estival. En primavera las abejas nodrizas consumen el polen con mayor intensidad que en otras épocas lo cual corresponde a una mayor actividad de las enzimas digestivas. En lugares donde la disponibilidad floral comienza muy temprano en invierno las abejas pueden abastecerse abundantemente de polen lo que les permite aumentar sus crías y tener un número alto de obreras para así enfrentar el máximo de la floración primaveral (Poblete y Montenegro, 1992). Según Park (1922) y Ribbands (1949) citados por Gary (1975), los vuelos de recolección de las recolectoras de polen son considerablemente más cortos que los realizados por las recolectoras de néctar. El número de flores visitadas por recolectoras de polen, el tiempo que requiere el armado de la carga, la cantidad de vuelos diarios y el peso de las cargas de polen, varía y depende de las especies y condiciones de sus flores, la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa y posiblemente otros factores (Gary, 1975). A pesar de la intensiva limpieza que realizan las abejas, los granos de polen permanecen adheridos en grandes cantidades sobre los cuerpos de las recolectoras (se han obtenido cifras de 10.000 a 25.000 granos de polen por abeja) convirtiéndola en el insecto que lleva sobre su cuerpo mayor cantidad de polen que cualquier otro con superficie pilosa (Lukoschus, 1957, citado por Gary, 1975).

Según Gary (1975), Martin (1975) y Poblete y Montenegro (1992), las abejas melíferas son politrópicas, es decir, visitan muchas especies de plantas diferentes pero, cuando una abeja encuentra una fuente de néctar o polen, continúa recolectando en esa única fuente o especie hasta que se cansa de ella y encuentra otra fuente o es llevada a ella por las demás, por lo que el polen que transporta en la corbícula es monoespecífico. El porcentaje de cargas mixtas o que contienen unos pocos granos extraños, según diversos autores, e.g. Betts (1935), Maurizio (1953), Schwan y Martinovs (1954) y Tushmalova (1958), citados por Gary (1975), varía en promedio un 3% de las cargas totales traídas por las abejas. En casos excepcionales se ha llegado a determinar hasta 12% de cargas mixtas.

Según von Frisch (1971, citado por Martin, 1975), es importante conocer el comportamiento de las abejas para su manejo práctico en la producción de miel o para la polinización. Las abejas melíferas comunican a otras abejas la dirección, distancia y aroma de una fuente de alimentos recién descubierta, por medio de danzas que tienen lugar sobre los panales. El muy eficiente sistema de comunicación de las abejas melíferas les permite distribuirse rápidamente sobre las plantas de néctar y polen dentro de su autonomía de vuelo. Aparentemente, los mecanismos de comunicación empleados para el polen son iguales que los que se usan para el néctar, excepto que quizás no se empleen simultáneamente puesto que algunas plantas que dan polen no producen néctar (Gary, 1975).

Las abejas obtienen mayores rendimientos de néctar y polen de algunas plantas respecto de otras y el cultivo que requiere polinización puede resultar menos atractivo que otras plantas a su alcance. Las abejas melíferas que vuelan 4 km en todas las direcciones desde una colmena, tienen acceso a 5.000 ha de terreno. Un campo de 12 ha de cultivo que debe ser polinizado está compitiendo en atraer las visitas de las abejas con todas las demás plantas dentro del área. Los apicultores que alquilan abejas para polinización deben tratar de desarrollar colonias a tiempo para esta tarea, convirtiéndolas en una unidad eficiente de polinización (Martin, 1975).

Diversos autores sobre todo en Europa, sostienen que las abejas pueden ser dirigidas hacia los cultivos mediante el suministro de jarabe de azúcar que contenga extractos de las flores de un cultivo determinado, pero hasta la fecha dicho método no ha encontrado aplicación práctica (Martin, 1975). Algunos agricultores consideran que las abejas deberían atraerse hacia un cultivo mediante el expediente de rociar a este último con un jarabe azucarado. Free (1970, citado por Martin, 1975) demostró de manera bastante concluyente, con manzanas y habas, que si bien había un aumento de abejas que visitaban el cultivo para pecorear el jarabe, el número de las que trabajaban en las flores en sí, en realidad disminuía.

Los apicultores deberían contar con colonias populosas y los agricultores deberían evaluar la fuerza de las colonias alquiladas pero, los apicultores varían en su capacidad y/o seguridad de que puedan suministrar colonias fuertes y la mayoría de los agricultores no conocen las abejas lo suficientemente bien para evaluar la fuerza de las colonias ni su potencial de polinización (Martin, 1975)

Los indicadores que se utilizan hoy en día para evaluar el grado de polinización de un cultivo son poco eficaces y certeros. Según Martin (1975) y Lesser (2006), la eficiencia de una colonia, en términos de polinización de un cultivo puede medirse por el número de abejas que entran por la piquera entre las 12 a las 13 horas, así como también, a la misma hora, contar las abejas observadas en un árbol durante un minuto; para asegurar una buena polinización, su número deberá ser como mínimo de 15 a 20.

Según la Sociedad Argentina de Apicultores (2007), el peso y la presencia de alzas o cría en la colmena pueden usarse como parámetros de calidad o fortaleza para la polinización, pero ninguno ellos por sí solo, reflejan una buena colmena, ya que son fáciles de manipular. El índice más fácilmente aplicable a la disponibilidad de pecoreadoras y por tanto, la capacidad polinizadora de la colmena, es la medición de la cantidad de cría. Los agricultores están comenzando a darse cuenta de la diferencia entre colonias y en la actualidad hay quienes solicitan a los apicultores que les muestren la zona de cría de algunas de las colonias elegidas al azar (Martin y McGregor, 1973, citado por Martin 1975). El estudio de los rasgos del polen corbicular podría contribuir en el reconocimiento temprano de la eficiencia de polinización de las colmenas utilizadas para estos fines, tanto para optimizar el éxito de la polinización, como para conservar la especificidad requerida para la producción de miel de alta calidad<sup>2</sup>.

Dados los antecedentes expuestos, y tomando en consideración que aún no existe un indicador de polinización suficientemente certero y eficaz, en esta memoria se asocia cada especie frutal con un color del polen corbicular para elaborar una cartilla de colores con la cual se espera poder identificar, en la piquera de la colmena, si el cultivo de interés está siendo polinizado o no por las abejas.

### **Hipótesis**

El color del polen corbicular es único para cada especie frutal y, por lo tanto, es factible utilizarlo como indicador de la actividad polinizadora de *Apis mellifera* L.

### **Objetivo general**

Caracterizar el color del polen corbicular de cada especie frutal y elaborar una cartilla de colores a fin de aplicarla como un indicador de la actividad polinizadora de *Apis mellifera* L. en huertos frutales.

### **Objetivos específicos**

- 1) Estimar la atractabilidad que ejercen las diversas especies del huerto frutal en la preferencia polinizadora de *Apis mellifera* L.
- 2) Elaborar una palinoteca de referencia con los tipos polínicos de las especies del huerto frutal.

---

<sup>2</sup> Cristián Villagra. 2011, may. Abejas y polinización. [Entrevista personal]. Instituto de Entomología, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.

- 3) Caracterizar y tipificar botánicamente las diferencias morfológicas entre el polen de las distintas especies del huerto frutal, clasificando además, los tipos polínicos encontrados que no sean del huerto, a nivel botánico de familia.
- 4) Caracterizar el color del polen corbicular de las especies del huerto frutal mediante colorímetro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar del estudio

El estudio se desarrolló en el huerto frutal del grupo estudiantil Pacha-Rayen, en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Región Metropolitana, Comuna La Pintana (33°34'11'' Lat. Sur y 70°38'39'' Long. Oeste).

El clima de la localidad donde se desarrolló el estudio es templado mesotermal estenotérmico mediterráneo semiárido, con temperaturas que varían en promedio entre 4,4 y 28,2°C; una precipitación media anual de 360 mm aproximadamente y una estación seca en verano (INE, Chile).

El huerto frutal tiene aproximadamente 1.762 m<sup>2</sup> y cuenta con las siguientes especies y cultivares de las familias Rosaceae y Rutaceae:

Cuadro 1. Listado de especies y cultivares frutales en el huerto Pacha-Rayen (Anexo I).

<b>Nombres comunes</b>	<b>Nombres científicos</b>	<b>Cultivares presentes en el huerto (n° de individuos)</b>
Damasco	<i>Prunus armeniaca</i> L.	Modesto (7), Dina (7)
Peral	<i>Pyrus communis</i> L.	Summer Bartlett (3), Packham's Triumph (3)
Almendro	<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D. A. Webb	Thompson (5), Non Pareil (5), Price (1)
Duraznero conservero	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Hesse (5), Loadell (4), Andross (4), Everts (4)
Duraznero para fresco	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Royal Glory (15)
Nectarino	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch var. <i>nucipersica</i> (Suckow) C. K. Schneid	Venus (12)
Cerezo	<i>Prunus avium</i> L.	Brooks (12)
Ciruelo japonés	<i>Prunus salicina</i> Lindl.	Ambra (5), Larry Anne (5), Angeleno (5)
Ciruelo europeo	<i>Prunus domestica</i> L.	D'Agén (5)
Manzano	<i>Malus x domestica</i> Borkh	Galaxy (5), Granny Smith (5), Raku-Raku (5)
Mandarino	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Oro Grande (8), Nour (7)
Naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Lane Late (5), Spring Navel (6), Parent Washington (5)
Limonero	<i>Citrus limon</i> (L.) Burmann	Fino 49 (14)

Para este estudio, se instalaron en el huerto frutal, dos colmenas de *Apis mellifera* L. del tipo Langstroth. Cada colmena contó con una trampa de polen que consiste en una rejilla fina, con orificios de 5 mm de diámetro, el tamaño justo para el paso de una abeja (Figura 1). Al dificultar la entrada de las abejas se favorece la caída de los aglomerados de polen que transportan en los corbáculos del tercer par de patas, mediante la presión que ejercen al entrar, hacia un cajón pequeño ubicado bajo la rejilla y protegido por una red que sólo permite el paso de estos gránulos (Figura 2).



Figura 1. Colmenas instaladas en el huerto con sus respectivas trampas de polen.



Figura 2. Abejas con cargas de polen en la corbícula entrando por la trampa.

## **Tratamientos y diseño de experimentos**

Siendo éste un estudio de tipo descriptivo no hubo tratamientos ni diseño de experimentos. Los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva, calculando máximos, mínimos y promedios, entre otros.

### **Procedimiento**

#### **Atractabilidad de las especies y preferencia de *Apis mellifera***

Las colmenas se colocaron en el huerto dos semanas antes de que comenzara la primera floración. Se midió la presencia de pecoreadoras en cada cultivar frutal a lo largo del día. Para esto se eligió al azar, un árbol de cada cultivar y se contabilizó, durante tres días, el número de abejas que accedió a la superficie floral por minuto con un cuadrante de 0,25 m<sup>2</sup> en las cuatro exposiciones del árbol, así como también el tipo de pecoreo (néctar y/o polen) realizado por las abejas. Las mediciones se realizaron desde las 10 de la mañana hasta las 6 de la tarde, cada dos horas, con el objeto de determinar los horarios en que trabajaban el néctar y el polen dentro del árbol.

Todas las mediciones se llevaron a cabo cuando el cultivar correspondiente presentó un 50% de flores abiertas lo que se determinó de manera visual.

#### **Elaboración de la palinoteca de referencia**

Se colectaron muestras de flores (de cada cultivar frutal) elegidas aleatoriamente antes de que se produjera la dehiscencia de la mayoría de las anteras y tratando que coincidiera inmediatamente antes que ocurriera la apertura natural de la misma, para garantizar una madurez adecuada de los granos de polen y evitar contaminación con polen de otra especie frutal.

Posteriormente, las flores fueron llevadas al laboratorio en placas Petri, donde ocurrió la liberación del polen usado para elaborar la palinoteca de referencia que se utilizó para la identificación del polen corbicular cosechado.

Para elaborar la palinoteca de referencia se utilizó el método de acetólisis de Erdtman el cual, según la bibliografía, limpia los granos de polen de todas sus impurezas y deja claramente visible la ornamentación de la exina para su análisis. En este método se utilizó una centrífuga High speed refrigerated Bench-top Heal Force®, modelo Neofuge 15R y una campana extractora de gases Factomet, facilitadas por el laboratorio de Genómica funcional y Bioinformática vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, y se trataron las muestras con los distintos ácidos y anhídridos sugeridos por la

bibliografía. Sin embargo hubo que probar otros métodos hasta encontrar el más adecuado y el que más se ajustara a los objetivos de este trabajo debido a que la acetólisis presentó problemas.

El segundo método probado fue el sugerido por Sáenz (1978), que consiste en examinar el polen al natural montándolo sobre un portaobjeto con bálsamo de Canadá cuyo índice de refracción es idéntico al del vidrio y conserva la calidad de las preparaciones microscópicas por muchos años.

El tercer método utilizado consistió en espolvorear el polen de las flores directo en el portaobjeto y cubrirlo con cinta adhesiva para su directa observación en el microscopio óptico.

Las muestras se prepararon para su tipificación y caracterización botánica, para ello se identificaron los portaobjetos con el nombre común de la especie seguido del cultivar (se realizaron dos portaobjetos por cultivar). Para el análisis se eligieron 10 granos de polen al azar de cada cultivar, a los que se tomaron fotos y se les realizó un detallado análisis de su morfología con un Microscopio óptico Intraco Micro S.P.O., con cámara Moticam 2000, 2.0M Pixel USB 2.0 incorporada, facilitado por el laboratorio de Paleobotánica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Para la tipificación botánica de los tipos polínicos del huerto frutal (Rosaceae y Rutaceae) a los granos de polen se les midió los siguientes caracteres según Erdtman (1943):

### 1. Mediciones de carácter cualitativo

- Polaridad y simetría
- Contorno
- Forma
- Tamaño (Cuadro 2), que se clasifica por:

Cuadro 2. Tipos de pólenes según longitud del eje mayor

<b>Denominación del polen</b>	<b>Medida del eje mayor</b>
Muy pequeño	< 10 $\mu$
Pequeño	10 – 25 $\mu$
Mediano	25 – 50 $\mu$
Grande	50 -100 $\mu$
Muy grande	100 – 200 $\mu$
Gigante	> 200 $\mu$

Fuente: Ulriksen (2003)

- Clase de aperturas
- Número y posición de aperturas
- Escultura u ornamentación de la exina

## 2. Mediciones de carácter cuantitativo

- Longitud del eje polar (P) y diámetro ecuatorial (E)
- Grosor de la exina
- Relación P/E (Cuadro 3), que se clasifica por:

Cuadro 3. Tipos de pólenes según razón P/E

<b>Denominación del polen</b>	<b>Razón P/E</b>
Perprolado	> 2,00
Prolado	1,33 – 2,00
Subprolado	1,14 – 1,33
Prolado-esferoidal	1,00 – 1,14
Esferoidal	1,00
Oblado-esferoidal	0,88 – 1,00
Suboblado	0,75 – 0,88
Oblado	0,50 – 0,75
Peroblado	< 0,50

Fuente: Ulriksen (2003)

### Análisis del polen corbicular

Cuando las primeras especies del huerto comenzaron a florecer, se colocaron trampas de polen en las colmenas tres veces a la semana, durante todo el día, para cosechar el polen corbicular recolectado por las abejas de las dos colmenas. Este procedimiento se utilizó durante todo el período de floración del huerto, que abarcó desde mediados de agosto hasta fines de octubre. El polen cosechado de las trampas se conservó y trasladó congelado dentro de bolsas herméticas Ziploc®, debidamente identificadas y con su respectiva fecha de colecta.

Se seleccionaron diez colectas al azar (1 por semana) y el polen corbicular se separó en grupos, de acuerdo a su color. La separación se hizo a la sombra, con luz de día, y contrastándolo con un fondo blanco, para facilitar la operación y observar los colores sin ninguna influencia que pudiera alterar su verdadero color. Los grupos resultantes se pesaron en una balanza electrónica Belltronic Scales ES-300 HA, de precisión 0,01 mg, facilitada por el laboratorio de Cultivo de tejidos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, para determinar la proporción que cada uno de ellos representaba en el peso total de la muestra y así evaluar los grados de preferencia que presentaron las abejas de cada colmena.

El polen corbicular de cada grupo resultante se fotografió con una Lupa Leica Wild M3C, facilitada por el laboratorio de Paleobotánica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Adicionalmente se realizó una preparación microscópica y, se comprobó en el microscopio óptico, que cada grupo correspondiera a una única especie

botánica para posteriormente encontrar los tipos polínicos correspondientes al huerto frutal con el objeto de asociar el polen de cada especie frutal a un color. Para identificar los tipos polínicos del polen corbicular recolectado se compararon con la palinoteca de referencia ya preparada y los manuales de identificación de Erdtman (1943) y Kapp (1969), entre otras bibliografías pertinentes.

Los tipos polínicos no correspondientes al huerto frutal se separaron y guardaron para otro estudio más detallado que escapa a los objetivos de éste, sólo se clasificaron hasta el nivel botánico de familia.

### **Medición del color del polen corbicular**

Posteriormente, los grupos resultantes que contenían los tipos polínicos del huerto frutal, se analizaron con un colorímetro Portátil Triestímulo Minolta® Modelo CR-400 con iluminante C, ángulo de observación 0°, calibrado con estándar blanco, facilitado por el laboratorio de Frutales de Hoja Caduca de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, y se compararon con la guía universal de colores Pantone®, para asignar, de la manera más exacta posible, la tonalidad del color al grupo.

Para la medición del polen con el colorímetro se utilizó el método descrito en Telleria y Sarasola (s. f.). Para ello se molió una muestra de corbículos de polen de cada grupo de color y se colocó en un recipiente, procurando que quedara a ras, ligeramente comprimido y con la superficie exterior lisa, para evitar que las características superficiales de los corbículos modificaran la reflexión de la luz y distorsionaran los valores medidos. Además, así también se diluyeron las posibles contaminaciones del polen en la superficie de los corbículos por el roce de su manipulación. Las mediciones se hicieron colocando el polen molido en una caja de cartulina de color blanco de base cuadrada de 2 x 2 cm. Las mediciones dentro de la caja se hicieron moviendo el colorímetro dentro de la misma y cuidando de no modificar la superficie de la muestra.

### **Variables medidas**

**Floración y pecoreo:** Se registró el período de floración de cada especie y cultivar frutal, así como también el período de pecoreo realizado por las abejas en cada uno.

**Atractabilidad de las especies y cultivares:** Se registró los horarios de visita de las abejas a las flores de los cultivares desde las 10 a las 18 hrs, así como también el tipo de pecoreo que realizaron. Para determinar la presencia de pecoreadoras en los respectivos horarios, se contaron las abejas que accedieron a la superficie floral por minuto con un cuadrante de 0,25 m<sup>2</sup> en las cuatro exposiciones de un árbol, elegido al azar, cuando la especie correspondiente presentó un 50% de floración, lo que se determinó de manera visual.

El análisis de los datos y la elaboración de gráficos se realizó sumando la cantidad de abejas que accedió al cuadrante en las cuatro exposiciones del árbol para obtener el n° de abejas que accedió a 1 m<sup>2</sup> de superficie floral en el árbol durante un minuto a las distintas horas del día en que se realizó la medición por lo que también se pudo determinar el horario de visita de las abejas a los distintos cultivares. Posteriormente se promedió el n° de abejas/m<sup>2</sup>/min de cada horario de los tres días muestreados para obtener un dato más representativo del comportamiento de las abejas a lo largo del día. Con la suma de los promedios de los distintos horarios se obtuvo el promedio total de abejas que visitaron los árboles durante el día y el porcentaje de las que pecorearon néctar y polen.

Para facilitar el análisis de la preferencia pecoreadora y el tipo de pecoreo realizado por *Apis mellifera* se ordenó las diversas especies del huerto en grupos correspondientes a carozos, pomáceas y cítricos.

Es de considerar que los cultivares dentro de una misma especie pueden no haber florecido en la misma fecha y por tanto haber estado expuestos a factores climáticos diferentes al momento de la medición sin embargo, para efectos comparativos dentro de la especie se agruparon en un mismo gráfico.

**Índice de diversidad de pecoreo:** El índice de diversidad de pecoreo o índice de Shannon-Wiener evalúa la diversidad polínica que colectan las abejas, se aplicó al huerto frutal con la fórmula (Quiroz y Palacios, 1999):

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i) * (\ln p_i)$$

Donde:

H': índice de Shannon-Wiener

n: número de especies encontradas en las muestras

p<sub>i</sub>: proporción de cada tipo de polen encontrado en las muestras

**Índice de uniformidad de pecoreo:** El índice de uniformidad de pecoreo o fórmula de Pielou (J') se utiliza para determinar la uniformidad en las plantas utilizadas por *Apis mellifera* L. al colectar polen; sus valores varían de 0 a 1, indicando con ello la heterogeneidad u homogeneidad de la muestra (Vásquez, 2007). Se aplicó al huerto frutal con la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\text{máx.}}}$$

Donde:

J': uniformidad de las muestras

H': índice de diversidad de Shannon-Wiener

H' máx.: logaritmo natural del número total de tipos de polen en las muestras

**Color:** El color del polen corbicular correspondiente a las especies frutales fue cuantificado en el espacio tridimensional de color CIE-L\*a\*b\*C\*h\* que se muestra en la Figura 3. Los valores se obtuvieron del colorímetro y corresponden a:

- L\* (luminosidad), que representa la intensidad de luz del color, es decir el grado de brillo u oscuridad de este o la sensación visual “claro - oscuro” de un color, siendo sus extremos el negro (valor 0) y el blanco (valor 100).
- C\* (chroma), es la saturación o profundidad del color, variando entre el gris o acromático (valor 0) y el color en su más pura expresión (valor 60), o sea el que evalúa la sensación visual “débil – fuerte” o “pálido – intenso” de un color.
- h\* (hue), es el ángulo en que se ubica el color dentro del espacio tridimensional de colores y representa la frecuencia de onda de la luz reflejada por un objeto, siendo rojo o magenta en 0°, amarillo en 90°, verde en 180° y azul en 270° o una combinación de los colores.
- a\*, indica la sensación verde - rojo de un objeto: si  $a^* > 0$  se percibirá con parte de rojo, si  $a^* < 0$  se percibirá con parte de verde.
- b\*, indica la sensación azul – amarillo de un objeto: si  $b^* > 0$  se percibirá con parte de amarillo, si  $b^* < 0$  se percibirá con parte de azul.

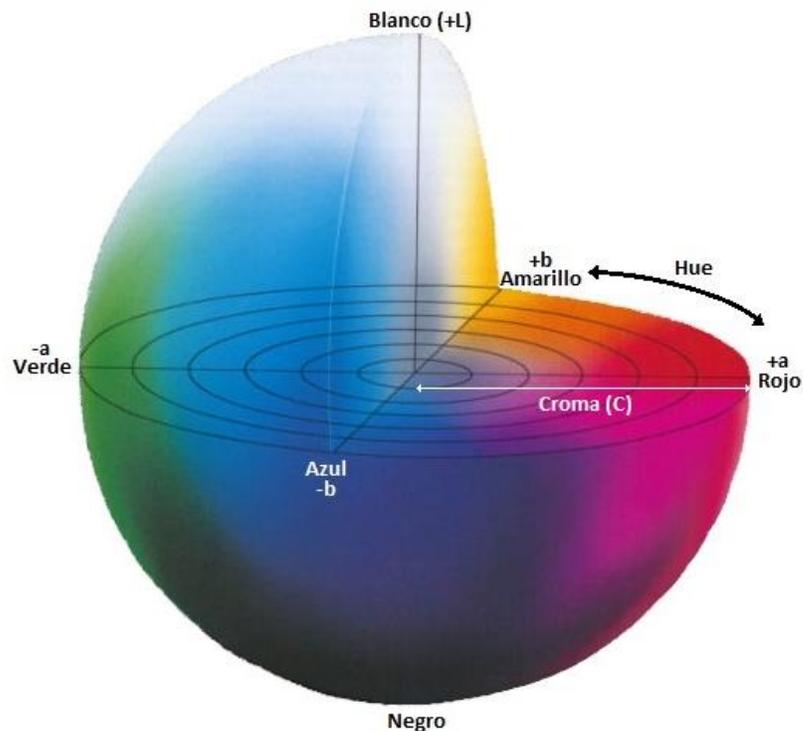


Figura 3. Espacio tridimensional de colores CIE-L\*a\*b\*C\*h\*.

### **Análisis estadístico**

En la presente Memoria de Título se utilizó exclusivamente estadística descriptiva, es decir promedios, desviación estándar, máximos y mínimos.

Para el análisis palinológico los resultados se presentaron en tablas, que contienen las especies y cultivares del huerto frutal y su respectiva descripción palinológica, con mediciones del diámetro ecuatorial, eje polar, aperturas, forma, ornamentación y estructura de la exina, entre otras características.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomando en consideración los objetivos del trabajo los resultados se presentan en dos partes:

1.- Las observaciones y resultados de terreno donde se registró el período de floración y pecoreo de cada cultivar frutal, las condiciones climáticas durante el periodo en estudio y se midió el grado de preferencia que presentó *Apis mellifera* en los diferentes cultivares del huerto.

2.- Resultados de laboratorio que incluyen la palinoteca de referencia, caracterización y tipificación botánica de los granos de polen de las distintas especies del huerto frutal, así como la caracterización del color correspondiente a cada especie encontrada, además de establecerse los índices de uniformidad y diversidad de pecoreo para el huerto y describir brevemente el polen ajeno al huerto frutal encontrado.

Es importante recalcar, que los datos de terreno se hicieron a nivel de cultivar, a diferencia de los de laboratorio, realizados a nivel de especie. Esto se debió principalmente a la notoria diferencia presentada en la preferencia de *Apis mellifera* en algunos cultivares dentro de una misma especie, y a las distintas fechas de floración presentada por los mismos. Considerar los datos de terreno a nivel de especie hubiera conducido a errores y desviaciones en los análisis siendo no representativo de la realidad.

### Período de floración y pecoreo

El período de floración de las distintas especies y cultivares estudiados abarcó desde aproximadamente mediados de agosto hasta la segunda semana de noviembre del año 2011.

En pomáceas y carozos este período se extendió desde mediados de agosto hasta la quincena de octubre con leves diferencias en las fechas de inicio de floración de los distintos cultivares dentro de una misma especie (Cuadro 4). En el caso del cultivar de ciruelo japonés, Larry Ann, no se realizaron mediciones del pecoreo puesto que los árboles presentaron un tamaño muy pequeño y muy poca producción de flores, resultado de una poda agresiva realizada durante el invierno para la eliminación de *Lepidosaphes ulmi* L. y *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock), por lo que no influyó sobre la actividad pecoreadora de las abejas.

En los cítricos específicamente en naranjos y mandarinos, se presentó una floración distinta en cuanto a las exposiciones de los árboles floreciendo primero las exposiciones Norte y Este y, a las dos semanas siguientes las exposiciones Sur y Oeste (Cuadro 5). Esto pudo deberse a la poca separación existente entre los árboles e hileras del huerto y, a la alta



Cuadro 5. Período de floración y pecoreo de cítricos establecidos en el huerto frutal Pacha-Rayen (Apéndice II)

Especie	Cultivar	Exposición	Meses																							
			Sep		Octubre						Noviembre															
			27	30	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		
Mandarino	Oro Grande	N y E			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
		S y O																								
	Nour	N y E									•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
		S y O																								
Naranja	Lane Late	N y E			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
		S y O																								
	Spring Navel	N y E	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		S y O																								
	Parent W	N y E			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		S y O																								
Limonero	Fino 49	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

 Período de Floración

 50% de Floración

• Período de Pecoreo

densidad de ramas y hojas presente, lo anterior sumado a la orientación Este - Oeste del huerto (que tiene un menor aprovechamiento de la luz solar) produce mayor sombreado en las caras Sur y Oeste, lo que probablemente influye en una leve disminución de la temperatura y retraso de la floración, respecto de las caras más expuestas al sol.

El retraso de las caras Sur y Oeste en cítricos sin embargo, significó un período de 45 días disponibles para el pecoreo y que las abejas aprovecharon desde el primer hasta el último día de floración, en un período donde los requerimientos energéticos son altos debido al fuerte crecimiento de la colmena, a diferencia de lo presentado en pomáceas y carozos donde el período máximo de pecoreo de un cultivar fueron 28 días, correspondientes al cultivar de damasco Dina, y donde algunas especies no resultaron atractivas y fueron muy poco utilizadas por las abejas.

En el caso de limonero tampoco se realizaron mediciones ya que presentó una escasa floración que no fue atractiva para las abejas ni permitió el uso del cuadrante, lo cual pudo deberse a la alta producción de invierno y la no cosecha de su fruta hasta mitad del mes de noviembre, sólo se observó la aparición de algunas pocas flores al mismo tiempo que comenzó la floración de las caras Sur y Oeste en naranjos y mandarinos.

La semana del 5 de septiembre comienza la floración de malezas y árboles nativos y ornamentales en el sector afectando el pecoreo en durazneros, específicamente los cultivares Hesse, Loadell, Andross y Royal Glory, donde sólo se realizó la medición correspondiente al día 10 de septiembre, puesto que desde ese día hasta el 20 de septiembre disminuyó considerablemente el número de abejas en los árboles y prácticamente ningún cultivar frutal en floración fue atractivo para las abejas quienes se encontraban pecoreando otras especies, en especial árboles de *Schinus latifolius* cercanos al huerto frutal que ejercieron gran atractabilidad sobre las mismas. En los cultivares Everts (Conservero) y Venus (Nectarín) no se realizaron mediciones ya que el 13 de septiembre presentaron el 50% de floración y pasado el día 20 quedaban pocas flores en los árboles y los durazneros en general no presentaron gran atracción para las abejas quienes concentraron su actividad a partir de ese día principalmente en cerezo, ciruelo europeo, perales y manzanos. Al cultivar de ciruelo japonés Angeleno que presentó el 50% de floración el día 7 de septiembre se le realizaron mediciones los días 7, 8 y 10 de septiembre sin embargo no se vio gran cantidad de abejas trabajando en sus flores debido probablemente a la mayor atracción de otras especies.

### **Condiciones climáticas durante el período de floración y pecoreo**

Las condiciones climáticas que se presentan en el período donde las abejas realizan el pecoreo son importantes de considerar ya que la actividad pecoreadora depende de estas. Las precipitaciones y lloviznas no permiten el vuelo de la abeja así como también es sabido que temperaturas menores a 13°C y vientos mayores a 24 Km/hr disminuyen en forma notoria su actividad.

Es importante considerar también el conjunto de factores climáticos junto con la observación de las abejas en terreno, ya que el análisis separado de cada uno de estos factores podría conducir a una impresión errónea sobre la actividad pecoreadora de *Apis mellifera*.

### Precipitaciones

Las precipitaciones presentadas en el lugar del estudio (Figura 4) no tuvieron en general mayor influencia sobre el vuelo de las abejas ni la recolección de polen ya que hubo pocos días de lluvia durante el período analizado. Sin embargo se pudo observar muchos días con llovizna registrada algunas veces hasta el mediodía y que obligó a modificar las fechas de medición del pecoreo de las abejas generalmente para el día siguiente al planificado por no contar con las mediciones de la mañana y debido a la poca cantidad de abejas fuera de la colmena.

Los datos de precipitación fueron tomados de la estación agroclimática de Pirque de la Red Agroclima FDF – INIA – DMC ([www.agroclima.cl](http://www.agroclima.cl)).

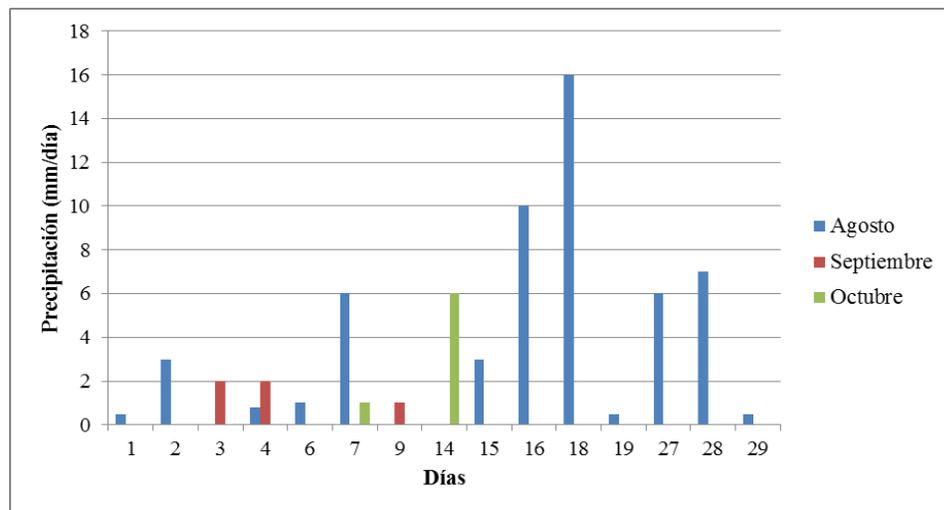


Figura 4. Precipitación diaria (mm) presentada durante el período agosto – octubre de 2011 (Pirque, Región Metropolitana).

### Temperaturas

Las temperaturas fueron en general favorables para el vuelo de las abejas a excepción del mes de agosto (Figura 5) donde aproximadamente 15 días se presentaron temperaturas máximas bajo los 13°C.

Los meses de septiembre y octubre (Figura 6) presentaron todos los días temperaturas favorables para el vuelo de las abejas lo que contrasta sin embargo con la velocidad del

viento observada que dificultó la actividad de las mismas. Los datos de temperatura fueron obtenidos de la estación agroclimática del centro AGRIMED de la Facultad.

Para hacer el registro de la actividad pecoreadora de las abejas se privilegiaron días cálidos y se logró que los días de mediciones no coincidieran con los días en que la temperatura máxima fue menor a 13°C para así tener un mejor conteo del número de abejas que pecoreaban en los árboles.

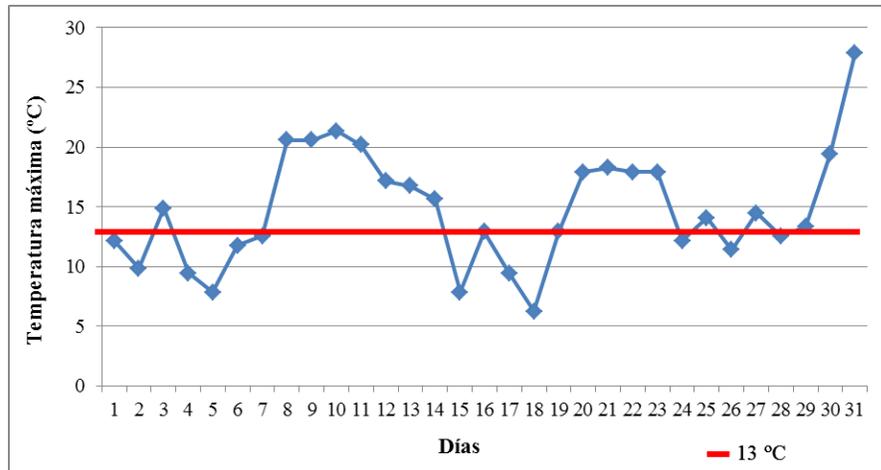


Figura 5. Temperatura máxima diaria (°C) presentada durante el mes de agosto de 2011 en el huerto frutal. La línea roja representa la temperatura mínima para el vuelo de *Apis mellifera* (Facultad de Cs. Agronómicas, Universidad de Chile).

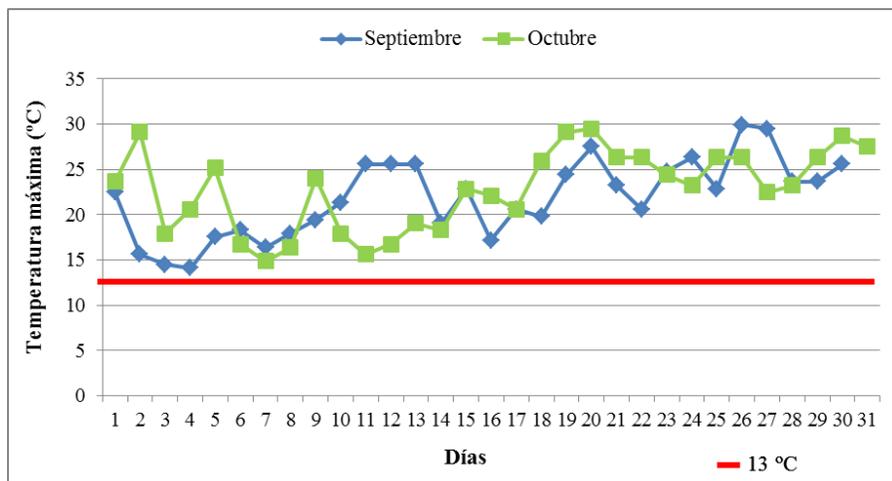


Figura 6. Temperatura máxima diaria (°C) presentada durante septiembre y octubre de 2011 en el huerto frutal. La línea roja representa la temperatura mínima para el vuelo de *Apis mellifera* (Facultad de Cs. Agronómicas, Universidad de Chile).

## Viento

La velocidad del viento fue el principal factor observado en terreno que incidió en la actividad pecoreadora de las abejas, por lo que también se llevó un registro durante el conteo de abejas de la hora y los días en que visualmente se observó dificultad de las mismas para volar. Los datos de la velocidad del viento fueron tomados de la estación meteorológica Pudahuel de la Dirección Meteorológica de Chile ([www.meteochile.gob.cl](http://www.meteochile.gob.cl)) ya que no fue posible disponer de datos más cercanos, como los correspondientes a la estación agroclimática INIA La Platina de la Red Agroclima FDF – INIA – DMC ([www.agroclima.cl](http://www.agroclima.cl)), por dificultades técnicas. Debido a la distancia geográfica entre Pudahuel y la Facultad de Ciencias Agronómicas debe tenerse en consideración que los datos podrían no ser exactos, sin embargo el registro visual llevado a cabo permitió comparar los datos de la estación con lo observado en terreno y llegar a la conclusión de que la mayoría de los días los datos de velocidad del viento son coincidentes con lo observado en el huerto, por lo que se utilizaron los datos señalados.

Durante el mes de agosto (Figura 7) no se presentaron en general vientos sobre los 24 Km/hr, a excepción de los días cercanos a fin de mes que coincidió con el período en que se comenzó el conteo y donde se presentaron velocidades entre los 20 y 23 Km/hr que igualmente afectaron la actividad de las abejas lo que coincide con lo observado en terreno donde disminuye el número de abejas pecoreadoras y generalmente a partir de las 16 hrs ya no se observaron abejas trabajando en el huerto.

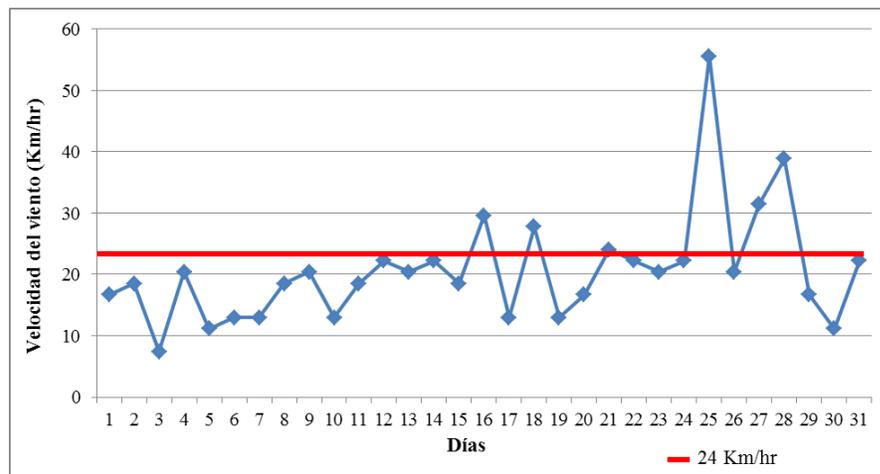


Figura 7. Velocidad del viento (Km/hr) durante el mes de agosto de 2011. La línea roja representa la máxima velocidad del viento para el vuelo de *Apis mellifera* (Pudahuel, Región Metropolitana).

El mes de septiembre (Figura 8), fue donde más se vio afectada la actividad de las abejas, situación coincidente además con la floración de la mayoría de las especies del huerto frutal. Se pudo observar, durante el conteo de este mes, la ausencia de abejas pecoreando en el

huerto a partir de las 14 o 16 hrs debido a los fuertes vientos presentados y que afectaron su capacidad de vuelo.

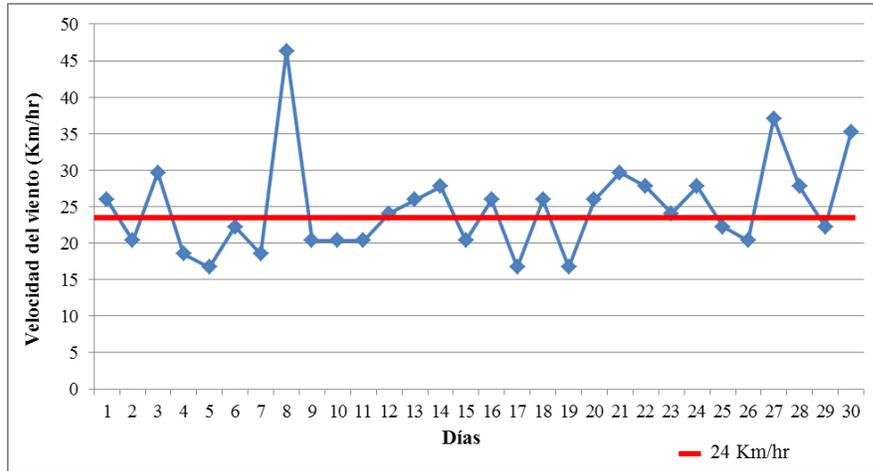


Figura 8. Velocidad del viento (Km/hr) durante el mes de septiembre de 2011. La línea roja representa la máxima velocidad del viento para el vuelo de *Apis mellifera* (Pudahuel, Región Metropolitana).

En octubre (Figura 9) casi todos los días presentaron una velocidad del viento mayor a 24 km/hr con dirección Sur y Sur-Oeste lo que coincidió con la floración de todas las especies cítricas. A pesar de la velocidad del viento, en las observaciones en terreno en el huerto no se vio afectada la actividad pecoreadora de las abejas lo que probablemente pudo deberse a la fuerte atractabilidad que ejercieron estas especies sobre las abejas comparado con las demás especies con disponibilidad de alimento en esa fecha.

Es importante mencionar que en terreno se observó poca separación entre los árboles e hileras, además de una alta densidad de ramas y hojas en los árboles lo que probablemente también pudo ejercer alguna condicionante que facilitó a las abejas el recorrido desde y hacia las colmenas ubicadas en dirección norte respecto a los árboles y el vuelo entre los mismos.

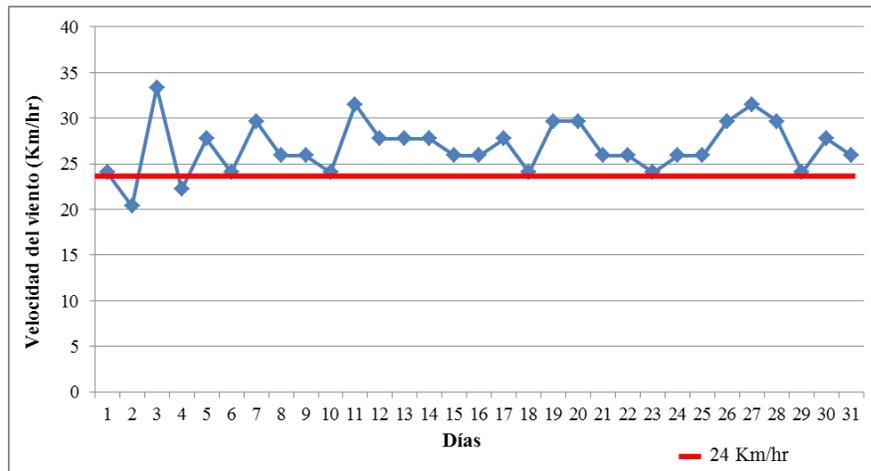


Figura 9. Velocidad del viento (Km/hr) durante el mes de octubre de 2011. La línea roja representa la máxima velocidad del viento para el vuelo de *Apis mellifera* (Pudahuel, Región Metropolitana).

### Atractabilidad de las especies y preferencia de *Apis mellifera*

#### Carozos

Dentro del grupo de los carozos (Figura 10) compuesto por damasco, almendro, cerezo, ciruelo japonés y europeo, tres cultivares fueron los que mostraron mayor atractabilidad sobre las abejas. El cultivar de ciruelo europeo D'Agen fue el que contó con el máximo número de visitas llegando a presentar en promedio hasta 12,67 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto junto con el damasco Dina quien presentó en promedio como máximo 12,33 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto. Dentro de los tres cultivares más visitados, el cerezo (cultivar Brooks) fue el que se caracterizó por ser el más constante con las visitas de las abejas a lo largo del día manteniéndose en promedio alrededor de las 9 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral. El cultivar menos visitado fue Angeleno (ciruelo japonés) que ejerció poca atractabilidad sobre las abejas debido a que su floración coincidió con la de otras especies más atractivas para *Apis mellifera*.

Los valores cero indican la ausencia de abejas pecoreadoras en los árboles debido principalmente a vientos cercanos o superiores a los 24 Km/hr que impidieron su vuelo los días en que se tomaron los datos.

Los durazneros, nectarín y el cultivar de ciruelo Larry Ann se dejaron fuera del análisis por las razones mencionadas anteriormente y los pocos datos que se pudieron obtener en terreno.

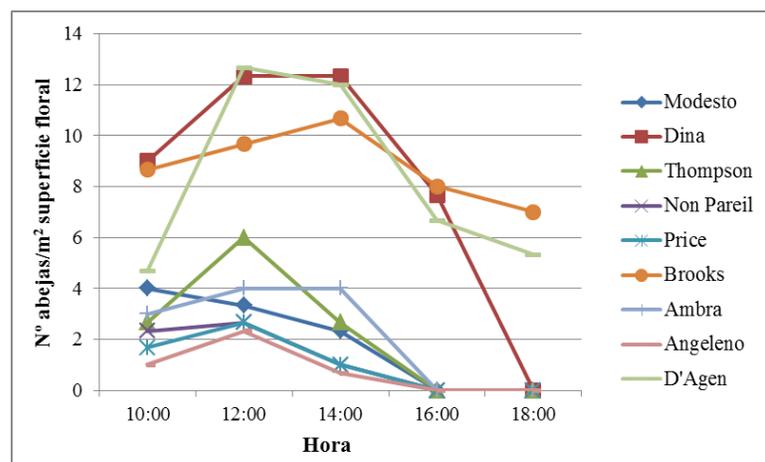


Figura 10. Promedio del total de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día, en distintos cultivares de damasco, almendro, cerezo y ciruelo.

#### Damasco (*Prunus armeniaca* L.)

El damasco (*Prunus armeniaca* L.) en el huerto de la Facultad de Ciencias Agronómicas cuenta con dos cultivares: Dina y Modesto. El cultivar Dina fue más precoz comenzando su floración el 12 de agosto a diferencia de Modesto que comenzó diez días después (Apéndice I) prolongándose, en ambos cultivares, hasta la quincena de septiembre. Los dos cultivares presentaron la mayor cantidad de visitas de abejas pecoreadoras entre las 10 y 14 hrs del día, así como su ausencia entre las 16 y 18 hrs debido principalmente a los fuertes vientos ocurridos los días de la toma de datos.

El cultivar más atractivo para *Apis mellifera* fue Dina (Figura 11) que presentó un promedio máximo de 12,33 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral a las 12 y 14 hrs, a diferencia de Modesto que tuvo como promedio máximo 4 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral a las 10 de la mañana con una leve disminución en el número de visitas a lo largo del día.

En ambos cultivares hubo una marcada preferencia por el pecoreo de polen (Figura 12), en el cultivar Modesto, de un promedio de 9,67 abejas/m<sup>2</sup>/min que visitaron este cultivar a lo largo del día, un 72,41% de las abejas prefirió la recolección de polen, a diferencia del cultivar Dina donde de un promedio de 41,33 abejas/m<sup>2</sup>/min que visitaron este cultivar a lo largo del día, un 71,77% de abejas prefirió el polen por sobre el néctar. La elevada preferencia por el polen del cultivar Dina se explica por ser una de las pocas especies que presentó floración en la fecha y por ende disponibilidad de polen para satisfacer la alta demanda de alimento de las colmenas a salidas del invierno y que en ese instante se encontraban en pleno desarrollo, ya que a la fecha de medición de este cultivar una de las colmenas tenía casi completa la cámara de cría con postura de huevos y la otra, se había alzado por estar completa y con falta de espacio para postura de la reina. La elevada

cantidad de huevos y larvas al interior de las colmenas indica un crecimiento de la cantidad de abejas obreras y por lo tanto pecoreadoras, y una alta demanda de polen para la fabricación del pan de abejas utilizado en la alimentación de la cría.

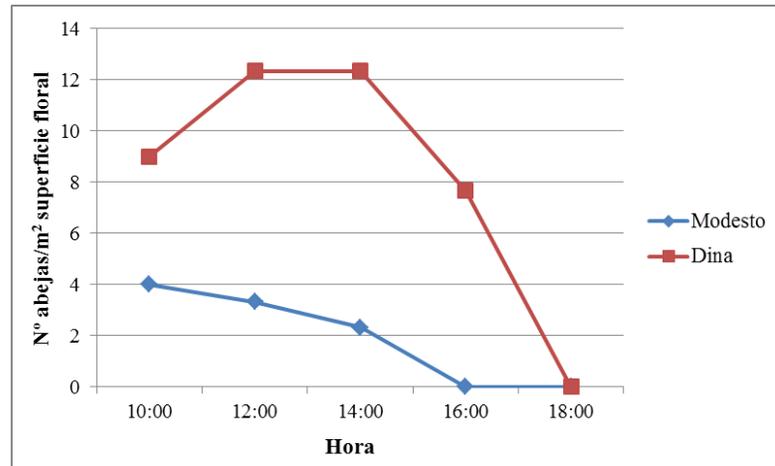


Figura 11. Promedio del total de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día en los cultivares de damasco Dina y Modesto.

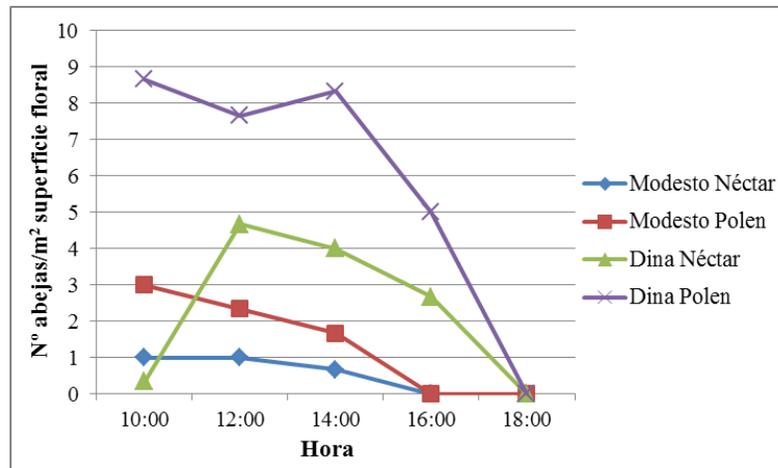


Figura 12. Promedio de las abejas que pecorean néctar y polen en los diferentes cultivares de damasco expresado en número de abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a lo largo del día.

La fuerte demanda de polen en ambos cultivares asegura el trabajo de las abejas en las anteras de las flores (Figura 13) y por ende una mayor posibilidad de lograr una polinización efectiva puesto que, al tener contacto directo con las anteras de las flores las vellosidades de

su cuerpo quedan cargadas de granos de polen que se traspasarán de flor en flor a medida que la abeja las vaya visitando.

La menor preferencia del cultivar Modesto puede deberse a su floración más tardía coincidente con los cultivares de almendro y el cultivar Ambra de ciruelo japonés ofreciendo a las abejas más alternativas de néctar y/o polen, tanto o más atractivo que el del cultivar Modesto, a la hora de realizar el pecoreo.



Figura 13. Abeja trabajando en las anteras de una flor del cultivar de damasco Dina. En la corbícula del tercer par de patas se observa la carga de polen pecoreado y en el abdomen las vellosidades impregnadas de granos de polen.

### **Almendro (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb)**

Existen tres variedades de almendro en el huerto: Thompson, Non Pareil y Price, los cuales presentaron una floración que se prolongó durante 3 a 4 semanas aproximadamente (Apéndice I) con leves diferencias en el inicio y término entre los cultivares. El pecoreo duró sólo 13 días para todos los cultivares, de los cuales Thompson resultó ser el más atractivo para *Apis mellifera* presentando la mayor cantidad de visitas (promedio máximo de 6 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto) a las 12 hrs, seguido por los otros cultivares que tuvieron mayor actividad entre las 10 y 12 hrs del día (Figura 14). Entre las 16 y 18 hrs no se registraron abejas pecoreando en los árboles debido principalmente al fuerte viento que dificultó su vuelo.

Los tres cultivares presentan diferencias en cuanto al tipo de pecoreo y la hora del día en que este se efectuó. En la figura 15 se puede apreciar una leve preferencia de néctar en Thompson al medio día y cómo el pecoreo de polen y néctar es similar en el resto del día lo que se visualiza también en el cultivar Price, sin embargo éste alterna la preferencia de polen y néctar a lo largo del día al igual que el cultivar Non Pareil destacando estos dos últimos cultivares por una mayor utilización para el pecoreo de polen. En el cultivar Non Pareil, de un promedio de 6 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día un 61,11% prefirió la recolección de polen. En el cultivar Price, de un promedio de 5,33 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día un 62,5% prefirió el polen por sobre el néctar, lo que difiere del estudio de Montenegro *et al.* (2010) que atribuyen el uso apícola del almendro principalmente al pecoreo de néctar. Sólo en el cultivar Thompson el pecoreo de polen y néctar fue más parejo y de un promedio de 11,33 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día, sólo un 47,06% de las abejas prefirió el polen, el resto se dedicó al pecoreo de néctar.

El análisis de la figura 15 hace suponer que las flores de almendro presentan una mayor cantidad de secreción de néctar alrededor del medio día lo que sumado a la floración temprana de esta especie y la poca disponibilidad de otras flores productoras de néctar en el sector provocarían la mayor preferencia de *Apis mellifera* por este producto en ese horario. Se observa que el consumo de polen tiene su preferencia dentro de la mañana pero va disminuyendo lentamente hacia el final del día en todos los cultivares.

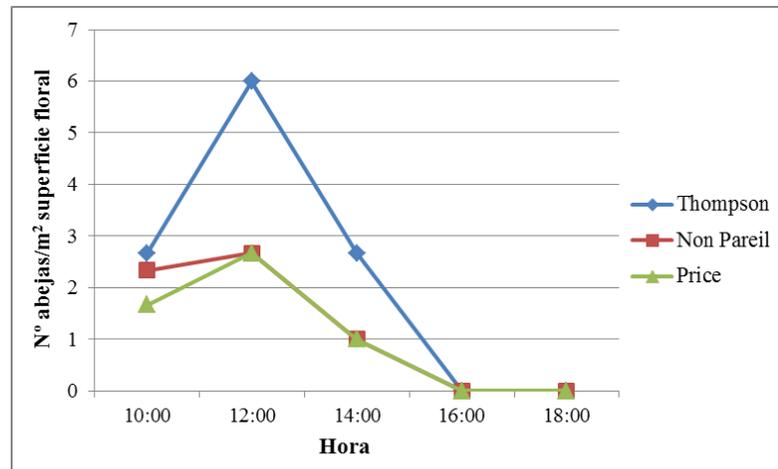


Figura 14. Promedio del total de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día en los diferentes cultivares de almendro.

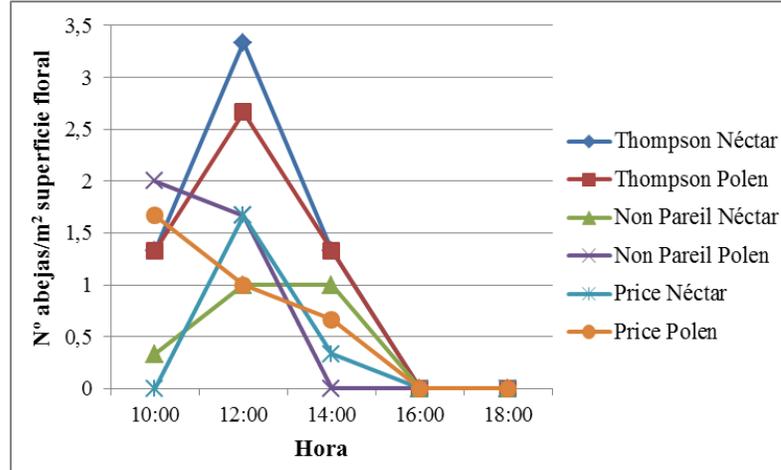


Figura 15. Promedio de las abejas que pecorean néctar y polen en los diferentes cultivares de almendro expresado en número de abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a lo largo del día.

### Cerezo (*Prunus avium* L.)

El cultivar Brooks es el único cultivar de cerezo existente en el huerto frutal, tuvo una floración aproximada de tres semanas donde las abejas pecorearon sus flores alrededor de 18 días (Apéndice I) y se caracterizó por ser una de las especies más pecoreadas dentro del huerto y la más constante en cuanto al número de visitas durante el día manteniéndose siempre alrededor del promedio de 9 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto (Figura 16).

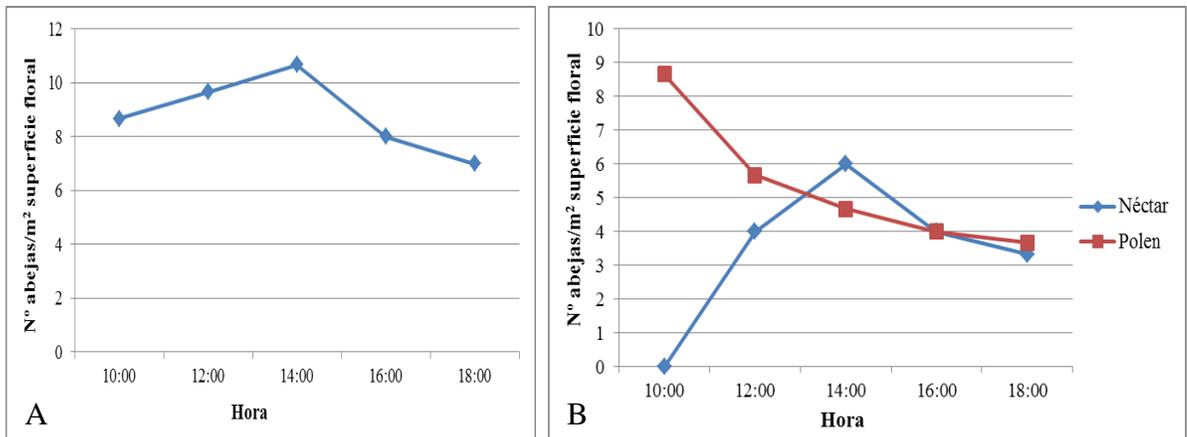


Figura 16. A: promedio del total de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día. B: promedio de abejas que pecorean néctar y polen en cerezo, expresado en número de abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral, por minuto a lo largo del día.

El consumo de polen y néctar varía a lo largo del día comenzando con un fuerte pecoreo del polen (promedio de 8,67 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral) en la mañana el cual disminuye hasta igualarse con el de néctar alrededor de las 14 hrs en adelante, presentando una leve preferencia por el néctar a las 14 hrs. Se obtuvo que, de un promedio de 44 abejas/m<sup>2</sup>/min que visitaron este cultivar a lo largo del día un 60,61% de las abejas prefirió la recolección de polen por sobre el néctar. Los resultados de este estudio difieren un poco con los de Montenegro *et al.* (2010) quienes atribuyen el uso apícola del cerezo principalmente al pecoreo de néctar sin embargo, en posteriores estudios, Montenegro (2012) señala que si bien el uso apícola del cerezo es principalmente para el pecoreo de néctar y, su polen no es muy apetecido por las abejas, cuando la colmena es enfrentada a un cultivo de cerezo para ser polinizado el polen alcanza porcentajes dominantes.

### **Ciruelos: japonés (*Prunus salicina* Lindl.) y europeo (*Prunus domestica* L.)**

Los cultivares Ambra y Angeleno representan al ciruelo japonés, el que floreció desde la última semana de Agosto hasta pasado la quincena de Septiembre (Apéndice I). Ambra fue el cultivar más precoz presentando un mayor período de pecoreo que Angeleno, y a su vez fue el segundo cultivar de ciruelo preferido por las abejas presentando un promedio máximo de hasta 4 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto (Figura 17). El primero es el ciruelo europeo cv. D'Agen de floración más tardía (desde la quincena de septiembre hasta la quincena de octubre aproximadamente) que presentó una notoria diferencia respecto a los otros dos cultivares en cuanto al número de abejas que visitaron sus flores alcanzando un promedio máximo de 12,67 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto.

La notoria preferencia de *Apis mellifera* por el cultivar D'Agen se debe principalmente a la alta cantidad de néctar secretado que se deduce por el número de abejas pecoreadoras que visitaron las flores para su recolección durante todo el día (Figura 18) llegando a las 9,67 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto al medio día y donde se obtuvo que, de un promedio de 41,33 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día, un 75% de las abejas prefirió la recolección de néctar, lo que también coincide con los estudios de Montenegro *et al.* (2010) que atribuyen el uso apícola del ciruelo europeo a la recolección de néctar.

En los cultivares de ciruelo japonés predominó una recolección pareja de polen durante la mañana hasta las 14 hrs destacando el cultivar Ambra por sobre Angeleno, con la ausencia de abejas a partir de las 16 hrs debido a los fuertes vientos presentados los días de la toma de datos (Figura 18). Se obtuvo que, en Ambra de un promedio de 11 abejas/m<sup>2</sup>/min que visitaron este cultivar a lo largo del día un 75,76% prefirió la recolección de polen, y en el cultivar Angeleno, de un promedio de 4 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día un 58,33% de abejas prefirió el polen por sobre el néctar.

El aumento de la temperatura promedio diaria durante el mes de septiembre también benefició el mayor pecoreo tanto de néctar como de polen por parte de las abejas, ya que hay mejores condiciones ambientales para el vuelo, además del mayor número de abejas pecoreadoras disponibles a partir de la quincena de septiembre provenientes de la postura de

huevos de principios de agosto.

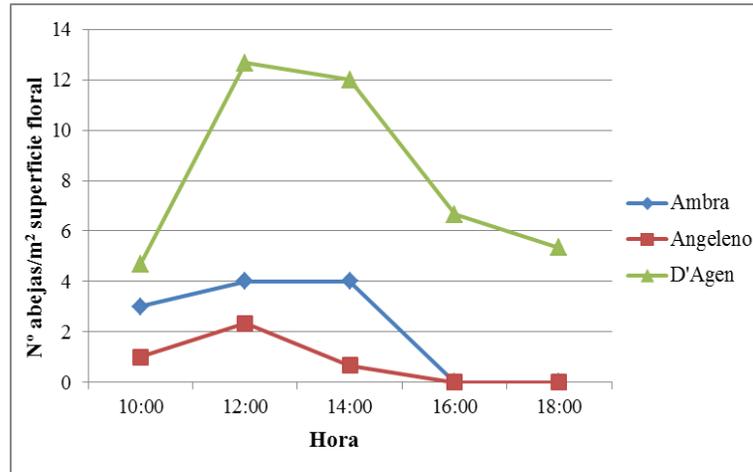


Figura 17. Promedio del total de de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día en los diferentes cultivares de ciruelo.

El mayor pecoreo de néctar en el cv. D'Agen coincide con la fecha en la que se detecta mayor contenido de néctar en las colmenas (a partir del 18 de septiembre), ya que los datos se tomaron cuando presentó el 50% de floración, alrededor del 21 de septiembre. La preferencia también puede deberse a que probablemente este cultivar era, dentro del huerto, uno de los pocos que ofrecía un néctar atractivo y abundante para las abejas en comparación a las otras especies que se encontraban en floración en la misma fecha (cerezo, perales y manzanos).

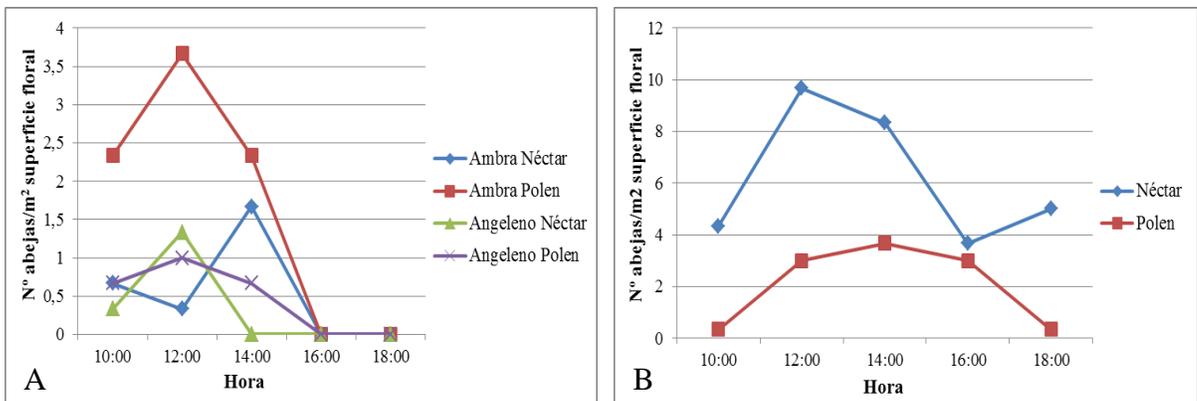


Figura 18. Promedio de las abejas que pecorean néctar y polen expresado en número de abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a lo largo del día. A: en los cultivares de ciruelo japonés. B: en ciruelo europeo cv. D'Agen.

## Pomáceas

En el grupo de las pomáceas compuesto por manzanos y perales (Figura 19), el cultivar que más destaca por su preferencia en las visitas de abejas es el peral Packham's Triumph entre las 10 y 12 hrs del día, seguido de cerca por el manzano Granny Smith que presenta la mayor actividad a las 14 hrs.

A pesar de que este grupo se encuentra representado por una menor cantidad de árboles en el huerto, presentó una gran cantidad de visitas manteniéndose aproximadamente entre las 4 y 12 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a lo largo del día, a diferencia de la mayoría de los cultivares del grupo de carozos que presentaron aproximadamente entre 0 y 4 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto durante el día.

La mayor preferencia por el grupo de las pomáceas puede deberse a varios factores, entre ellos su floración más tardía (alrededor del 20 de septiembre) y su variada oferta tanto de néctar como de polen destacando una mayor disponibilidad de néctar respecto de los cultivares de carozos que fueron pecoreados principalmente por su polen. La oferta de néctar de las pomáceas coincide con la fecha (18 de septiembre) a partir de la cual se detecta su presencia al interior de las colmenas. También se debe considerar que por la fecha ya había un importante número de abejas nacidas en ambas colmenas lo que aumenta el número de pecoreadoras tanto de néctar como de polen que salen a trabajar.

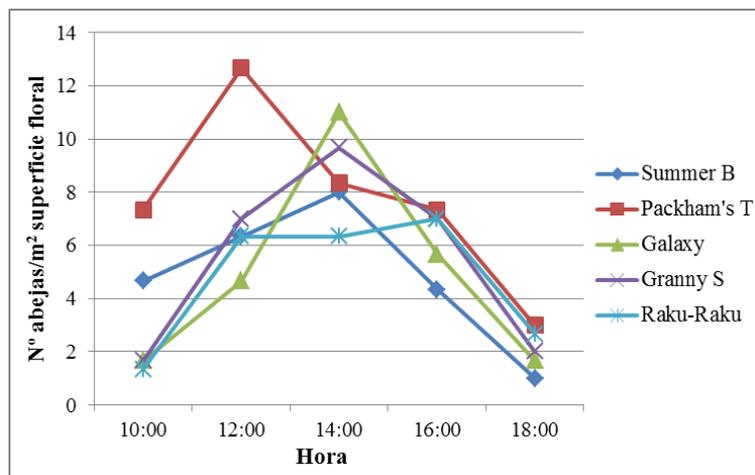


Figura 19. Promedio del total de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día en distintos cultivares de manzanos y perales.

### Peral (*Pyrus communis* L.)

Los perales representados por los cultivares Summer Bartlett y Packham's Triumph, presentaron una floración de 18 días desde el 18 de septiembre hasta el 5 de octubre de 2011 (Apéndice I). El mayor número de visitas se presentó a las 12 hrs en Packham's Triumph con un promedio de 12,67 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto y a las 14 hrs en Summer Bartlett con un promedio de 8 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto.

El cultivar preferido para el pecoreo por *Apis mellifera* fue Packham's Triumph (Figura 20). En terreno fue fácilmente observable la diferencia en la cantidad de abejas entre los dos cultivares en los distintos horarios, visualmente siempre hubo más abejas trabajando en el cultivar Packham's Triumph pese a que ambos cultivares están plantados juntos, florecieron en la misma fecha, estuvieron sometidos a las mismas condiciones climáticas y se tomaron los datos en los mismos días.

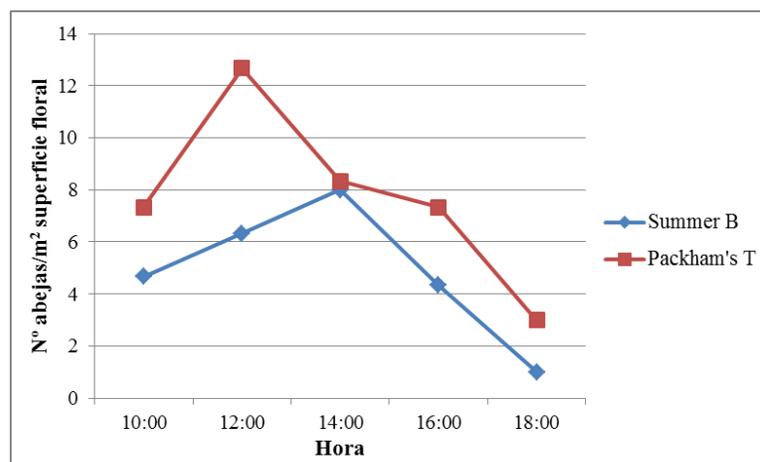


Figura 20. Promedio del total de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día en los diferentes cultivares de peral.

En este estudio las abejas mostraron una mayor preferencia por el pecoreo de polen en ambos cultivares siempre destacando el peral Packham's Triumph (Figura 21) lo que coincide con el estudio de Estay (2012) pero difiere de los estudios de Montenegro *et al.* (2010) y Montenegro (2012) que atribuyen el uso apícola del peral al pecoreo de néctar. Se obtuvo que en el cultivar Packham's Triumph, de un promedio de 38,67 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día, un 79,31% de las abejas prefirió la recolección de polen, a diferencia del cultivar Summer Bartlett donde de un promedio de 24,33 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día un 73,97% de abejas prefirió el polen por sobre el néctar.

La floración de perales coincide con el período de floración de ciruelo europeo y manzanos que fueron pecoreados preferentemente por su néctar y con la floración de cerezos donde el néctar y el polen fueron pecoreados casi en la misma cantidad lo que puede explicar en parte

la preferencia por el polen en ambos cultivares puesto que, dentro del huerto frutal, era prácticamente la única especie con oferta de polen atractivo para las abejas y no se debe olvidar que las colmenas en este período continúan en pleno crecimiento y por lo tanto siguen necesitando del mismo para la alimentación de las larvas.

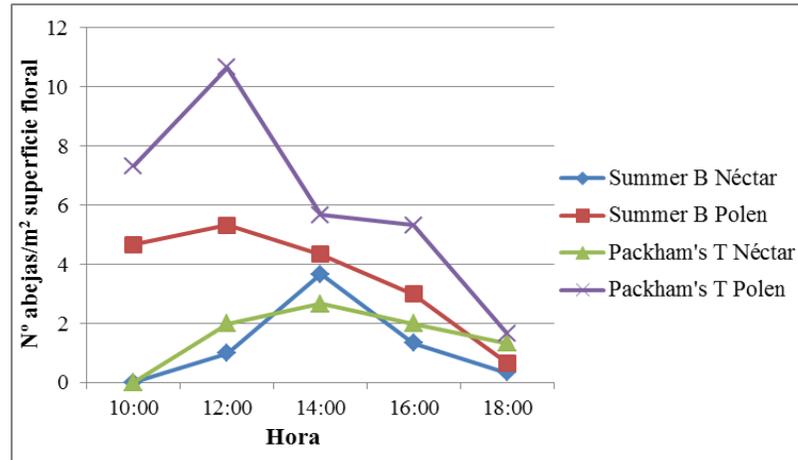


Figura 21. Promedio de las abejas que pecorean néctar y polen en los diferentes cultivares de peral expresado en número de abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a lo largo del día.

La notoria preferencia de *Apis mellifera* por el cv. Packham's Triumph respecto de Summer Bartlett puede deberse a una mayor producción de polen y probablemente a que este cultivar posee para las abejas un aroma más atractivo, mejor sabor y/o contenido nutricional. Sharifani y Jackson (2004) estudiaron la producción de polen y midieron el contenido de antocianos de distintas especies y cultivares del género *Pyrus* llegando a la conclusión que Packham's Triumph, dentro de los cultivares del estudio, era el que producía mayor cantidad de polen (74 mg/50 flores) comparado con el resto ( $\leq 60$  mg/50 flores) y una gran cantidad de antocianos. Los autores sugieren que las distintas concentraciones de antocianos (sin especificar el tipo de antociano) en las diferentes flores de perales pueden ejercer diferencias en la atracción de los polinizadores y que se necesitan más estudios para establecer la posible importancia de los mismos como una señal de color para los polinizadores al interior de la flor. En terreno, se observó una mayor intensidad de color rojo y un mayor tamaño en las anteras de las flores de Packham's Triumph (Figura 22) al igual que el estudio de estos autores lo que podría explicar la notoria preferencia de las abejas por este cultivar.



Figura 22. A: flor del cultivar Packham's Triumph. B: flor del cultivar Summer Bartlett.

### **Manzano (*Malus x domestica* Borkh)**

Los manzanos presentaron una floración desde la quincena de septiembre hasta la quincena de octubre aproximadamente (Apéndice I), coincidente con la floración de perales, cerezo y ciruelo europeo. Entre las 12 y 16 hrs recibieron la mayor cantidad de visitas de abejas, con un peak a las 14 hrs donde destacan los cultivares Granny Smith y Galaxy con aproximadamente un total de 10 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto (Figura 23).

Lo más notorio en esta especie es el pecoreo de néctar principalmente entre las 12 y 16 hrs, con un peak a las 14 hrs en el cultivar Galaxy que presentó en promedio 10,33 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto (Figura 24) y a las 16 hrs en el cultivar Raku-Raku con un promedio de 7 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto. El consumo de polen no sobrepasa las 2 abejas/m<sup>2</sup> a excepción de Granny Smith a las 14 hrs con un promedio de 3,33 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto. Esta especie junto con el ciruelo europeo D'Agen, son las únicas que a partir de la quincena de septiembre sobresalieron por el pecoreo de néctar, coincidiendo como se mencionó anteriormente, con la fecha de aparición de néctar en el interior de las colmenas y con los estudios de Montenegro *et al.* (2010) y Montenegro (2012) que atribuyen el uso apícola del manzano al pecoreo principalmente de néctar. Se obtuvo que en el cultivar Galaxy de un promedio de 24,67 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día, un 89,19% de las abejas prefirió la recolección de néctar. En Granny Smith, de un promedio de 27,33 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día, un 71,95% de las abejas prefirió el néctar y en el cultivar Raku-Raku, de un promedio de 23,67 abejas/m<sup>2</sup>/min que lo visitaron a lo largo del día, un 94,37% de las abejas prefirió la recolección de néctar por sobre la de polen.

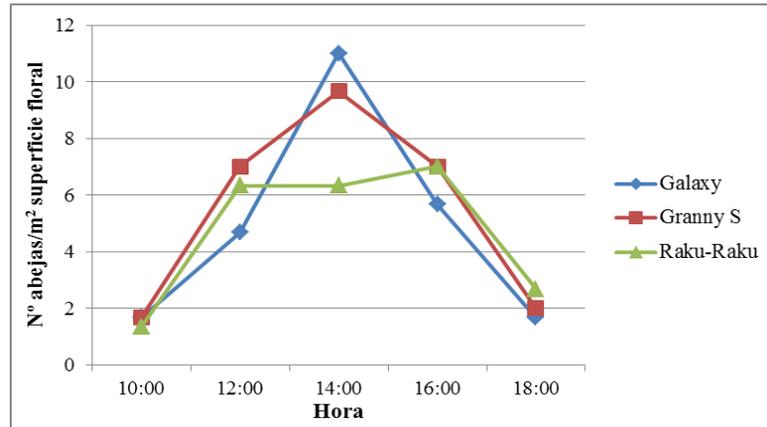


Figura 23. Promedio del total de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día en los diferentes cultivares de manzano.

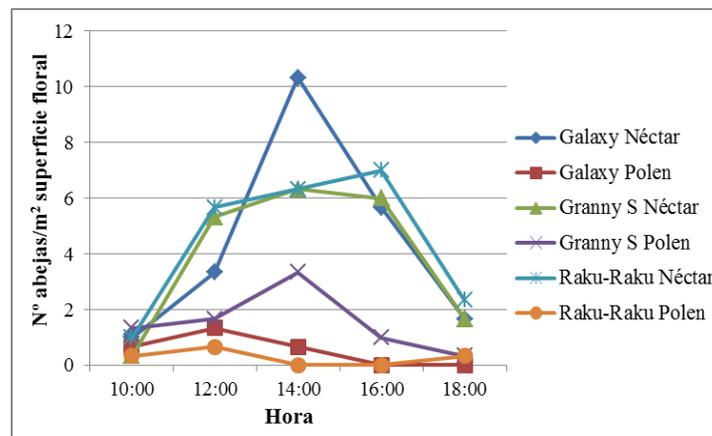


Figura 24. Promedio de las abejas que pecorean néctar y polen en los diferentes cultivares de manzano expresado en número de abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a lo largo del día.

## Cítricos

Los cítricos presentaron una floración y pecoreo de aproximadamente 45 días, desde fines de septiembre hasta más menos la quincena de noviembre (Apéndice II), donde sólo se observó recolección de néctar por parte de las abejas. Destacan por ser las especies del huerto que presentaron la mayor cantidad de visitas a lo largo de todo el día llegando en promedio desde las 8,67 abejas/m<sup>2</sup> hasta las 23 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto durante el día (Figura 25).

De los mandarinos (*Citrus reticulata* Blanco) el cultivar Nour destaca por la mayor

preferencia presentando como promedio máximo 23 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a las 14 hrs, a diferencia del cv. Oro Grande que presentó un promedio máximo de 16,67 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a las 12 hrs.

En los naranjos (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) el cultivar Spring Navel resultó ser el preferido para el pecoreo de néctar con un promedio máximo de 23 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a las 16 hrs, seguido de Parent Washington con 19 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a las 12 hrs como promedio máximo, y Lane Late quien presentó la menor preferencia (promedio máximo de 14,33 abejas/m<sup>2</sup> de superficie floral por minuto a las 12 hrs) pero se mantuvo constante a lo largo del día en el número de visitas.

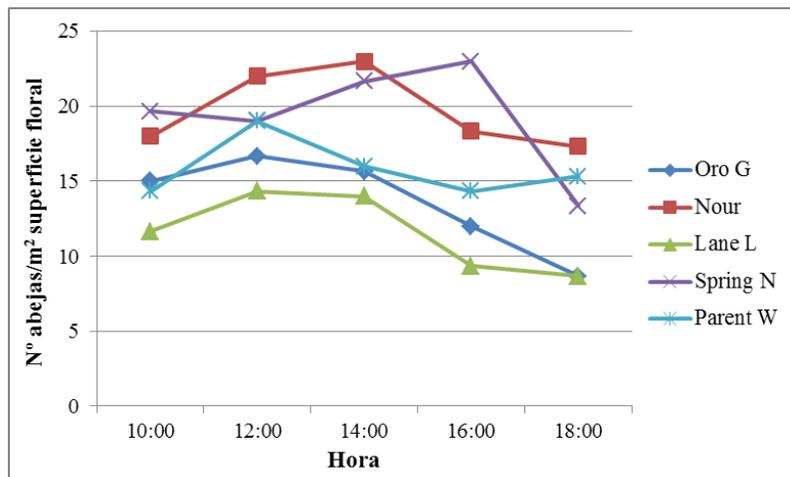


Figura 25. Promedio del total de abejas por metro cuadrado de superficie floral por minuto durante el día que pecorearon néctar en los distintos cultivares de mandarino y naranjo.

También la observación de las flores a lo largo del día permitió constatar la rápida secreción de néctar que éstas presentaban facilitando así su pecoreo (Figura 26). Es de considerar que dentro del huerto en esa fecha eran las únicas especies con flores y en el sector probablemente hayan sido un aporte no menor al néctar acumulado en el interior de las colmenas lo que coincide con la alta población de abejas presente en ellas a principios de octubre.



Figura 26. Néctar secretado por flores de naranjo.

### Palinoteca de referencia

La preparación de la palinoteca presentó problemas en cuanto a que el método sugerido por la bibliografía (Acetólisis) para el tratamiento y preparación del polen no resultó ser el más adecuado y no permitió ver el detalle de la exina, que es una de las características principales para diferenciar entre las especies de frutales en un grano de polen, por lo que hubo que probar otros métodos hasta encontrar uno que permitiera visualizar con detalle las características del polen.

Primero se intentó visualizar el polen al microscopio con el método de acetólisis de Erdtman pero no resultó ya que al montar las muestras y llevarlas al microscopio óptico se constató que casi la totalidad de los granos de polen fueron destruidos imposibilitando totalmente su análisis lo que pudo deberse a un problema de tiempo en la utilización de los reactivos y/o giro de la centrífuga. Como segunda opción se utilizó el método de Sáenz (1978) sin embargo, cuando se observó el polen en el microscopio óptico se constató que este tratamiento tampoco dio resultados puesto que el bálsamo al impregnar los granos de polen no dejó ver con nitidez la exina (Figura 27). Finalmente, el método que dio mejores resultados para la visualización de la exina fue espolvorear el polen de las flores directo en el portaobjeto y cubrirlo con cinta adhesiva, esto permitió ver con gran detalle la ornamentación además de apreciar el color natural que poseen facilitando el análisis de los granos de polen.

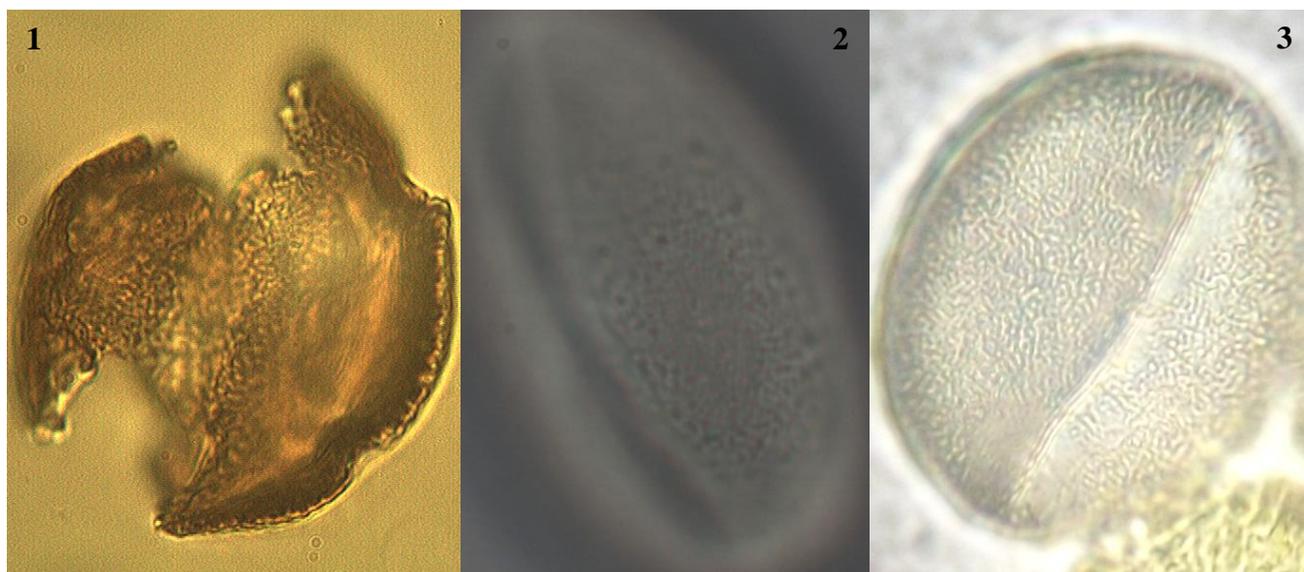


Figura 27. Polen de damasco. (1) Con el método de acetólisis de Erdtman, (2) con el método de Sáenz y (3) con cinta adhesiva.

### **Caracterización y tipificación botánica del polen del huerto frutal**

Los granos de polen de las especies investigadas en este estudio varían de tamaño mediano a grande, todos son radiosimétricos, isopolares y poseen ambitum triangular. La longitud promedio del eje polar varía desde 30,81  $\mu\text{m}$  en mandarinos hasta 68,99  $\mu\text{m}$  en nectarino. El promedio del diámetro ecuatorial varía desde 24,41  $\mu\text{m}$  en peral hasta 41,63  $\mu\text{m}$  en duraznero. La forma de los granos de polen es principalmente prolada excepto en cítricos (subprolada) y peral del cultivar Packham's Triumph (perprolada). El promedio de la razón P/E varía desde 1,14 en mandarino hasta 2,0 en peral.

Respecto a la escultura de la exina, las ornamentaciones son en su mayoría estriadas en las especies pertenecientes a la familia Rosaceae, variando en algunas ocasiones a rugulado-estriada o reticulado-estriada y, reticulada en las especies cítricas pertenecientes a la familia Rutaceae. Las estrias son largas en la mayoría de las especies estudiadas pero varían en grosor y orientación.

### **Carozos**

Los granos de polen de este grupo destacan principalmente por su tamaño grande determinado por el eje polar que varía en promedio de 50,66  $\mu\text{m}$  en cerezo a 68,99  $\mu\text{m}$  en nectarino (Apéndice III). Son todos isopolares, radiosimétricos y forma prolada, tricolpados o tricolporados con ornamentación principalmente estriada.

### Tipo *Prunus armeniaca*

La morfología de los granos de polen examinados indica que son de tamaño grande, con ambos polos iguales, simetría radial, ambitum triangular y forma prolada. Poseen una longitud promedio del eje polar que varía de 59,59  $\mu\text{m}$  (cv. Modesto) a 60,27  $\mu\text{m}$  (cv. Dina), y un diámetro ecuatorial promedio que oscila entre 32,25  $\mu\text{m}$  (cv. Dina) y 32,45  $\mu\text{m}$  (cv. Modesto). La razón P/E tiene un promedio que va de 1,84 (cv. Modesto) a 1,87 (cv. Dina). Posee, como la mayoría de las especies pertenecientes a la familia Rosaceae, tres aperturas de tipo colporado en posición ecuatorial (Foto 2, Apéndice VII). El grosor promedio de la exina se encuentra entre 0,49  $\mu\text{m}$  (Modesto) a 0,52  $\mu\text{m}$  (Dina) y posee ornamentación rugulada-estriada. El patrón de la exina es bastante irregular, en ocasiones aparece con estrías muy finas y apenas perceptibles, relativamente largas y paralelas a los colpos; en otras, la exina se aprecia más rugulada con estrías un poco más gruesas y mucho más cortas, bastante bifurcadas y curvadas dispuestas de manera irregular y en distintas direcciones sobre la superficie del grano (Figura 28). La longitud de los colpos abarca prácticamente todo el grano.

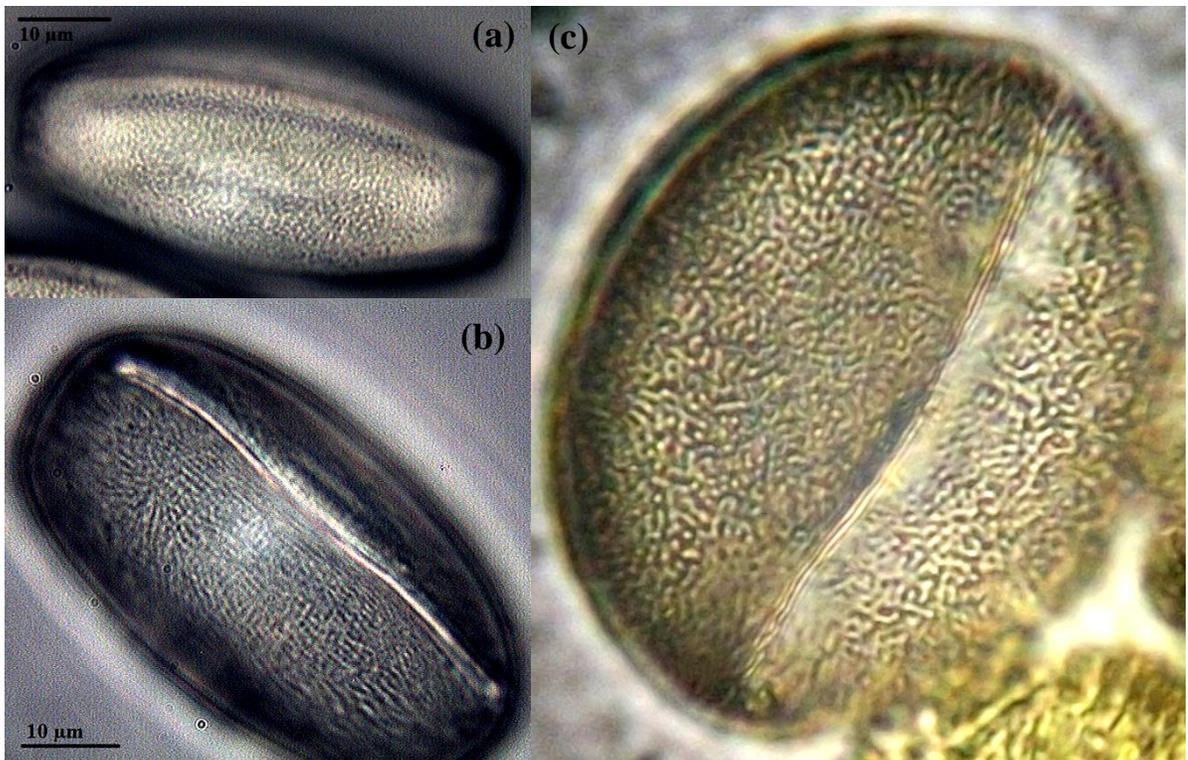


Figura 28. Granos de polen de *Prunus armeniaca* en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x). Cultivares (a) Modesto, (b) Dina y (c) detalle de la exina del cultivar Dina.

### Tipo *Prunus dulcis*

Todos los granos de polen examinados son de tamaño grande, con ambos polos iguales, simetría radial, ambitum triangular y forma prolada. La longitud promedio del eje polar varía de 57,88  $\mu\text{m}$  (cv. Non Pareil) a 66,72  $\mu\text{m}$  (cv. Price). El diámetro ecuatorial promedio oscila entre 35,02  $\mu\text{m}$  (cv. Price) y 38,9  $\mu\text{m}$  (cv. Non Pareil). La razón P/E tiene un promedio que va de 1,5 (cv. Non Pareil) a 1,91 (cv. Price). Posee tres aperturas de tipo colporado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina se encuentra entre 0,66  $\mu\text{m}$  (cv. Thompson) y 0,72  $\mu\text{m}$  (cv. Price) y posee ornamentación estriada. El patrón de la exina es bastante uniforme, las estrías son largas, medianamente gruesas, se bifurcan en ocasiones y se encuentran paralelas a lo largo de los colpos los cuales abarcan prácticamente toda la longitud del grano (Figura 29).



Figura 29. Granos de polen de *Prunus dulcis* en vista ecuatorial al microscopio óptico. Cultivares (a) Thompson (400x), (b) Price y (c) Non Pareil (1.000x).

### Tipo *Prunus avium*

Todos los granos de polen examinados son de tamaño grande, con ambos polos iguales, simetría radial y forma prolada. La longitud promedio del eje polar es 50,66  $\mu\text{m}$  y el diámetro ecuatorial promedio 27,63  $\mu\text{m}$ . La razón P/E tiene un promedio de 1,84. Posee tres aperturas de tipo colpado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina es de 0,54  $\mu\text{m}$  y posee ornamentación estriada. El patrón de la exina es uniforme con estrías largas y muy finas que aparecen en ocasiones paralelas y en otras inclinadas respecto a los colpos los cuales abarcan prácticamente toda la longitud del grano (Figura 30).



Figura 30. Granos de polen de *Prunus avium*, cultivar Brooks en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x).

### Tipo *Prunus persica*

Las muestras examinadas son de tamaño grande, con ambos polos iguales, simetría radial, ambitum triangular y forma prolada. Poseen una longitud promedio del eje polar que varía de 64,02  $\mu\text{m}$  (cv. Hesse) a 68,92  $\mu\text{m}$  (cv. Andross), y un diámetro ecuatorial promedio que oscila entre 36,47  $\mu\text{m}$  (cv. Hesse) y 41,63  $\mu\text{m}$  (cv. Everts). La razón P/E tiene un promedio que va de 1,63 (cv. Everts) a 1,81 (cv. Andross). Posee tres aperturas de tipo colporado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina se encuentra entre 0,52 (cv. Royal Glory) y 0,57  $\mu\text{m}$  (cv. Hesse y Loadell) y posee ornamentación estriada. El patrón de la exina es más irregular que en el caso de *Prunus dulcis* con estrías largas y más finas que este último, a menudo ondeadas y/o curvadas apareciendo en algunas ocasiones paralelas y

en otras perpendiculares a los colpos los cuales abarcan prácticamente toda la longitud del grano. Las estrías se bifurcan y/o unen a menudo en las curvas y ondas (Figura 31).

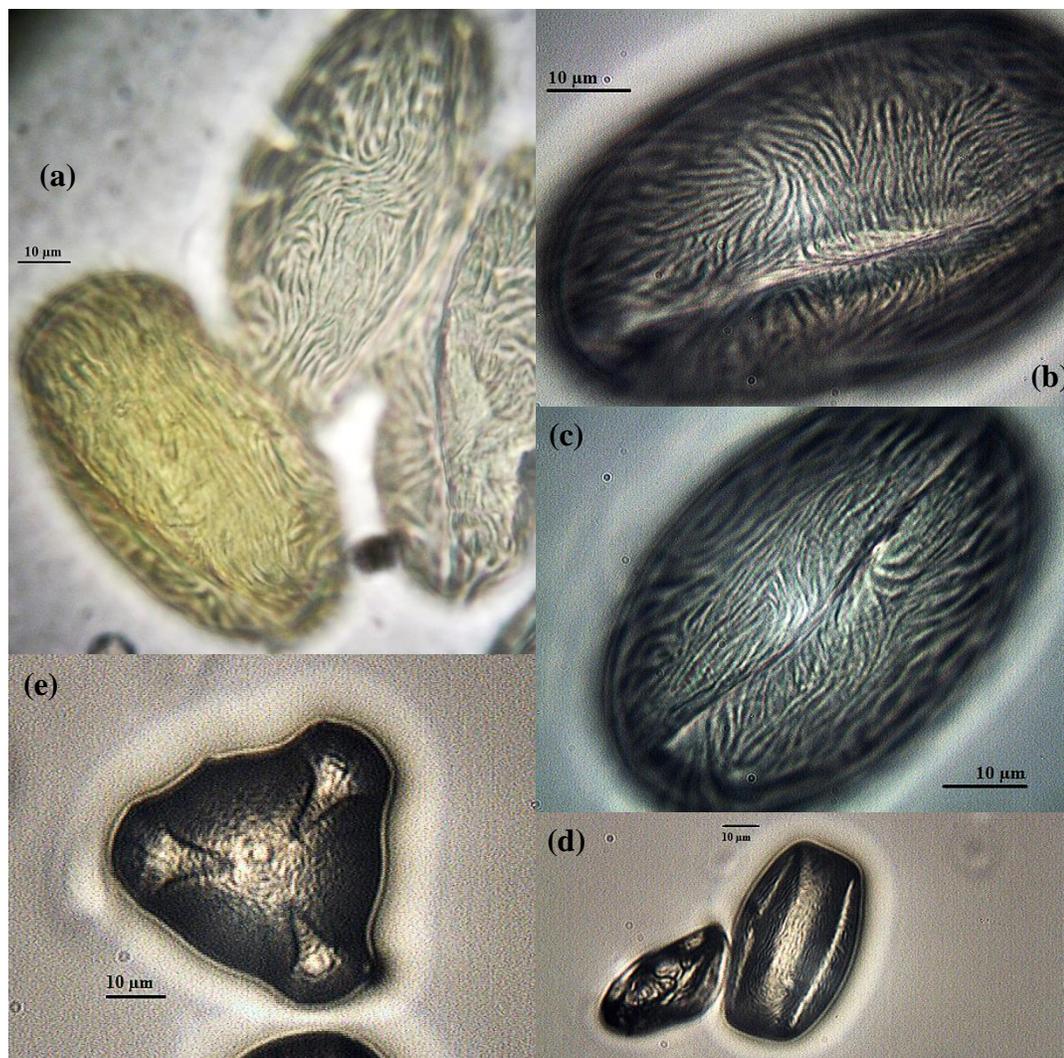


Figura 31. Granos de polen de *Prunus persica* en microscopio óptico. Cultivares (a) Royal Glory (1.000x), (b) Everts (1.000x), (c) Hesse (1.000x), (d) Loadell (400x) en vista ecuatorial y (e) Andross (400x) en vista polar.

### Tipo *Prunus persica* var. *nucipersica*

Todos los granos de polen examinados son de tamaño grande, con ambos polos iguales, simetría radial, ambitum triangular y forma prolada. La longitud promedio del eje polar es 68,99  $\mu\text{m}$  y el diámetro ecuatorial promedio 36,89  $\mu\text{m}$ . La razón P/E tiene un promedio de 1,87. Posee tres aperturas de tipo colpado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina es de 0,59  $\mu\text{m}$  y posee ornamentación reticulado-estriada. El patrón de la exina es uniforme, finamente reticulado entre las estrías, que son largas y muy finas en comparación a *Prunus persica*, paralelas y ondeadas en relación a los colpos los cuales abarcan prácticamente toda la longitud del grano (Figura 32).

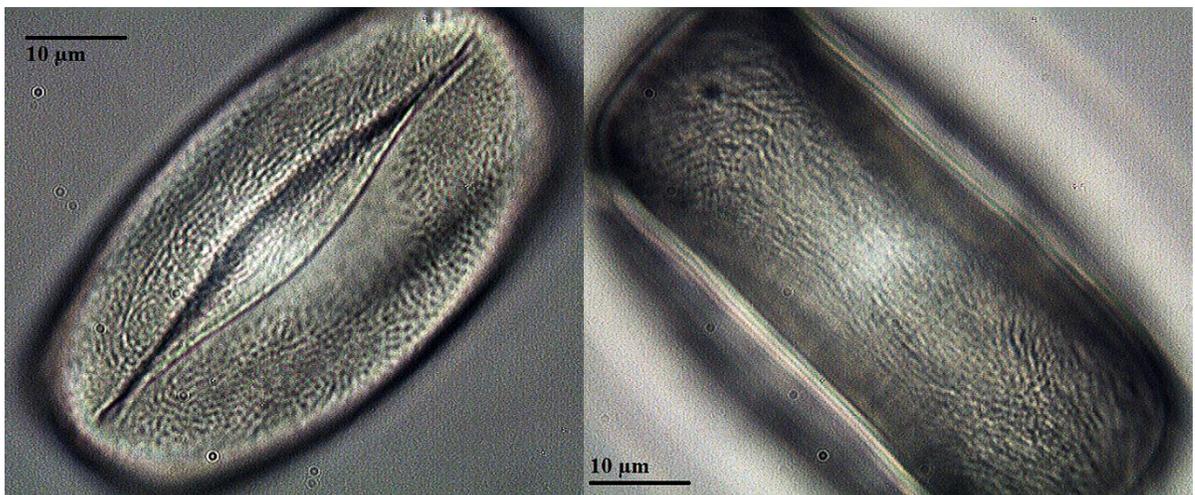


Figura 32. Granos de polen de *Prunus persica* var. *nucipersica*, cultivar Venus en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x).

### Tipo *Prunus salicina*

Las muestras examinadas son de tamaño mediano, con ambos polos iguales, simetría radial, ambitum triangular y forma prolada. Poseen una longitud promedio del eje polar que varía de 47,29  $\mu\text{m}$  (cv. Ambra) a 49,03  $\mu\text{m}$  (cv. Larry Anne), y un diámetro ecuatorial promedio que oscila entre 25,36  $\mu\text{m}$  (cv. Angeleno) y 27,9  $\mu\text{m}$  (cv. Larry Anne). La razón P/E tiene un promedio que va de 1,76 (cv. Larry Anne) a 1,93 (cv. Angeleno). Posee tres aperturas de tipo colpado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina se encuentra entre 0,52  $\mu\text{m}$  (cv. Ambra) y 0,57  $\mu\text{m}$  (cv. Larry Anne) y posee ornamentación reticulado-estriada. El patrón de la exina es muy similar al de *Prunus avium*, uniforme, finamente reticulado entre las estrías que son largas y muy finas y aparecen en la mayoría de las ocasiones paralelas a los colpos, en otras inclinadas respecto a estos (Figura 33). Los colpos abarcan prácticamente toda la longitud del grano.

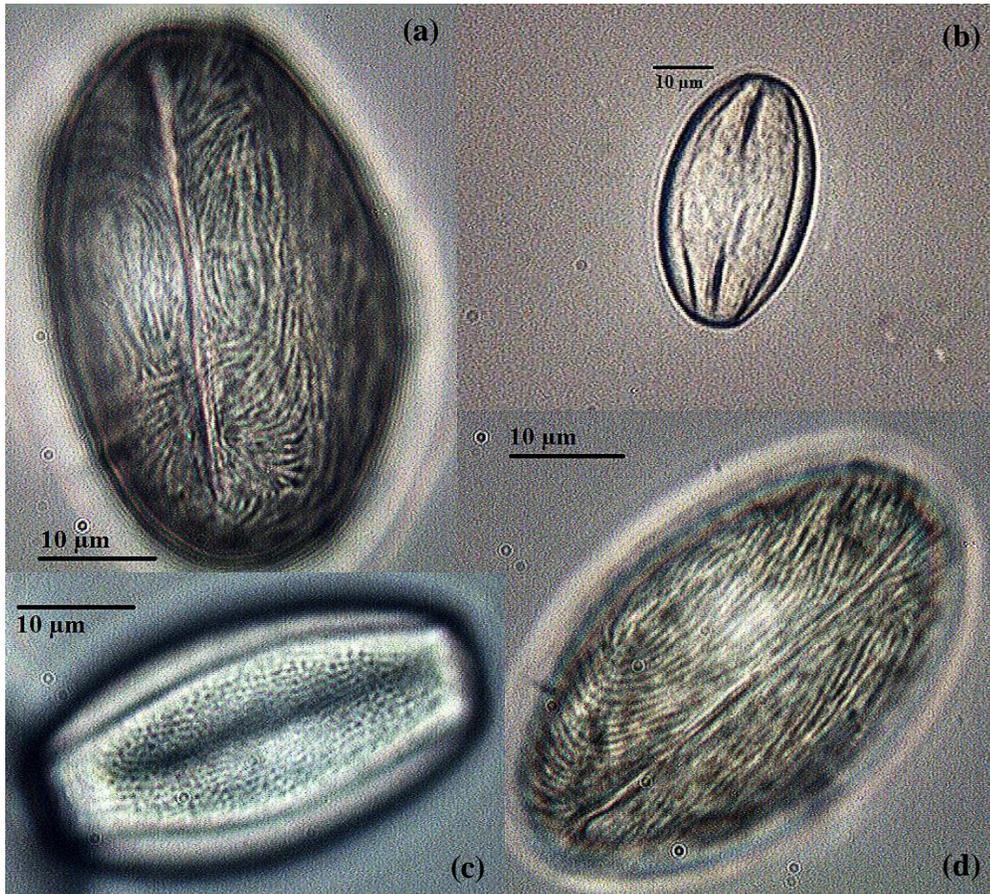


Figura 33. Granos de polen de *Prunus salicina* en vista ecuatorial al microscopio óptico. Cultivares (a) y (b) Larry Anne (1.000 y 400x), (c) Angeleno y (c) Ambra (1.000x).

### **Tipo *Prunus domestica***

Todos los granos de polen examinados son de tamaño grande, con ambos polos iguales, simetría radial y forma prolada. La longitud promedio del eje polar es 57,81  $\mu\text{m}$  y el diámetro ecuatorial promedio mide 33,78  $\mu\text{m}$ . La razón P/E tiene un promedio de 1,72. Posee tres aperturas de tipo colpado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina es de 0,6  $\mu\text{m}$  y posee ornamentación estriada. El patrón de la exina es irregular, muy similar al de *Prunus persica*, con estrías finas y más cortas que éste, a menudo ondeadas y/o curvadas apareciendo en algunas ocasiones paralelas, perpendiculares y/o inclinadas respecto a los colpos los cuales abarcan prácticamente toda la longitud del grano (Figura 34).

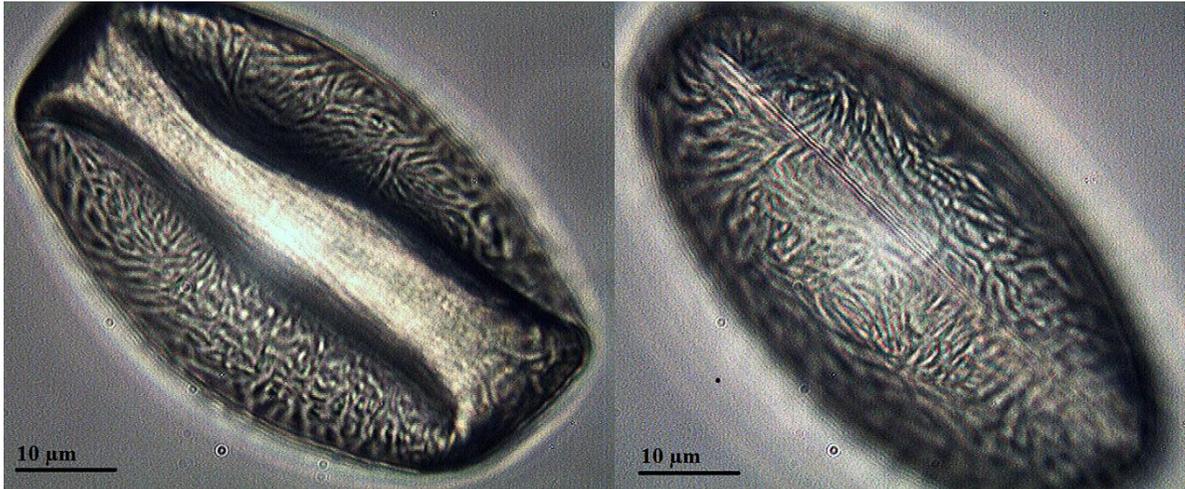


Figura 34. Granos de polen de *Prunus domestica*, cultivar D'Agen en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x).

### Pomáceas

Los granos de polen de este grupo son más pequeños que el de los carozos, de tamaño principalmente mediano determinado por el eje polar que varía en promedio de 48,17  $\mu\text{m}$  en manzano a 49,21  $\mu\text{m}$  en peral (Apéndice IV). Son todos isopolares, radiosimétricos y forma prolada principalmente, tricolpados o tricolporados con ornamentación principalmente estriada en manzanos y reticulado-estriada en perales.

#### Tipo *Pyrus communis*

Las muestras examinadas son de tamaño mediano, con ambos polos iguales, simetría radial y forma prolada en el cultivar Summer Bartlett y perprolada en Packham's Triumph. Poseen una longitud promedio del eje polar que varía de 48,8  $\mu\text{m}$  (cv. Packham's Triumph) a 49,21  $\mu\text{m}$  (cv. Summer Bartlett), y un diámetro ecuatorial promedio que oscila entre 24,41  $\mu\text{m}$  (cv. Packham's Triumph) y 26,78  $\mu\text{m}$  (cv. Summer Bartlett). La razón P/E tiene un promedio que va de 1,85 (cv. Summer Bartlett) a 2,0 (cv. Packham's Triumph). Posee tres aperturas de tipo colpado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina se encuentra entre 0,53  $\mu\text{m}$  (cv. Packham's Triumph) y 0,56  $\mu\text{m}$  (cv. Summer Bartlett) y posee ornamentación reticulado-estriada. El patrón de la exina presenta abundante reticulado entre las estrías que son largas, muy finas y apenas perceptibles, aparecen paralelas pero ondeadas en relación a los colpos que abarcan prácticamente toda la longitud del grano (Figura 35).

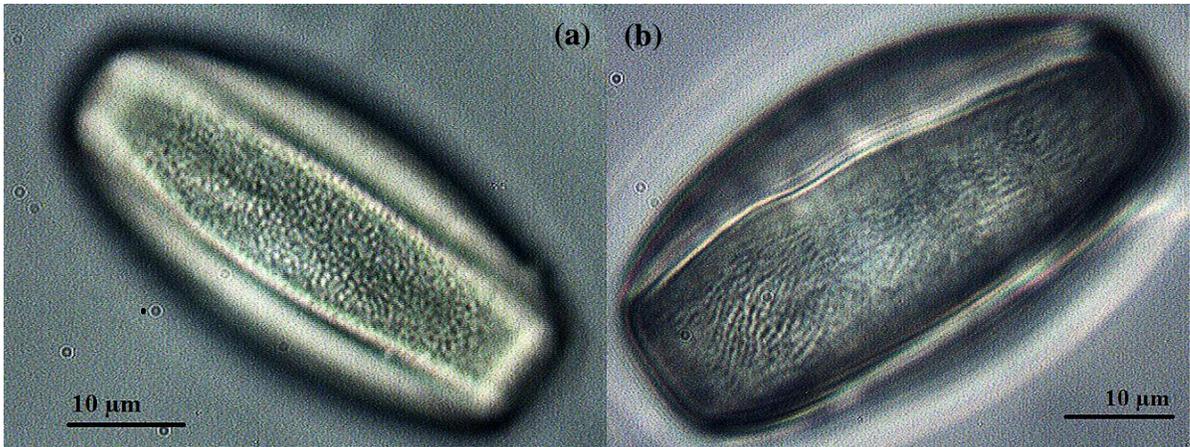


Figura 35. Granos de polen de *Pyrus communis* en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x). Cultivares (a) Packham's Triumph y (b) Summer Bartlett.

### **Tipo *Malus x domestica***

Las muestras examinadas son de tamaño mediano (cv. Galaxy y Raku-Raku) y grande (cv. Granny Smith), con ambos polos iguales, simetría radial, ambitum triangular y forma prolada. Poseen una longitud promedio del eje polar que varía de 48,17  $\mu\text{m}$  (cv. Raku-Raku) a 52,33  $\mu\text{m}$  (cv. Granny Smith), y un diámetro ecuatorial promedio que oscila entre 26,05  $\mu\text{m}$  (cv. Galaxy) y 26,69  $\mu\text{m}$  (cv. Granny Smith). La razón P/E tiene un promedio que va de 1,84 (cv. Raku-Raku) a 1,96 (cv. Granny Smith). Posee tres aperturas de tipo colporado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina es de 0,62  $\mu\text{m}$  en todos los cultivares y posee ornamentación estriada. El patrón de la exina es uniforme con estrías largas y finas dispuestas en forma paralela a los colpos e inclinadas en los polos quedando incluso perpendiculares a los colpos en algunos granos (Figura 36). Los colpos abarcan prácticamente toda la longitud del grano.

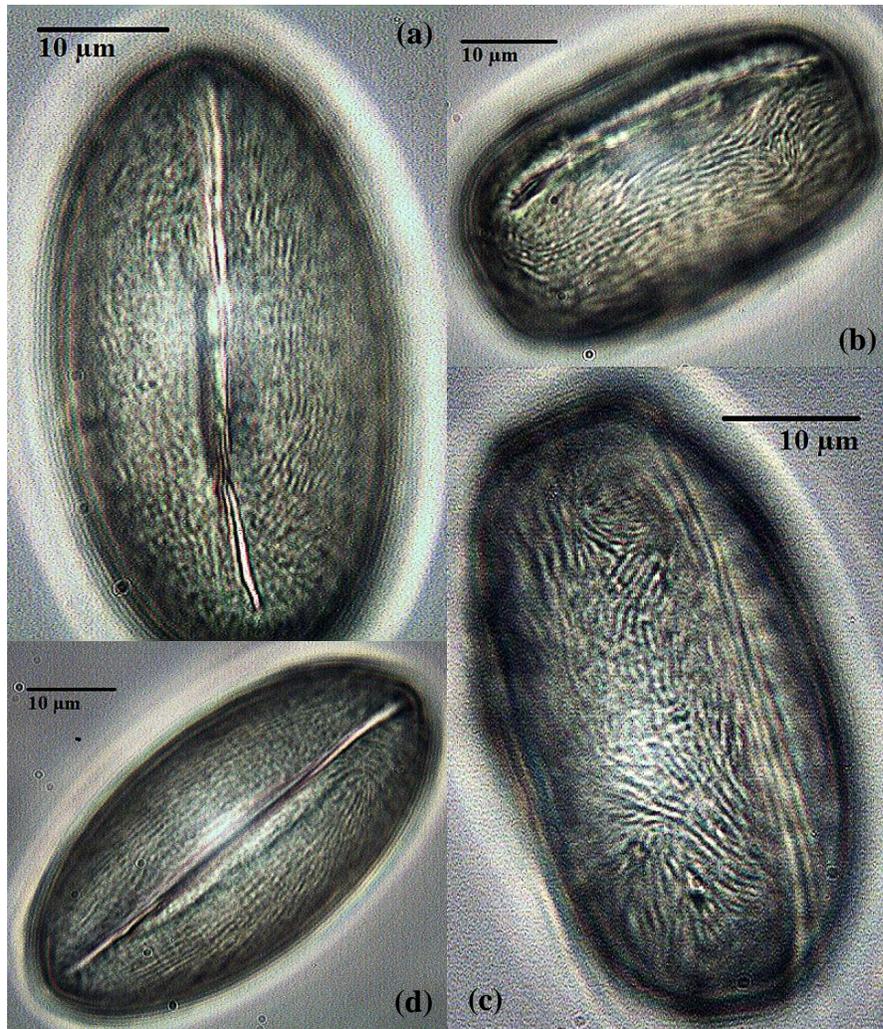


Figura 36. Granos de polen de *Malus x domestica* en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x). Cultivares (a) Galaxy, (b) y (c) Raku – Raku y (d) Granny Smith.

### Cítricos

Los granos de polen de este grupo destacan principalmente por su tamaño mediano determinado por el eje polar que varía en promedio de 30,81  $\mu\text{m}$  en mandarino a 37,94  $\mu\text{m}$  en limonero y su forma subprolada (Apéndice V). Son todos isopolares, radiosimétricos y tricolpados a tetracolpados en ocasiones, con ornamentación reticulada.

Los granos de polen de naranjo (*Citrus sinensis*) no pudieron describirse debido a que no pudieron obtenerse granos de polen de las muestras de flores recolectadas.

### Tipo *Citrus reticulata*

Las muestras examinadas son de tamaño mediano, con ambos polos iguales, simetría radial y forma subprolada. Poseen una longitud promedio del eje polar que varía de 30,81  $\mu\text{m}$  (cv. Oro Grande) a 34,41  $\mu\text{m}$  (cv. Nour), y un diámetro ecuatorial promedio que oscila entre 26,87  $\mu\text{m}$  (cv. Oro Grande) y 28,74  $\mu\text{m}$  (cv. Nour). La razón P/E tiene un promedio que va de 1,14 (cv. Oro Grande) a 1,2 (cv. Nour). Posee tres a cuatro aperturas de tipo colgado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina se encuentra entre 0,61  $\mu\text{m}$  (cv. Nour) y 0,66  $\mu\text{m}$  (cv. Oro Grande) y posee ornamentación microreticulada uniforme con lúmenes menores a 1  $\mu\text{m}$  de ancho y muros más estrechos que el lumen (Figura 37), de acuerdo a la clasificación propuesta por Praglowski y Punt (1973). Los colpos abarcan prácticamente toda la longitud del grano.

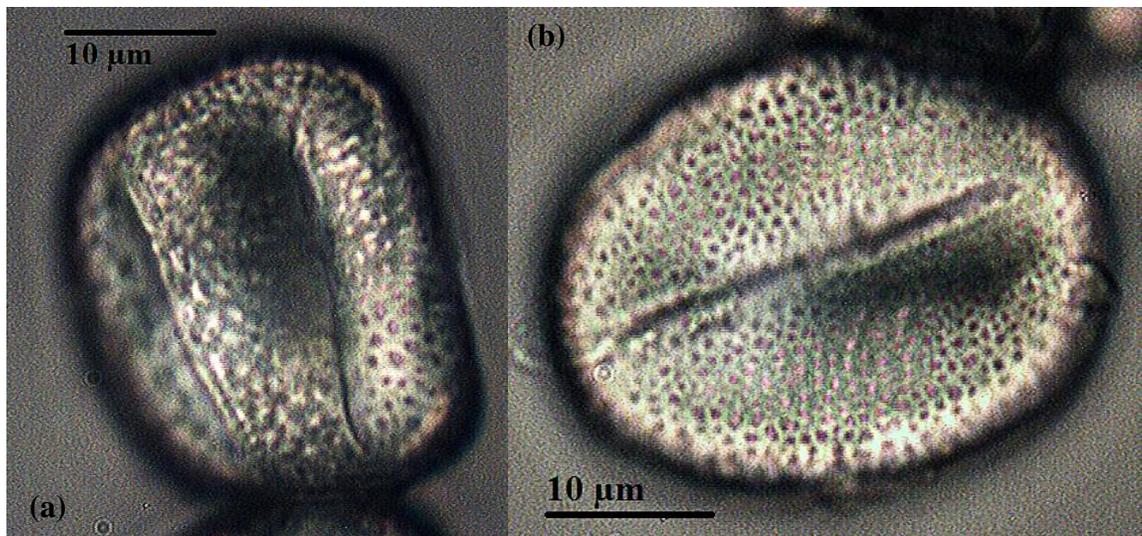


Figura 37. Granos de polen de *Citrus reticulata* en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x). Cultivares (a) Oro Grande y (b) Nour.

### Tipo *Citrus limon*

Todos los granos de polen examinados son de tamaño mediano, con ambos polos iguales, simetría radial y forma subprolada. Poseen una longitud promedio del eje polar de 37,94  $\mu\text{m}$  y un diámetro ecuatorial promedio de 31,15  $\mu\text{m}$ . La razón P/E tiene un promedio de 1,22. Posee tres aperturas de tipo colgado en posición ecuatorial. El grosor promedio de la exina es de 0,71  $\mu\text{m}$  y posee ornamentación reticulada uniforme con lúmenes mayores a 1  $\mu\text{m}$  de ancho y gruesos muros (Figura 38), de acuerdo a la clasificación propuesta por Praglowski y Punt (1973). Los colpos abarcan prácticamente toda la longitud del grano.

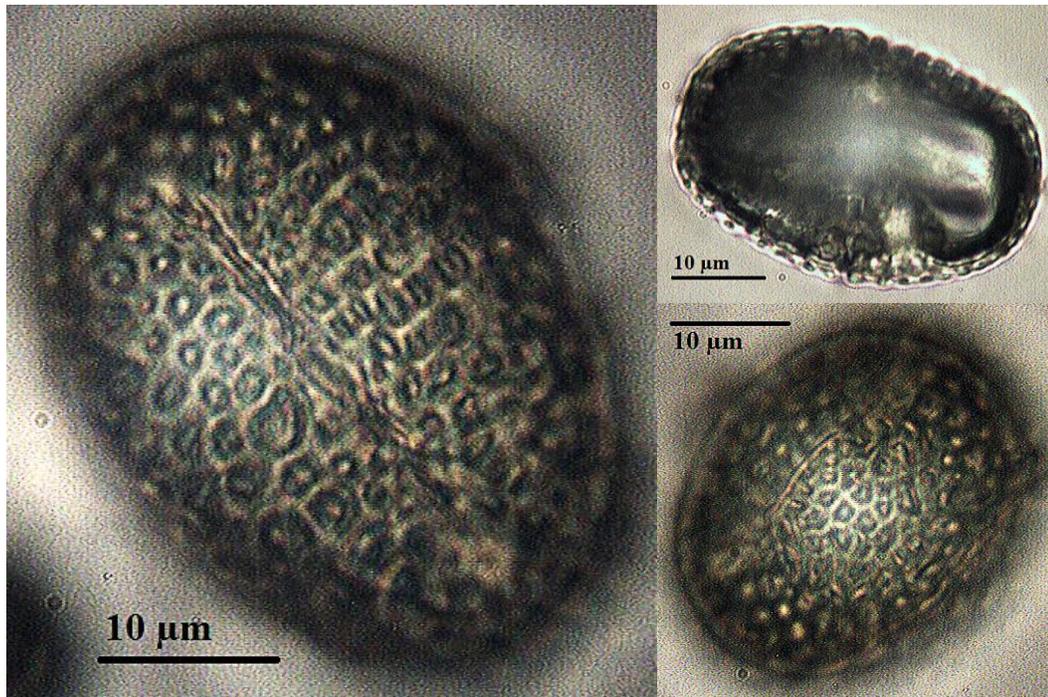


Figura 38. Granos de polen de *Citrus limon* cultivar Fino 49 en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x).

### Polen corbicular y tipos polínicos ajenos al huerto frutal

Se cosechó 1.491,54 gr de polen en total de las dos colmenas durante 23 días distribuidos desde la quincena de agosto hasta fines de octubre (Apéndice VI). Se seleccionaron diez fechas al azar de las que se obtuvo 628,79 gr de polen que se separaron y analizaron por grupos de color.

El análisis microscópico de los distintos grupos de color mostró 21 especies distintas ajenas al huerto frutal pecoreadas por las abejas, con diferentes grados de preferencia en ambas colmenas (Cuadro 6). Los colores se analizaron hasta el nivel botánico de familia tal como se plantea en los objetivos de este estudio aunque en algunos casos fue posible determinar la especie correspondiente. En ocasiones sucede que varias especies de plantas tienen polen corbicular de colores muy parecidos o una misma especie tiene colores levemente diferentes tal como lo plantea William Kirk (2006) en su estudio, por lo tanto la identificación de la especie no puede basarse únicamente en el color del polen corbicular sino que además se debe tener conocimiento sobre la flora local y su época de floración para limitar las posibilidades de colores a una o unas pocas especies. Aunque no forma parte de los objetivos de este estudio pero, dado el trabajo realizado en estas especies y la poca información existente en el país sobre el tema se incluyó las fotos de los granos de polen y los corbículos de polen de todas las especies ajenas al huerto frutal en el Apéndice VII para una revisión más detallada.

Cuadro 6. Familias y especies encontradas en las muestras cosechadas de polen corbicular en ambas colmenas (no se considera el polen del huerto frutal).

N°	Familia	Especie	Peso (gr)		Total
			Colmena 1	Colmena 2	
1		Tipo I	115,44	160,58	276,02
2	Rosaceae	Tipo II	6,47	0	6,47
3		Tipo III	0	0,12	0,12
4		Tipo IV	0	0,04	0,04
5		Brassicaceae		136,25	87,98
6	Fabaceae	<i>Vicia faba</i>	12,47	30,91	43,38
7		Tipo I	7,17	8,02	15,19
8		Tipo II	1,58	1,71	3,29
9	Indeterminados	Tipo III	0,04	0	0,04
10		Tipo IV	0	0,56	0,56
11		Tipo V	0,04	0	0,04
12		Mimosaceae		2,49	11,74
13	Papaveraceae	<i>Escholtzia californica</i>	3,96	5,68	9,64
14	Myrtaceae		2,97	4,17	7,14
15	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	3,34	2,65	5,99
16		<i>Taraxacum officinale</i>	0,15	0,48	0,63
17	Asteraceae	Tipo I	0,06	0	0,06
18		<i>Silybum marianum</i>	0,04	0,22	0,26
19	Sapindaceae	<i>Aesculus hippocastanum</i>	0,32	0,37	0,69
20	Cargas mixtas		0,21	0,05	0,26
21	Lauraceae	<i>Persea americana</i>	0,13	0	0,13
22	Pinaceae		0	0,03	0,03
<b>Total</b>			<b>293,13</b>	<b>315,31</b>	<b>608,44</b>

Del total de las muestras seleccionadas la familia botánica más visitada fue Rosaceae representada por el 46,45% seguida de Brassicaceae con un 36,85%, estas dos familias fueron las más visitadas en el período para la recolección de polen y/o néctar (Figura 39) y juntas componen aproximadamente el 83% de la muestra total. El resto de las familias fueron recolectadas por las abejas bajo un 7% de participación, un 3,14% corresponde a granos de polen que fue imposible determinar incluso a nivel de familia por una mala visualización de su morfología o ser muy pequeños y dificultar su análisis. Un 1,32% está representado por las familias Geraniaceae, Asteraceae, Sapindaceae, Lauraceae, Pinaceae y

cargas mixtas encontradas que corresponden a un 0,04% de la muestra total (Figura 40).

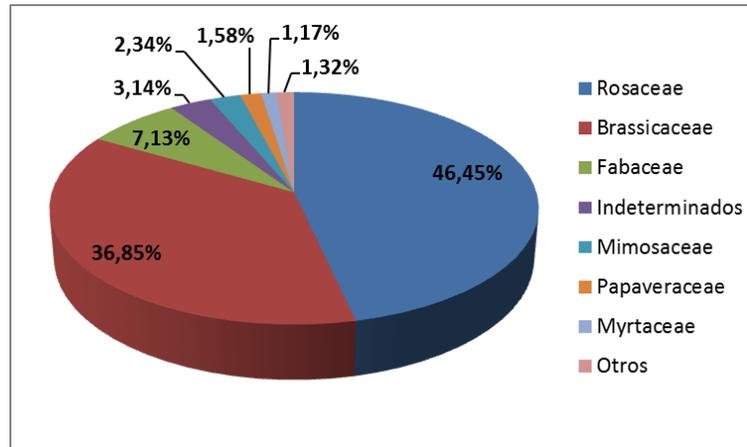


Figura 39. Principales familias visitadas por las abejas en el período de agosto a octubre para la recolección de polen (no se considera el polen del huerto frutal).



Figura 40. Cargas mixtas de polen corbicular encontradas en las muestras cosechadas de las colmenas durante el período agosto-octubre de 2011.

### Análisis y colorimetría del polen corbicular del huerto frutal

Al tomar todo el polen corbicular cosechado durante el período en estudio (Agosto a Octubre de 2011) se comprobó que la diferencia a nivel de colores durante la semana era baja a diferencia de los cambios de colores presentados entre semanas, por lo que se estimó analizar una muestra semanal al azar, sin embargo, el análisis de todos los resultados mostró que no se encontró el polen de todas las especies frutales consideradas en este estudio y en las que se chequeó en terreno el pecoreo de polen por parte de las abejas. Como las especies frutales dentro del huerto son pocos ejemplares, representan una unidad muy pequeña de acopio de polen en relación a todo lo que está disponible para las abejas en ese momento por lo que se recomienda para futuros estudios, donde se desee emplear esta metodología, analizar una mayor cantidad de polen corbicular a la semana y/o realizar los estudios en áreas con mayor extensión de las especies en estudio para asegurar que el polen corbicular cosechado de las colmenas tendrá una mayor disponibilidad del polen de interés y facilitar así su análisis.

En el polen corbicular total analizado (Figura 41) se encontró tres especies pertenecientes al huerto frutal (Cuadro 7) correspondientes a *Prunus armeniaca* L. (damasco), *Pyrus communis* L. (peral) y *Citrus limon* L. (Osbeck) (limonero), las tres en muy poca cantidad (alrededor del 1% cada una del total de la muestra analizada) representan el 3,24% (20,35 gr) de la muestra total. La identificación de los tres tipos polínicos encontrados se realizó no sólo basándose en el análisis microscópico sino que también contrastando con los datos obtenidos de las fechas de floración y pecoreo de estas especies, fotos de las abejas pecoreando polen en los árboles con los corbículos de polen en sus patas traseras y atlas de colores de polen corbicular realizados en otros países como el de Hodges (1984) y Kirk (2006). Los atlas y fechas de floración también sirvieron para los tipos polínicos ajenos al huerto frutal más difíciles de identificar.

Es de considerar que los vuelos de las abejas para pecorear polen y armar las cargas en los corbículos de su tercer par de patas son más cortos que para el pecoreo de néctar debido al peso de las cargas y al gasto energético que implica para ellas el ir a buscarlas, por esto mismo las abejas obtienen aproximadamente el 70% del polen corbicular en un radio de 1,2 km alrededor de la colmena, si no encuentran disponibilidad de polen o polen atractivo para ellas en esta superficie pueden ampliar hasta los 3 km su búsqueda<sup>3</sup>.

Lo anterior implica que el 70% del polen lo obtienen de una superficie potencial de aproximadamente 452 hectáreas donde las especies frutales en estudio, como se mencionó anteriormente, tienen baja representatividad y las abejas disponen de una gran variedad y cantidad de flores sobre todo malezas como las de la familia Brassicaceae que fueron pecoreadas en gran cantidad junto a otras familias botánicas, tal como se observa en el Cuadro 6, lo que podría explicar la baja cantidad de polen corbicular correspondiente a los frutales encontrado en las muestras analizadas.

<sup>3</sup> Mario Gallardo. 2015, dic. Recolección de polen por las abejas. [Entrevista personal]. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

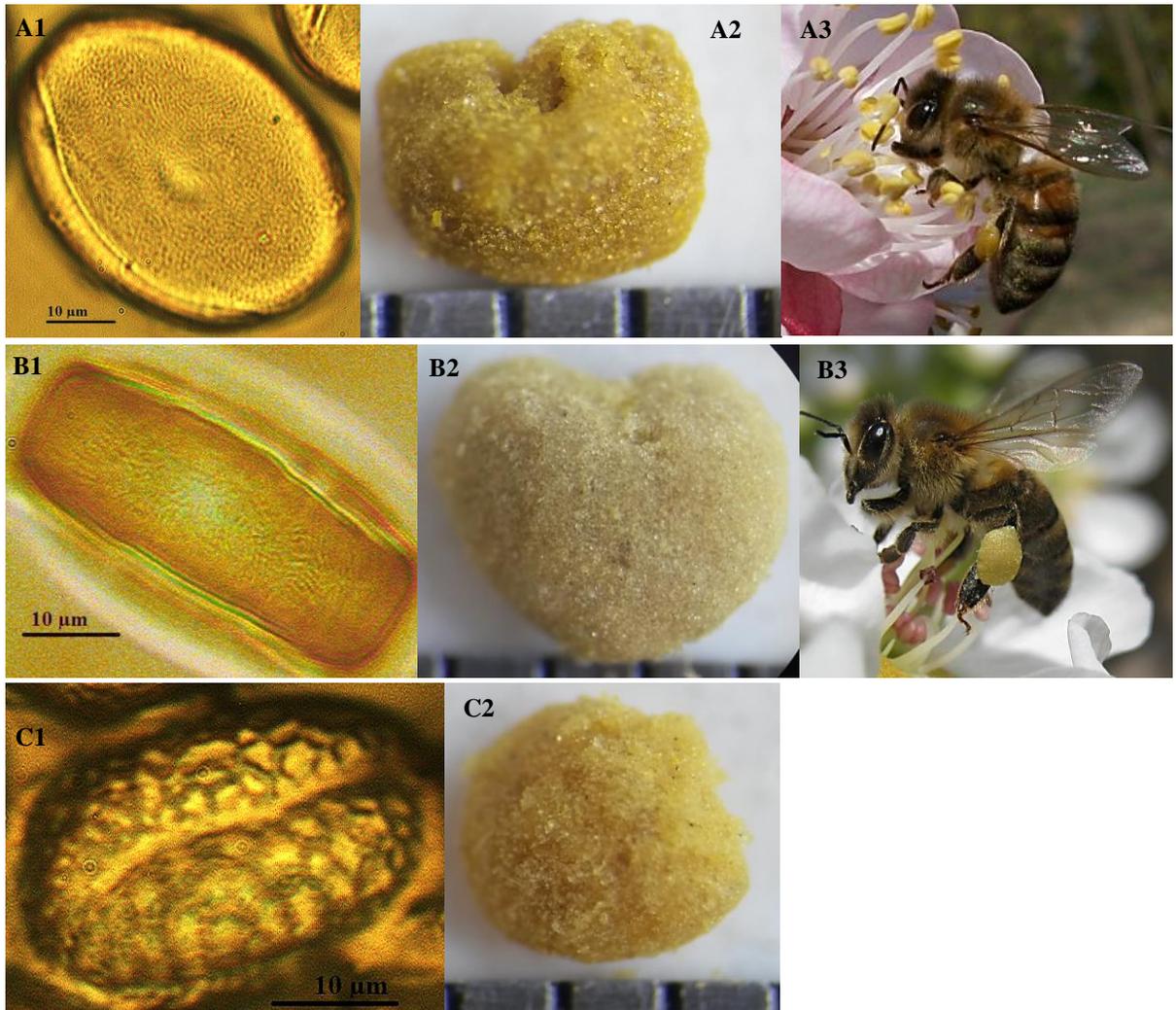


Figura 41. Tipos polínicos correspondientes al huerto frutal. A1, grano de polen de *Prunus armeniaca* en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x). A2, polen corbicular de *P. armeniaca* cosechado de las trampas (40x). A3, abeja pecoreando en las flores de *P. armeniaca* con el corbículo de polen en su tercer par de patas. B1, grano de polen de *Pyrus communis* en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x). B2, polen corbicular de *P. communis* cosechado de las trampas (40x). B3, abeja pecoreando en las flores de *P. communis* con el corbículo de polen en su tercer par de patas. C1, grano de polen de *Citrus limon* en vista ecuatorial al microscopio óptico (1.000x). C2, polen corbicular de *C. limon* cosechado de las trampas (40x).

Cuadro 7. Especies frutales encontradas en las muestras cosechadas de polen corbicular en ambas colmenas.

N°	Familia	Especie	Peso (gr)		
			Colmena 1	Colmena 2	Total
1	Rosaceae	<i>Prunus armeniaca</i>	0,85	7,5	8,35
2		<i>Pyrus communis</i>	7,72	0	7,72
3	Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	4,28	0	4,28
<b>Total</b>			<b>12,85</b>	<b>7,5</b>	<b>20,35</b>

### Indices de diversidad y uniformidad de pecoreo

Para el cálculo de los índices de diversidad (Shannon-Wiener) y uniformidad de pecoreo (Pielou) las especies encontradas, correspondientes al huerto frutal (damasco, peral y limonero), no superaron el número mínimo admisible para un análisis de mayor detalle. Sin embargo, se realizó igualmente el procedimiento de cálculo con el fin de caracterizar el comportamiento de pecoreo de las abejas en el huerto de estudio.

El índice de Shannon o de diversidad de pecoreo, aplicado al huerto frutal, tiene un valor de 1,06 lo que indica que las abejas dentro del huerto fueron específicas en su comportamiento de pecoreo visitando sólo determinadas especies. El índice de uniformidad de pecoreo tiene un valor de 0,97 lo que demuestra que *Apis mellifera* es generalista en su comportamiento de visita a los árboles que se encuentran dentro del huerto frutal y la colecta de polen es en una cantidad homogénea en las especies pecoreadas, lo que se refleja también en los porcentajes que representa cada especie (Figura 42) del total de la muestra (20,35 g en total de polen del huerto frutal).

A pesar de que las muestras correspondientes al huerto frutal no presentaron un adecuado número estadístico para su análisis, el total de polen corbicular recolectado desde mediados de agosto hasta fines de octubre sí presenta un adecuado número de especies con el cual se podrían analizar estos dos índices. La información requerida para este procedimiento se encuentra disponible para futuros estudios ya que, aunque no forma parte de los objetivos de este trabajo, resulta interesante caracterizar de manera adecuada el comportamiento de pecoreo de las abejas, con el objetivo de entender a mayor cabalidad la interacción que se presenta en este sector entre plantas cultivadas y la flora perteneciente a la localidad que rodea la Facultad. De esta manera es posible hacer más eficiente el manejo, sobre todo de frutales, para una adecuada polinización y posterior rendimiento.

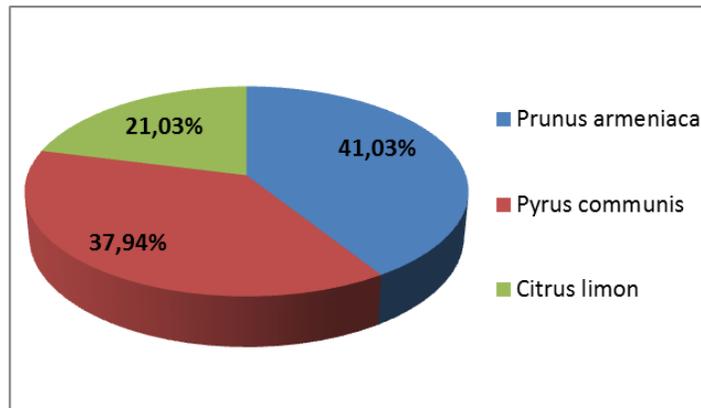


Figura 42. Porcentaje de polen recolectado por *Apis mellifera* en el huerto frutal durante agosto a octubre. (Total de la muestra=20,35 g).

### Colorimetría

Los resultados de color mostraron que el método aplicado fue efectivo en la identificación del color del polen corbicular de las tres especies del huerto frutal. Sin embargo, se observó que el polen encontrado presentó colores muy similares entre sí a simple vista tal como se observó en la Figura 41, lo cual puede confundir al usuario en la aplicación de una cartilla de colores.

El colorímetro confirmó el parecido de los colores tal como se observa en el Cuadro 8. Las medias aritméticas de la luminosidad ( $L^*$ ) variaron en el rango de 58,11 a 71,92 lo que indica tonalidades más claras y cercanas al blanco sobre todo en el caso de peral que presentó el mayor valor. Los valores de cromaticidad  $a^*$  y  $b^*$  variaron en promedio de -3,46 a 0,24 y 37,14 a 53,11 respectivamente, indicando con ello que los colores de las tres especies se acercan al amarillo, sobre todo en el caso de damasco y que fueron similares en peral y limonero respecto al valor  $b^*$  de cromaticidad, diferenciándose estos últimos por la cromaticidad  $a^*$  que mostró que el color de peral presenta más matices de verde que el de limonero tal como se puede apreciar en la Figura 43. Las medias aritméticas del chroma ( $C^*$ ) variaron de 37,38 a 53,11 y se mostraron similares en peral y limonero indicando que estos dos colores son más pálidos que el de damasco que tuvo un mayor valor correspondiente a un color mucho más intenso/saturado. Por último, el valor hue ( $h^*$ ) varió en promedio de 89,76 a 95,32 siendo cercano en las tres especies e indicando como correspondencia con los valores de cromaticidad anteriores que los colores tienden al amarillo.

Cuadro 8. Coordenadas CIE-L\*a\*b\*C\*h\* y clasificación Pantone del polen corbicular de las tres especies frutales encontradas en las muestras de ambas colmenas.

Especie	L*	a*	b*	C*	h*	Pantone
<i>Prunus armeniaca</i>	57,01 - 59,25	-0,28 - 0,93	51,6 - 55,64	51,6 - 55,65	89,04 - 90,12	110 U
	58,11 ± 0,87	0,24 ± 0,32	53,11 ± 1,32	53,11 ± 1,32	89,76 ± 0,33	
<i>Pyrus communis</i>	70,04 - 72,6	-3,74 - -3,28	36,08 - 37,61	36,99 - 37,75	94,99 - 95,75	611 U
	71,92 ± 0,75	-3,46 ± 0,15	37,14 ± 0,41	37,38 ± 0,24	95,32 ± 0,25	
<i>Citrus limon</i>	63,35 - 66,87	-1,96 - -1,46	36,54 - 43,62	36,59 - 43,64	91,92 - 93,06	458 U
	65,22 ± 1,14	-1,81 ± 0,13	38,58 ± 2,00	38,63 ± 1,99	92,69 ± 0,30	

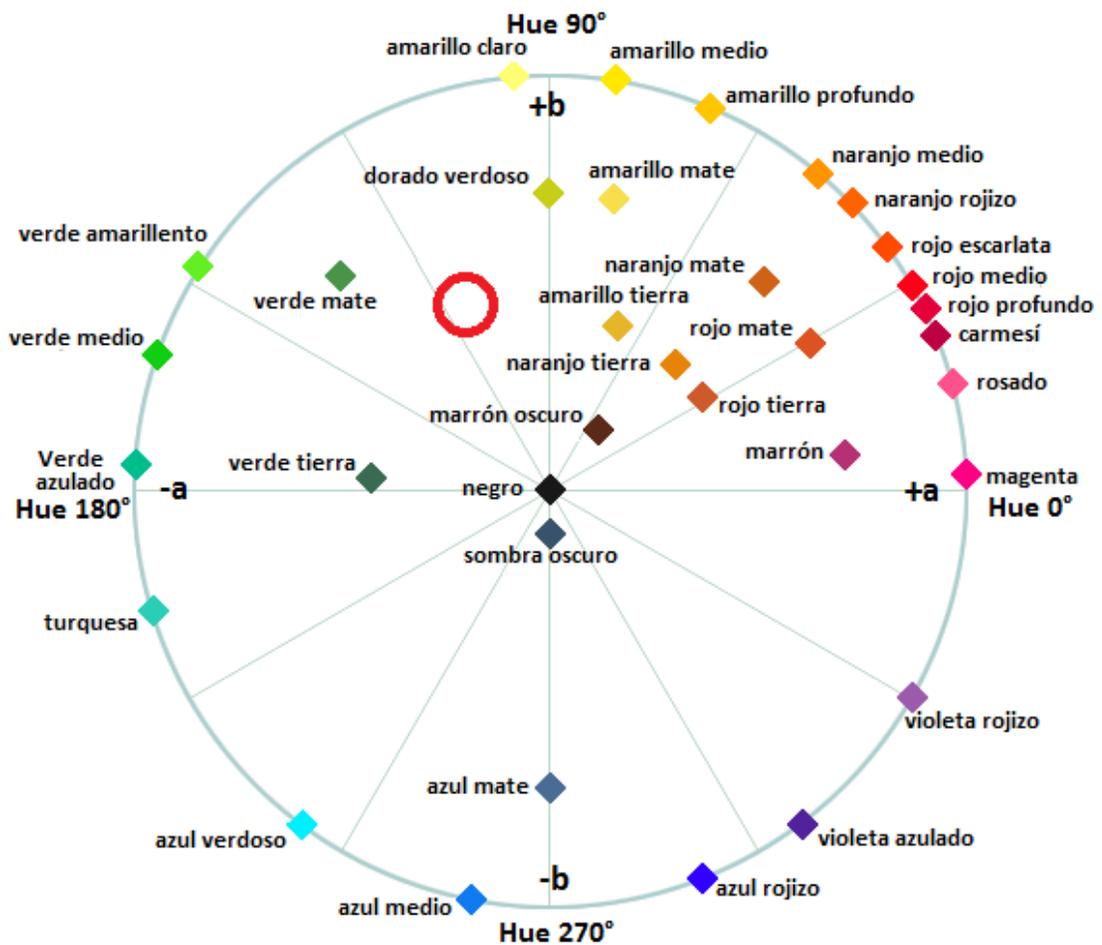


Figura 43. Rango de colores para distintos valores de Chroma, cromaticidad  $a^*$  y  $b^*$  y hue ( $h^*$ ).

La comparación visual del polen corbicular de las tres especies encontradas con la Cartilla de colores Pantone mostró que damasco corresponde al color 110U, peral al 611U y limonero al 458U tal como se muestra en el Cuadro 8 y como se puede apreciar en la Figura 44.



Figura 44. Comparación visual del polen corbicular de damasco, peral y limonero con la Cartilla de colores Pantone.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y la metodología empleada se concluye que:

Los colores del polen corbicular de las tres especies frutales encontradas en este estudio son similares entre sí pero es posible diferenciarlos a simple vista y con colorímetro. Se sugiere realizar más estudios para determinar los colores de las especies frutales que no fue posible analizar en este trabajo para lo cual se recomienda, si se utiliza esta metodología, cosechar polen de las colmenas con mayor periodicidad sobre todo por las especies que tengan baja representatividad en la zona de estudio, además de analizar mayor cantidad de polen y/o realizar los estudios en monocultivo de frutales o áreas con más extensión de éstos asegurando que las muestras de polen cosechadas de las colmenas tendrán una mayor disponibilidad del polen corbicular del frutal en estudio y facilitar así su análisis.

Dentro del huerto frutal las especies más atractivas para las abejas para pecoreo de polen son los cultivares de peral Packam's Triumph, damasco Dina y cerezo Brooks. Las especies atractivas para pecoreo de néctar son el ciruelo europeo D'Agen y cerezo Brooks junto con todos los cultivares de mandarino y naranjo que destacan por sobre todas las especies del huerto. Dentro del polen corbicular ajeno al huerto frutal las familias Rosaceae y Brassicaceae son las más atractivas para *Apis mellifera* durante el período analizado. Las temperaturas y precipitaciones no afectan mayormente el vuelo de las abejas durante el período en estudio sin embargo, el viento dificulta su vuelo e influye en el pecoreo a partir de las 14 – 16 hrs, principalmente durante el mes de septiembre.

La microscopía óptica entrega el suficiente detalle de la morfología polínica de la mayoría de los frutales de este estudio para su diferenciación e identificación en el polen corbicular. Para diferenciar entre cultivares e identificar más fácilmente las especies de malezas y flora ajena al huerto frutal se recomiendan análisis en microscopía electrónica.

Los índices de Shannon- Wiener y Pielou no se estimaron adecuadamente por tener baja representatividad de las especies frutales cosechadas en las muestras de polen corbicular por lo que se recomienda asegurar una mayor variabilidad de especies para su correcto análisis.

Se comprueba la hipótesis de este estudio siendo factible elaborar una cartilla de colores del polen corbicular de los frutales de este estudio. La observación de las abejas pecoreando el polen de las especies en estudio, complementado con el color y el conocimiento de las fechas de floración de toda la flora circundante, sobre todo la atractiva a las abejas, en un radio no menor de 1,2 km, y ampliable hasta 3 km del lugar en estudio, logran una mejor evaluación en el uso y aplicación de la cartilla de colores.

## BIBLIOGRAFÍA

Backhaus, W. 1993, apr. Color visión and color choice behavior of the honeybee. *Apidologie*, 24(3): 309-331.

Carrasco, J.; F. Romo y L. Galán. s. f. El atractivo ultravioleta. Cultura apícola. [En línea]. Badajoz, España. 8 p. Recuperado en: <<http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/floraapicola/attractivo%20ultravioleta.pdf>>. Consultado el: 17 de agosto de 2011.

De Sá Otero, M.; E. Díaz y S. Armesto. 2004, dec. Flower election by honeybee and floral morphology. *Lazaroa*, 25: 113-123.

Dietz, A. 1975. Alimentación de la abeja melífera adulta. (cap.5, pp. 173-211). *En*: Dadant e hijos (ed.). La colmena y la abeja melífera. 4ª ed. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur. 936p.

Erdtman, G. 1943. An introduction to pollen analysis. New York, United States of America: Chronica Botanica Company. 239p.

Estay, P. (Ed.). 2012. Abejas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae): polinización según especie objetivo. (Boletín INIA N° 235). Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile. 163p.

Gary, N. 1975. Actividades y comportamiento de la abeja melífera. (cap. 7, pp. 247-345). *En*: Dadant e hijos (ed.). La colmena y la abeja melífera. 4ª ed. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur. 936p.

Hodges, D. 1984. The pollen loads of the honeybee: a guide to their identification by color and form. 2<sup>nd</sup> ed. London: International Bee Research Association. 51p.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 2010. Medio Ambiente, Informe Anual 2010. Departamento de Estadísticas Agropecuarias y Medioambientales. Santiago, Chile: INE. 232p.

Kapp, R. 1969. How to know pollen and spores. Dubuque, United States of America: W. C. Brown Company. 249p.

Kirk, W. 2006. A colour guide to pollen loads of the honey bee. 2<sup>nd</sup> edition. United Kingdom: International Bee Research Association. 54p.

Lesser, R. 2006. Manual de apicultura moderna. 5ª ed. Santiago, Chile: Universitaria. 223p.

- Martin, E. 1975. Empleo de las abejas en la polinización de las cosechas. (cap. 20, pp. 741-789). *En: Dadant e hijos (ed.). La colmena y la abeja melífera*. 4ª ed. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur. 936p.
- Martínez, M. 2013. El mundo de las angiospermas: las angiospermas. (cap. 1, pp. 4-9). *En: Biología de Angiospermas*. México: UNAM. 622p.
- Montenegro, G.; S. Rodríguez,; S. Vío; M. Gómez; R. Pizarro; A. Mujica. *et. al.* 2010. Investigación científica y tecnológica en productos apícolas. Santiago: Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. 240p.
- Montenegro, G. (Ed.). 2012. Polen apícola chileno: diferenciación y usos según sus propiedades y origen floral. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. 161p.
- Neira, M. 1988. Colecta y uso del polen por las abejas. (pp. 76-94). *En: Curso de actualización profesional tecnológica de la producción apícola, tecnología de la Producción Apícola*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Poblete, V. y G. Montenegro. 1992. Diagnóstico de polen corbicular en colmenas ubicadas en la provincia secoestival nubosa de Chile central. *Ciencia e investigación agraria*, 19(1-2): 23-30.
- Pragowski, J. y W. Punt. 1973. An elucidation of the microreticulate structure of the exine. *Grana*, 13(1): 45-50.
- Razeto, B. 2006. Polinización y cuaje de frutos. (cap. 3.2, pp. 154-162). *En: Para entender la fruticultura*. 4ª ed. Santiago, Chile: Bruno Razeto Edición y comercialización de libros. 518p.
- Reiter, R. 1947. The coloration of anther and corbicular pollen. *The Ohio Journal of Science*, 47(4): 137-152.
- Quiroz, D. y R., Palacios. 1999. Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Centris inermis* Friese (Hymenoptera: Apidae) en Chamela, Jalisco, México. *Polibotánica*, (10): 59-72.
- Sáenz, C. 1978. Polen y esporas (Introducción a la palinología y vocabulario palinológico). Madrid, España: H. Blume. 219p.
- Sharifani, M. and Jackson, J. 2004. Nectar analysis, pollen production and anthocyanin measurements, revealed distinct variations in pears. *Acta Horticulturae*, 636: 415-422.

Snodgrass, R. 1975. Anatomía de la abeja melífera. (cap. 4, pp. 115-172). *En*: Dadant e hijos (ed.). La colmena y la abeja melífera. 4ª ed. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur. 936p.

SADA (Sociedad Argentina de Apicultores). 2007. Polinización. [En línea]. Argentina. Recuperado en: <[http://www.sada.org.ar/Catan/Tp\\_2007/tp\\_1/polinizacion.htm](http://www.sada.org.ar/Catan/Tp_2007/tp_1/polinizacion.htm)>. Consultado el: 23 de agosto de 2011.

Telleria, I. y M. Sarasola. s.f. Análisis de polen corbicular recolectado durante los años 2002 y 2003 en los colmenares de estudio eco-etológico de Oñati y Goizueta. Departamento de Genética Animal, España: UPV/EHU. 36p.

Trivelli, M. 1982. Estudio del origen botánico de mieles y polen corbicular en San José de Maipo. Memoria Ingeniero Forestal. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 90p.

Ulriksen, P. 2003. Análisis vegetacional y palinológico de especies dominantes de la Comuna de Litueche, VI Región. Tesis Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. 83p.

Vásquez, M. 2007. Recursos polínicos utilizados por la abeja nativa Shuruya (*Scaptotrigona pectoralis*) (Apidae: Meliponini) en un meliponario de la parte baja de Los Cipresales, en Pachalum, Quiché, durante la época seca y lluviosa. Tesis Bióloga. Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. 73p.

Witherell, P. 1975. Otros productos de la colmena. (cap. 18, pp. 683-715). *En*: Dadant e hijos (ed.). La colmena y la abeja melífera. 4ª ed. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur. 936p.

## GLOSARIO

**Ambitum (amb.):** contorno de un grano de polen visto con el eje polar exactamente perpendicular al plano de la preparación, es decir, con uno de los polos en el lugar más elevado.

**Apertura:** cualquier adelgazamiento o rotura de la superficie de un grano de polen, distintamente delimitado, que pueda dar lugar a la salida del protoplasma de la célula.

**Colpado –da:** dícese del grano de polen provisto de colpos.

**Colpo:** apertura de forma alargada con uno de sus ejes, en general el más largo, cruzando el ecuador en ángulo recto y cuya longitud es más del doble de su anchura.

**Colporado –da:** dícese del polen provisto de aperturas compuestas de un colpo.

**Corbícula:** canasta de polen ubicada en la tibia del tercer par de patas de las abejas.

**Escultura:** ornamentación, relieve de la exina de un grano de polen.

**Esporopolenina:** sustancia química que constituye la exina.

**Exina:** nombre para designar la pared externa de la esporodermis, usualmente resistente (excepto en la región de la apertura) y que contiene o muestra la reacción de la esporopolenina.

**Isopolar:** dícese del grano de polen en que no hay diferencias entre sus caras polar y proximal.

**Ornamentación:** escultura, elementos esculturales.

**Palinología:** tratado del polen y esporas.

**Palinoteca:** colección de preparaciones microscópicas de granos de polen y esporas.

**Pecoreo:** conducta de recolección de néctar, polen, propóleo y agua por parte de las abejas obreras.

**Polar:** relativo a un polo. *Eje polar* la línea imaginaria que une los polos proximal y distal.

**Polo:** dícese de cada uno de los extremos del eje polar de un grano de polen.

**Poro:** lugar por donde surge el tubo polínico al germinar el grano de polen y que suele situarse en el surco germinal (poro germinal). Se define el límite entre un colpo y un poro porque el primero ha de tener la razón longitud:anchura mayor de dos.

**Psilado –da:** aplícase al grano de polen de cuya superficie están ausentes toda clase de elementos esculturales y cuyos poros, si existen, tienen un diámetro menor a 1  $\mu\text{m}$ .

**Radiosimétrico -ca:** dicese del polen con más de dos planos de simetría, y en el caso de ser dos los planos, siempre con los ejes ecuatoriales de igual longitud.

**Reticulado –da:** aplícase al polen cuya superficie está provista de muros y lúmenes ordenados conforme a las mallas de una red.

**Rugulado –da:** aplícase al polen, principalmente de dicotiledóneas, cuando su ornamentación está formada por elementos esculturales al menos dos veces más largos que anchos, que se distribuyen irregularmente por la superficie.

**Tricolpado:** con tres colpos.

**Tricolporado:** con tres aperturas provistas de colpo y poro.

ANEXO I - Plano de distribución de especies y cultivares Huerto Frutal Pacha-Rayen.

Limoneros

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Fino 49 (14)

Naranjos

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Lane Late (5) Spring Navel (6) Parent W (5)

Mandarinos

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Oro Grande (8) Nour (7)

Manzanos

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Galaxy (5) Granny Smith (5) Raku-Raku (5)

Ciruelos

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Ambra (5) Larry Ann (5) D'agen (5) Angeleno (5)

Cerezos

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Durazneros

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Conserveros

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Hesse (5) Loadell(4) Andross (4) Everts(4)

Almendros

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Thompson (5) Non Pareil (5) Price (1)

Damascos

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Modesto (7) Dina (7)

Perales

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Summer B (3) Packham's (3)

Nectarines

○ ○ ○ ○  
 Venus (4)

○ ○ ○ ○ ○ ○  
 Venus (5)

○ ○ ○ ○  
 Venus (3)

## APÉNDICE I

Fechas de floración y pecoreo de los distintos cultivares de pomáceas y carozos en el huerto frutal durante el año 2011.

Especie	Cultivar	Floración			Pecoreo	
		Inicio	50%	Término	Inicio	Término
Damasco	Modesto	21-8	29-8	14-9	29-8	10-9
	Dina	12-8	20-8	13-9	14-8	10-9
Peral	Summer B	18-9	21-9	5-10	18-9	28-9
	Packham's T	18-9	21-9	5-10	18-9	28-9
Almendro	Thompson	23-8	30-8	20-9	29-8	10-9
	Non Pareil	21-8	29-8	18-9	29-8	10-9
	Price	21-8	29-8	13-9	29-8	10-9
Duraznero conservero	Hesse	3-9	10-9	20-9	8-9	10-9
	Loadell	3-9	10-9	20-9	8-9	10-9
	Andross	3-9	10-9	20-9	8-9	10-9
	Everts	7-9	13-9	30-9	8-9	10-9
Duraznero para fresco	Royal Glory	3-9	10-9	28-9	8-9	10-9
Cerezo	Brooks	14-9	21-9	11-10	20-9	7-10
Nectarino	Venus	7-9	13-9	30-9	8-9	10-9
Ciruelo japonés	Ambra	23-8	30-8	14-9	29-8	10-9
	Larry Ann	30-8	7-9	20-9	-	-
	Angeleno	31-8	7-9	20-9	8-9	10-9
Ciruelo europeo	D'Agen	14-9	21-9	11-10	18-9	28-9
Manzano	Galaxy	20-9	24-9	11-10	21-9	2-10
	Granny Smith	16-9	24-9	11-10	18-9	2-10
	Raku-Raku	14-9	24-9	11-10	18-9	2-10

## APÉNDICE II

Fechas de floración y pecoreo de los distintos cultivares de cítricos en el huerto frutal durante el año 2011.

Especie	Cultivar	Exposición	Floración			Pecoreo	
			Inicio	50%	Término	Inicio	Término
Mandarino	Oro Grande	N y E	2-10	18-10	2-11	2-10	11-11
		S y O	18-10	29-10	11-11		
	Nour	N y E	9-10	18-10	2-11	9-10	11-11
		S y O	18-10	29-10	11-11		
Naranja	Lane Late	N y E	2-10	18-10	2-11	2-10	11-11
		S y O	18-10	29-10	11-11		
	Spring Navel	N y E	28-9	18-10	2-11	28-9	11-11
		S y O	18-10	29-10	11-11		
	Parent W	N y E	2-10	18-10	2-11	2-10	11-11
		S y O	18-10	29-10	11-11		
Limonero	Fino 49	Todas	17-10	-	-	17-10	-

## APÉNDICE III

Datos palinológicos cuantitativos (en  $\mu\text{m}$ ) y cualitativos de los granos de polen de las distintas especies de carozos del huerto frutal. Se incluyen valor mínimo y máximo, media aritmética y desviación estándar en cada caso.

Especie	<i>Prunus armeniaca</i>		<i>Prunus dulcis</i>			<i>Prunus avium</i>		
	Damasco		Almendro			Cerezo		
Cultivar	Dina	Modesto	Thompson	Non Pareil	Price	Brooks		
Morfología	<b>Diámetro polar (P)</b>	57,7 - 62,1 60,27 $\pm$ 1,38	55,2 - 64,2 59,59 $\pm$ 2,75	60,6 - 69,2 65,43 $\pm$ 2,5	53,2 - 61 57,88 $\pm$ 2,51	63,8 - 69,2 66,72 $\pm$ 1,62	45,9 - 56,1 50,66 $\pm$ 3,52	
	<b>Diámetro ecuatorial (E)</b>	31,2 - 34,7 32,25 $\pm$ 1,05	28,7 - 35,9 32,45 $\pm$ 2,41	34,8 - 44,2 37,79 $\pm$ 2,99	34,3 - 47,5 38,9 $\pm$ 3,66	30,5 - 37,5 35,02 $\pm$ 2,16	24,2 - 29,9 27,63 $\pm$ 1,94	
	<b>P/E</b>	1,79 - 1,98 1,87 $\pm$ 0,06	1,65 - 1,99 1,84 $\pm$ 0,09	1,42 - 1,88 1,74 $\pm$ 0,16	1,26 - 1,76 1,5 $\pm$ 0,16	1,73 - 2,17 1,91 $\pm$ 0,12	1,69 - 2,01 1,84 $\pm$ 0,08	
	<b>Tamaño</b>	grande		grande			grande	
	<b>Polaridad</b>	isopolar		isopolar			isopolar	
	<b>Simetría</b>	radiosimétrico		radiosimétrico			radiosimétrico	
	<b>Contorno</b>	amb triangular		amb triangular			-	
	<b>Forma</b>	prolado		prolado			prolado	
	Aperturas	<b>N°</b>	3		3			3
		<b>Clase</b>	colporado		colporado			colporado
<b>Posición</b>		ecuatorial		ecuatorial			ecuatorial	
Exina	<b>Grosor</b>	0,4 - 0,65 0,52 $\pm$ 0,06	0,4 - 0,5 0,49 $\pm$ 0,03	0,5 - 0,9 0,66 $\pm$ 0,12	0,5 - 0,8 0,69 $\pm$ 0,08	0,6 - 0,9 0,72 $\pm$ 0,1	0,5 - 0,6 0,54 $\pm$ 0,05	
	<b>Ornamentación</b>	rugulado-estriada		estriada			estriada	

(continúa)

(continuación)

Especie	<i>Prunus persica</i>					<i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i>	
	Cultivar	Hesse	Loadell	Duraznero Andross	Everts	Royal G.	Nectarín Venus
Morfología	<b>Diámetro polar (P)</b>	58,1 - 70,9 64,02 ± 3,82	59,2 - 76,3 66,86 ± 5,96	64 - 72,9 68,92 ± 2,46	62,1 - 76,5 67,27 ± 4,85	63,3 - 71,4 67,98 ± 2,81	66,1 - 72,9 68,99 ± 2,24
	<b>Diámetro ecuatorial (E)</b>	32,9 - 41 36,47 ± 2,45	36 - 39,8 38,31 ± 1,17	35,6 - 41,5 38,16 ± 1,55	36,2 - 48,2 41,63 ± 3,61	34,4 - 42,6 38,61 ± 2,8	35,4 - 38,7 36,89 ± 0,99
	<b>P/E</b>	1,42 - 2,04 1,77 ± 0,18	1,54 - 1,96 1,74 ± 0,13	1,65 - 2,02 1,81 ± 0,1	1,32 - 2,11 1,63 ± 0,23	1,49 - 1,99 1,77 ± 0,13	1,74 - 1,97 1,87 ± 0,06
	<b>Tamaño</b>			grande			grande
	<b>Polaridad</b>			isopolar			isopolar
	<b>Simetría</b>			radiosimétrico			radiosimétrico
	<b>Contorno</b>		amb triangular			amb triangular	
	<b>Forma</b>		prolado			prolado	
Aperturas	<b>N°</b>			3			3
	<b>Clase</b>			colporado			colpado
	<b>Posición</b>			ecuatorial			ecuatorial
Exina	<b>Grosor</b>	0,5 - 0,7 0,57 ± 0,06	0,5 - 0,6 0,57 ± 0,05	0,5 - 0,65 0,54 ± 0,06	0,5 - 0,7 0,54 ± 0,07	0,5 - 0,6 0,52 ± 0,04	0,5 - 0,7 0,59 ± 0,05
	<b>Ornamentación</b>			estriada			reticulado-estriada

(continúa)

(continuación)

Especie	<i>Prunus salicina</i>			<i>Prunus domestica</i>	
	Ciruelo japonés			Ciruelo europeo	
Cultivar	Ambra	Larry Anne	Angelino	D'Agen	
Morfología	<b>Diámetro polar (P)</b>	43,9 - 50	46,6 - 52,1	43,1 - 51,9	44,1 - 65,2
	<b>Diámetro ecuatorial (E)</b>	47,29 ± 2,04	49,03 ± 1,51	48,92 ± 2,57	57,81 ± 6,5
	<b>P/E</b>	22,8 - 29	25,6 - 30,6	23,4 - 27,1	29,2 - 37,8
		26,59 ± 1,93	27,9 ± 1,46	25,36 ± 1,16	33,78 ± 2,38
		1,68 - 1,96	1,6 - 1,91	1,8 - 2,03	1,3 - 2,03
		1,78 ± 0,09	1,76 ± 0,1	1,93 ± 0,07	1,72 ± 0,19
	<b>Tamaño</b>	mediano			grande
	<b>Polaridad</b>	isopolar			isopolar
	<b>Simetría</b>	radiosimétrico			radiosimétrico
	<b>Contorno</b>	amb triangular			-
Aperturas	<b>Forma</b>	prolado			prolado
	<b>N°</b>	3			3
	<b>Clase</b>	colpado			colpado
Exina	<b>Posición</b>	ecuatorial			ecuatorial
	<b>Grosor</b>	0,5 - 0,6	0,5 - 0,6	0,5 - 0,6	0,5 - 0,7
	<b>Ornamentación</b>	0,52 ± 0,04	0,57 ± 0,05	0,54 ± 0,05	0,6 ± 0,04
		reticulado - estriada			estriada

## APÉNDICE IV

Datos palinológicos cuantitativos (en  $\mu\text{m}$ ) y cualitativos de los granos de polen de las distintas especies de pomáceas del huerto frutal. Se incluyen valor mínimo y máximo, media aritmética y desviación estándar en cada caso.

Especie	<i>Pyrus communis</i>		<i>Malus x domestica</i>				
	Cultivar	Summer B.	Packham's T.	Galaxy	Granny S.	Raku - Raku	
Morfología	Diámetro polar (P)	45,3 - 54,5 49,21 $\pm$ 2,65	45,4 - 54,1 48,8 $\pm$ 2,45	44,2 - 52,3 48,65 $\pm$ 2,13	48,9 - 54,2 52,33 $\pm$ 1,53	45,1 - 50,6 48,17 $\pm$ 1,67	
	Diámetro ecuatorial (E)	24 - 30,9 26,78 $\pm$ 1,87	21,6 - 26,8 24,41 $\pm$ 1,59	22,5 - 29,5 26,05 $\pm$ 1,72	26 - 28,9 26,69 $\pm$ 0,8	23,3 - 27,6 26,2 $\pm$ 1,3	
	P/E	1,47 - 2 1,85 $\pm$ 0,14	1,82 - 2,16 2 $\pm$ 0,11	1,63 - 2,01 1,87 $\pm$ 0,1	1,85 - 2,08 1,96 $\pm$ 0,07	1,69 - 2,02 1,84 $\pm$ 0,1	
	Tamaño	mediano		mediano	grande	mediano	
	Polaridad	isopolar			isopolar		
	Simetría	radiosimétrico			radiosimétrico		
	Contorno	-			amb triangular		
	Forma	prolado	perprolado		prolado		
	Aperturas	N°	3			3	
		Clase	colpado			colporado	
Posición		ecuatorial			ecuatorial		
Exina	Grosor	0,45 - 0,7 0,56 $\pm$ 0,07	0,5 - 0,6 0,53 $\pm$ 0,04	0,5 - 0,7 0,62 $\pm$ 0,06	0,6 - 0,7 0,62 $\pm$ 0,04	0,5 - 0,7 0,62 $\pm$ 0,06	
	Ornamentación	reticulado-estriada			estriada		

## APÉNDICE V

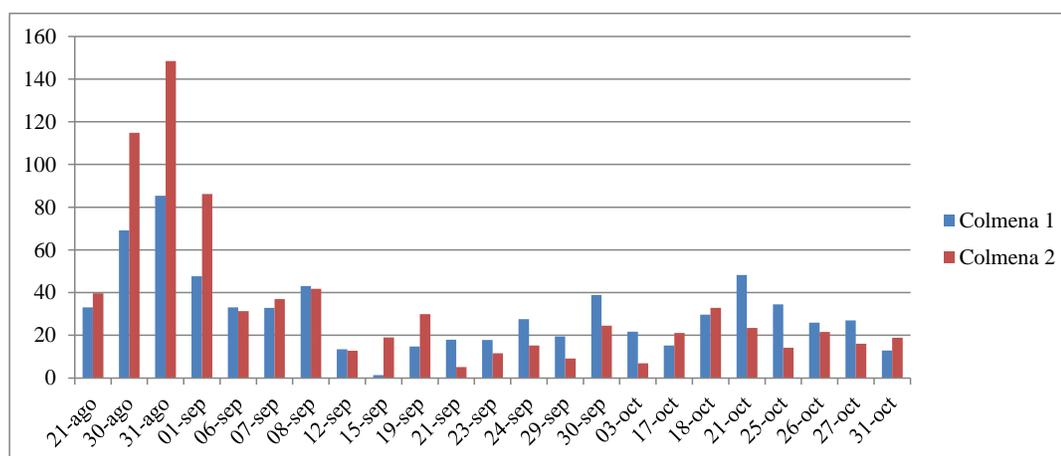
Datos palinológicos cuantitativos (en  $\mu\text{m}$ ) y cualitativos de los granos de polen de las distintas especies de cítricos del huerto frutal. Se incluyen valor mínimo y máximo, media aritmética y desviación estándar en cada caso.

Especie	<i>Citrus reticulata</i>		<i>Citrus limon</i>		
	Cultivar	Mandarino	Limonero		
	Oro Grande	Nour	Fino 49		
Morfología	<b>Diámetro polar (P)</b>	26,4 - 37,7 $30,81 \pm 3,56$	30,1 - 38,6 $34,41 \pm 2,72$	32,4 - 44,5 $37,94 \pm 4,28$	
	<b>Diámetro ecuatorial (E)</b>	24,6 - 29,5 $26,87 \pm 1,69$	24,3 - 32,2 $28,74 \pm 2,67$	28,6 - 36,6 $31,15 \pm 2,2$	
	<b>P/E</b>	1,03 - 1,3 $1,14 \pm 0,08$	1,06 - 1,33 $1,2 \pm 0,07$	1,07 - 1,38 $1,22 \pm 0,09$	
	<b>Tamaño</b>		mediano	mediano	
	<b>Polaridad</b>		isopolar	isopolar	
	<b>Simetría</b>		radiosimétrico	radiosimétrico	
	<b>Contorno</b>		-	-	
	<b>Forma</b>		subprolado	subprolado	
	Aperturas	<b>N°</b>		3 a 4	3
		<b>Clase</b>		colpado	colpado
<b>Posición</b>			ecuatorial	ecuatorial	
Exina	<b>Grosor</b>	0,6 - 0,7 $0,66 \pm 0,05$	0,6 - 0,7 $0,61 \pm 0,03$	0,6 - 0,8 $0,71 \pm 0,05$	
	<b>Ornamentación</b>		microreticulada	reticulada	

## APÉNDICE VI

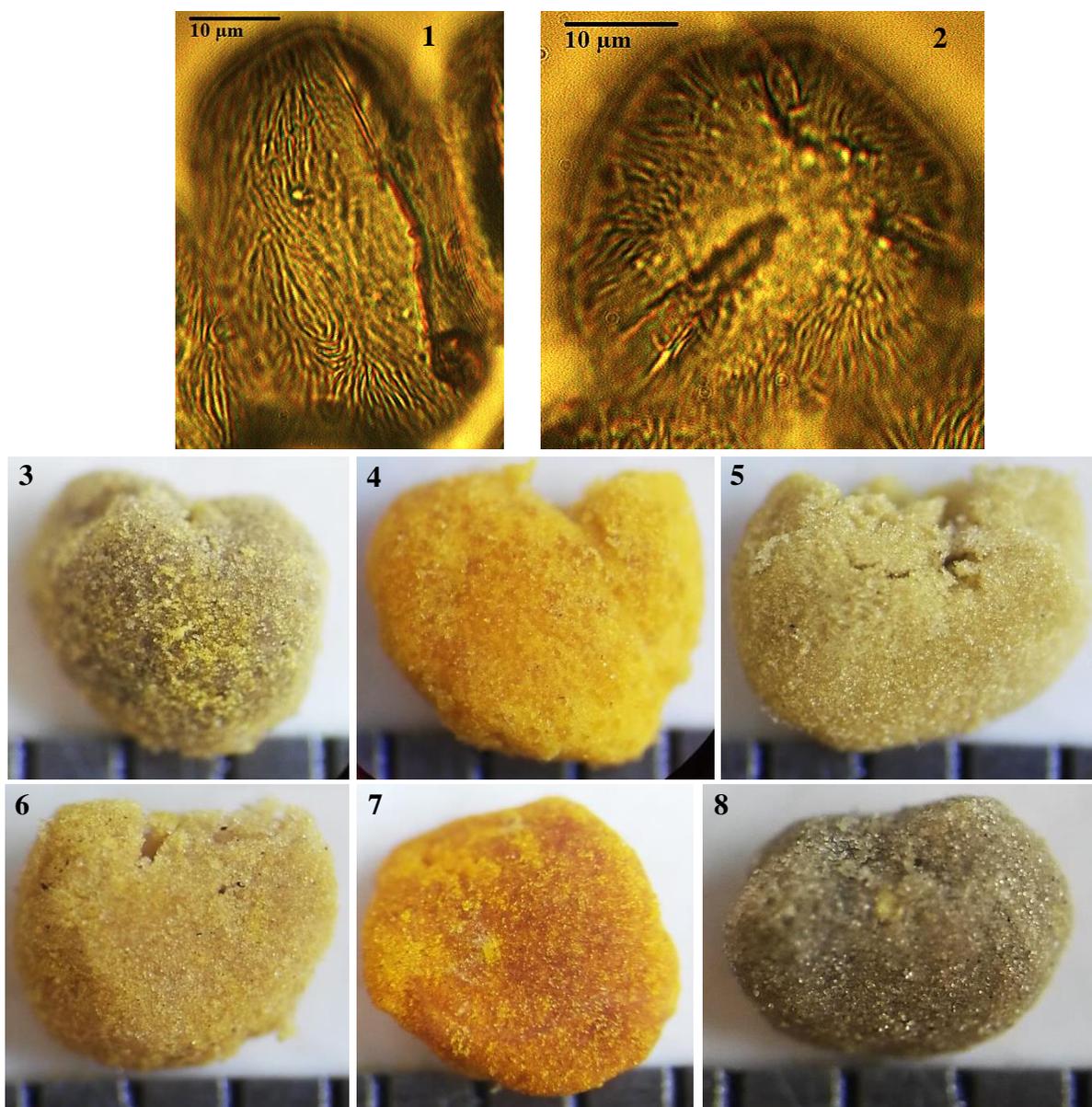
Polen corbicular cosechado desde aproximadamente la quincena de agosto hasta fines de octubre en ambas colmenas durante 2011.

	Colmena 1 Colmena 2		
Fecha	Peso (gr)		Total
21-ago	33,11	39,69	72,8
30-ago	69,1	114,86	183,96
31-ago	85,39	148,46	233,85
01-sep	47,68	86,15	133,83
06-sep	33,06	31,33	64,39
07-sep	32,79	36,97	69,76
08-sep	43,11	41,76	84,87
12-sep	13,42	12,76	26,18
15-sep	1,32	19	20,32
19-sep	14,8	29,94	44,74
21-sep	17,88	5,11	22,99
23-sep	17,76	11,61	29,37
24-sep	27,56	15,23	42,79
29-sep	19,45	9,08	28,53
30-sep	38,8	24,48	63,28
03-oct	21,68	6,9	28,58
17-oct	15,28	21,12	36,4
18-oct	29,64	32,86	62,5
21-oct	48,28	23,4	71,68
25-oct	34,53	14,14	48,67
26-oct	25,86	21,55	47,41
27-oct	26,99	16	42,99
31-oct	12,83	18,82	31,65
<b>Total</b>	<b>710,32</b>	<b>781,22</b>	<b>1491,54</b>

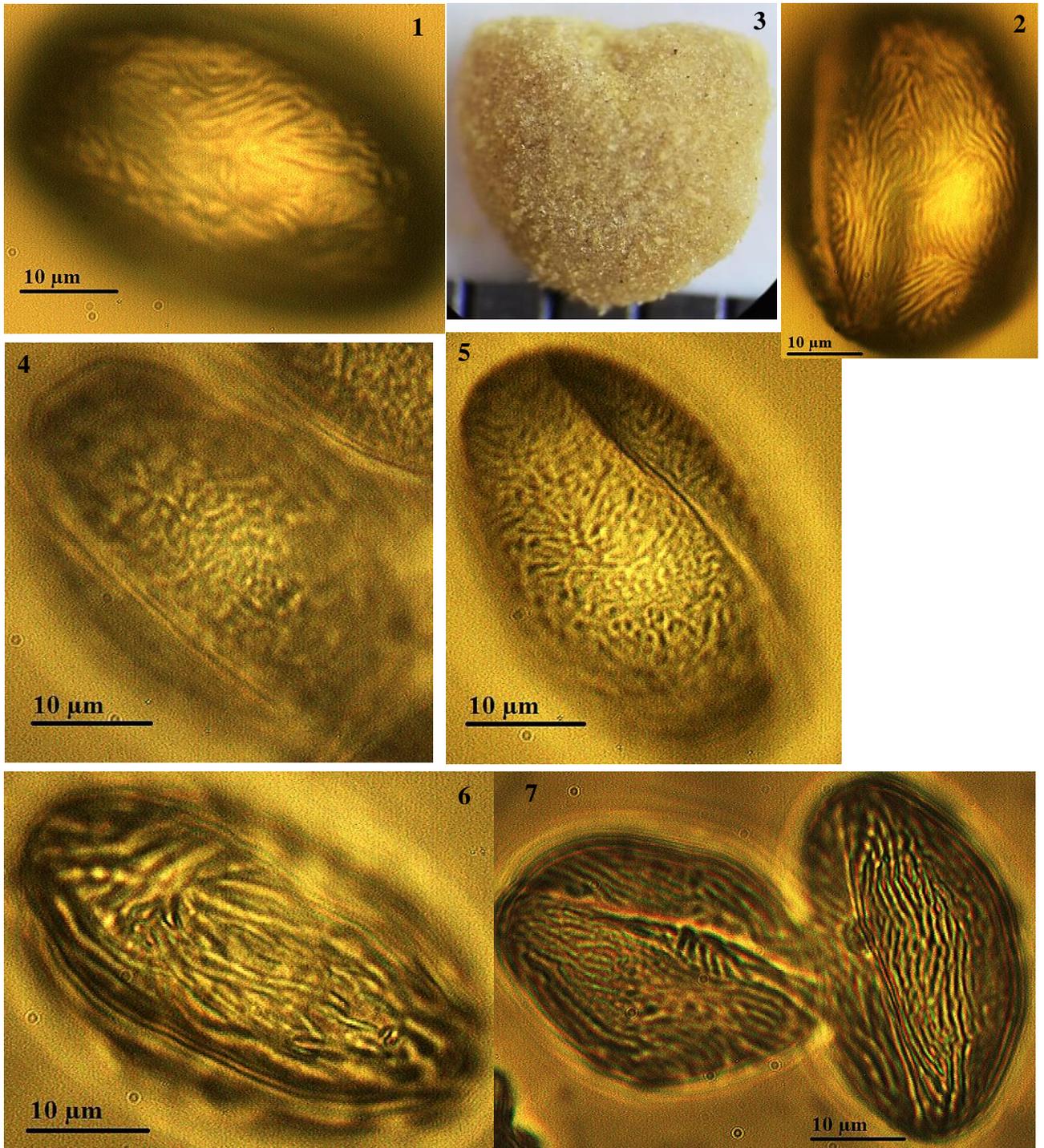


## APÉNDICE VII

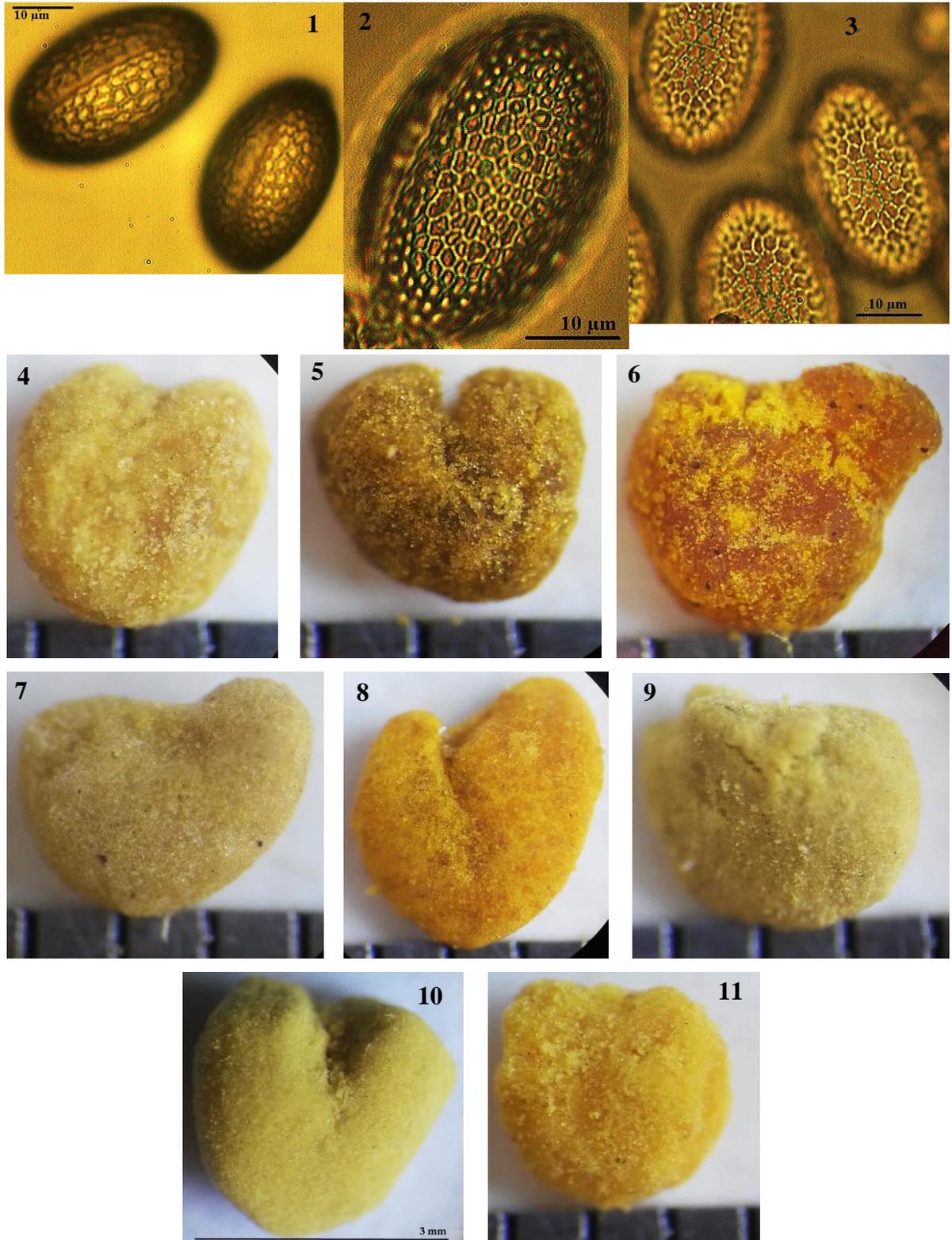
### Granos y corbículos de polen de las especies ajenas al huerto frutal.



Rosaceae – Tipo I. (1) Grano de polen en vista ecuatorial observado al microscopio óptico (1.000x). (2) Grano de polen en vista polar observado al microscopio óptico (1.000x). (3) a (8) Polen corbicular de Rosaceae – Tipo I encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm.



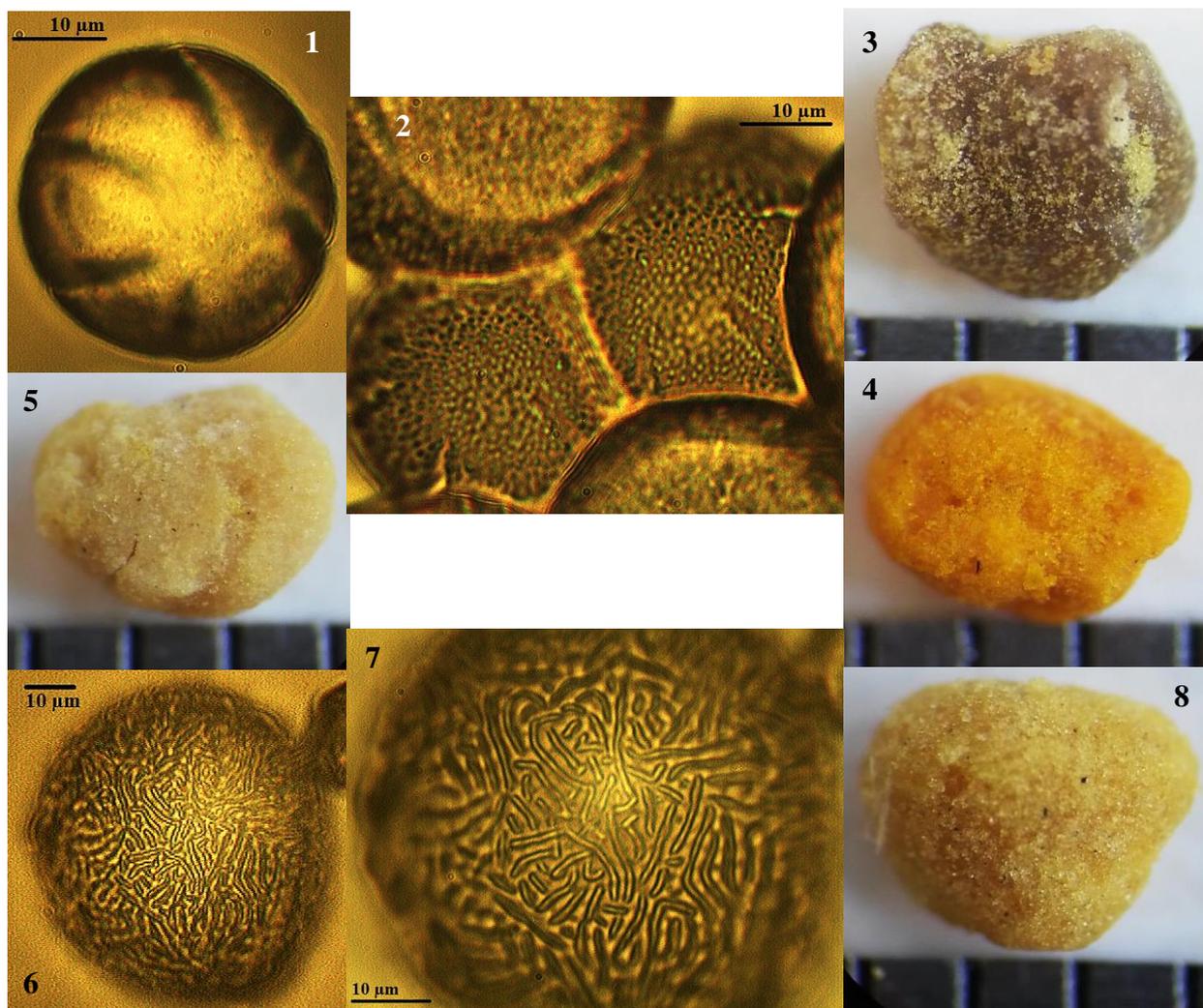
(1) y (2) Grano de polen de Rosaceae – Tipo II en vista ecuatorial observado al microscopio óptico (1.000x). (3) Polen corbicular de Rosaceae – Tipo II encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (4) y (5) Granos de polen de Rosaceae – Tipo III en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (1.000x). (6) y (7) Granos de polen de Rosaceae – Tipo IV en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (1.000x).



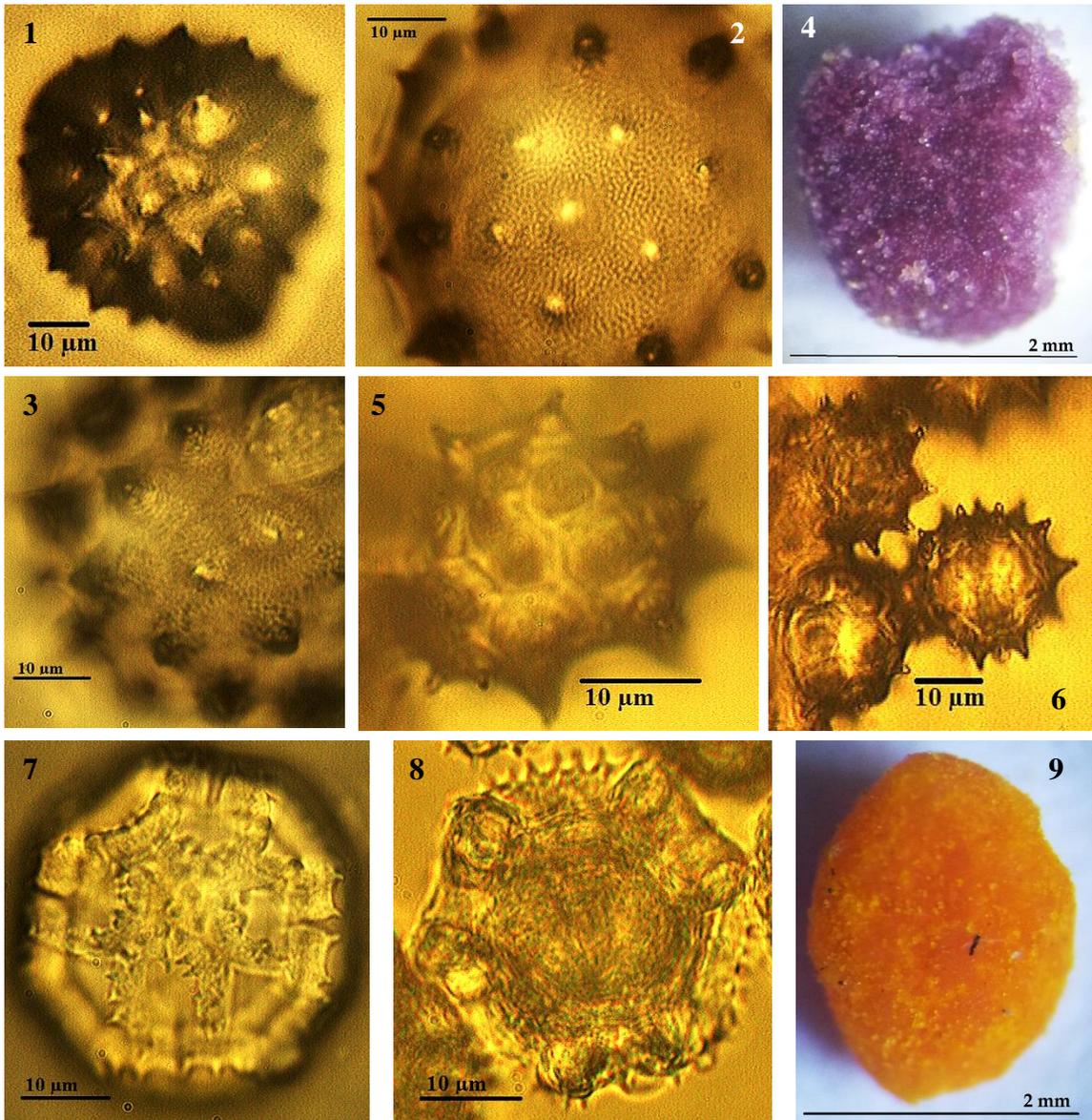
Brassicaceae. (1), (2) y (3) Granos de polen en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (1.000x). (4) a (11) Polen corbicular de Brassicaceae encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm.



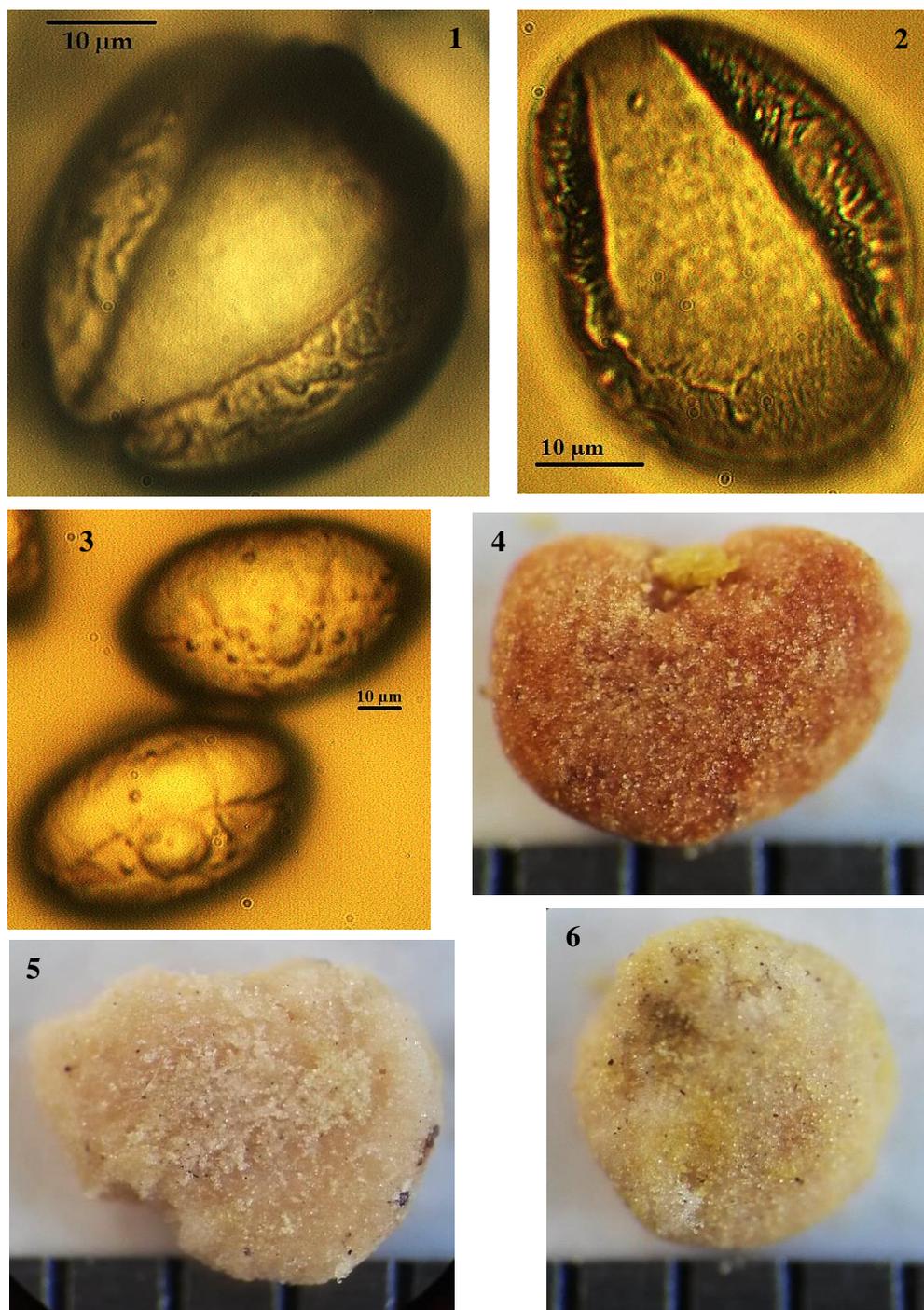
(1) y (2) Granos de polen de *Vicia faba* (Fabaceae) en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (3) y (4) Polen corbicular de *Vicia faba* encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (5) y (6) Granos de polen de Myrtaceae en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (7) Polen corbicular de Myrtaceae encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (8) y (9) Granos de polen de Mimosaceae en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (10) Polen corbicular de Mimosaceae encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm.



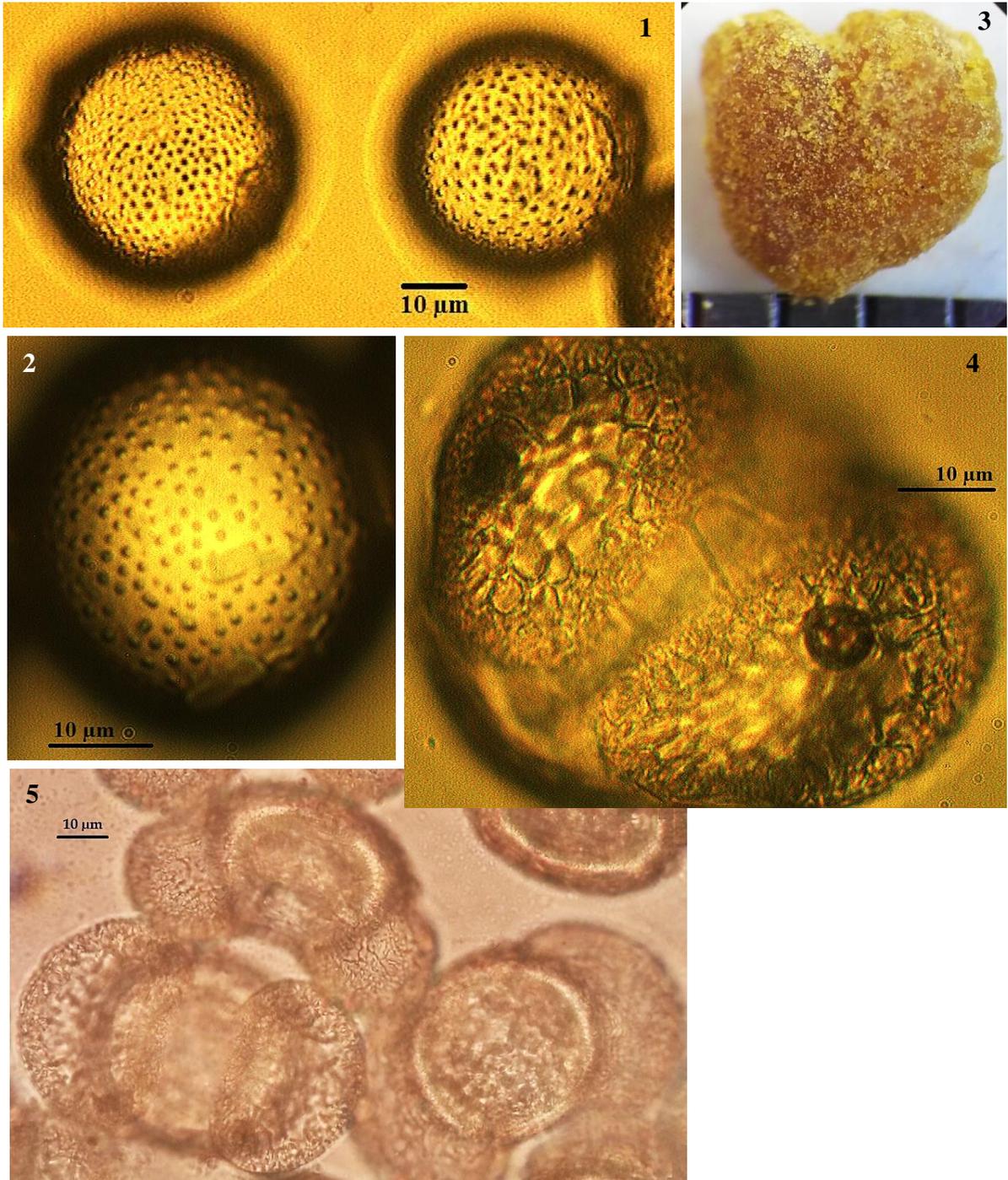
(1) y (2) Granos de polen de *Escholtzia californica* (Papaveraceae) en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (3), (4) y (5) Polen corbicular de *Escholtzia californica* (Papaveraceae) encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (6) y (7) Granos de polen de *Erodium cicutarium* (Geraniaceae) en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (8) Polen corbicular de *Erodium cicutarium* (Geraniaceae) encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm.



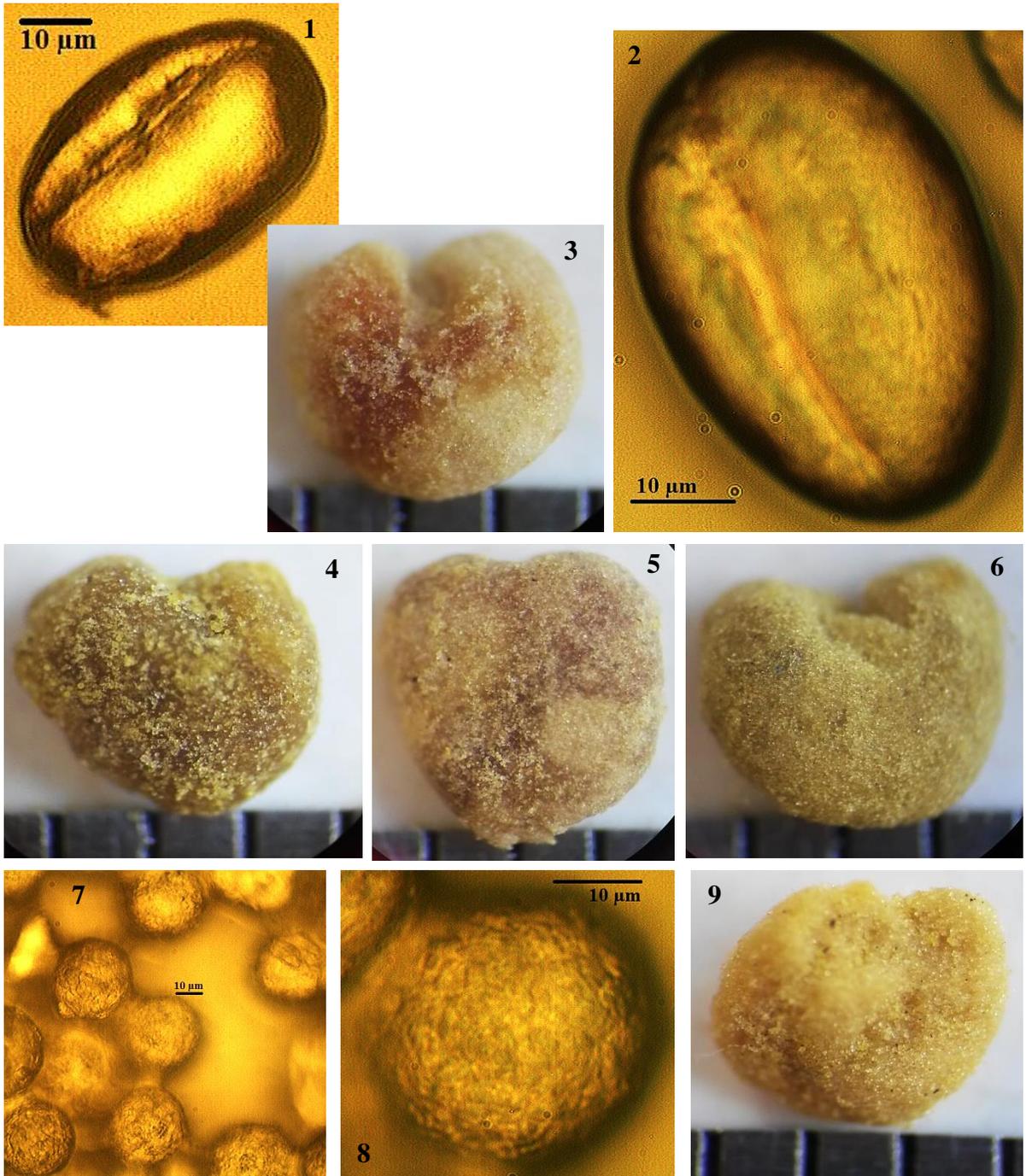
Asteraceae. (1), (2) y (3) Granos de polen de *Silybum marianum* en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (4) Polen corbicular de *Silybum marianum* encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (5) y (6) Granos de polen de Asteraceae – Tipo I en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (1.000x y 400x respectivamente). (7) y (8) Granos de polen de *Taraxacum officinale* en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (1.000x). (9) Polen corbicular de *Taraxacum officinale* encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm.



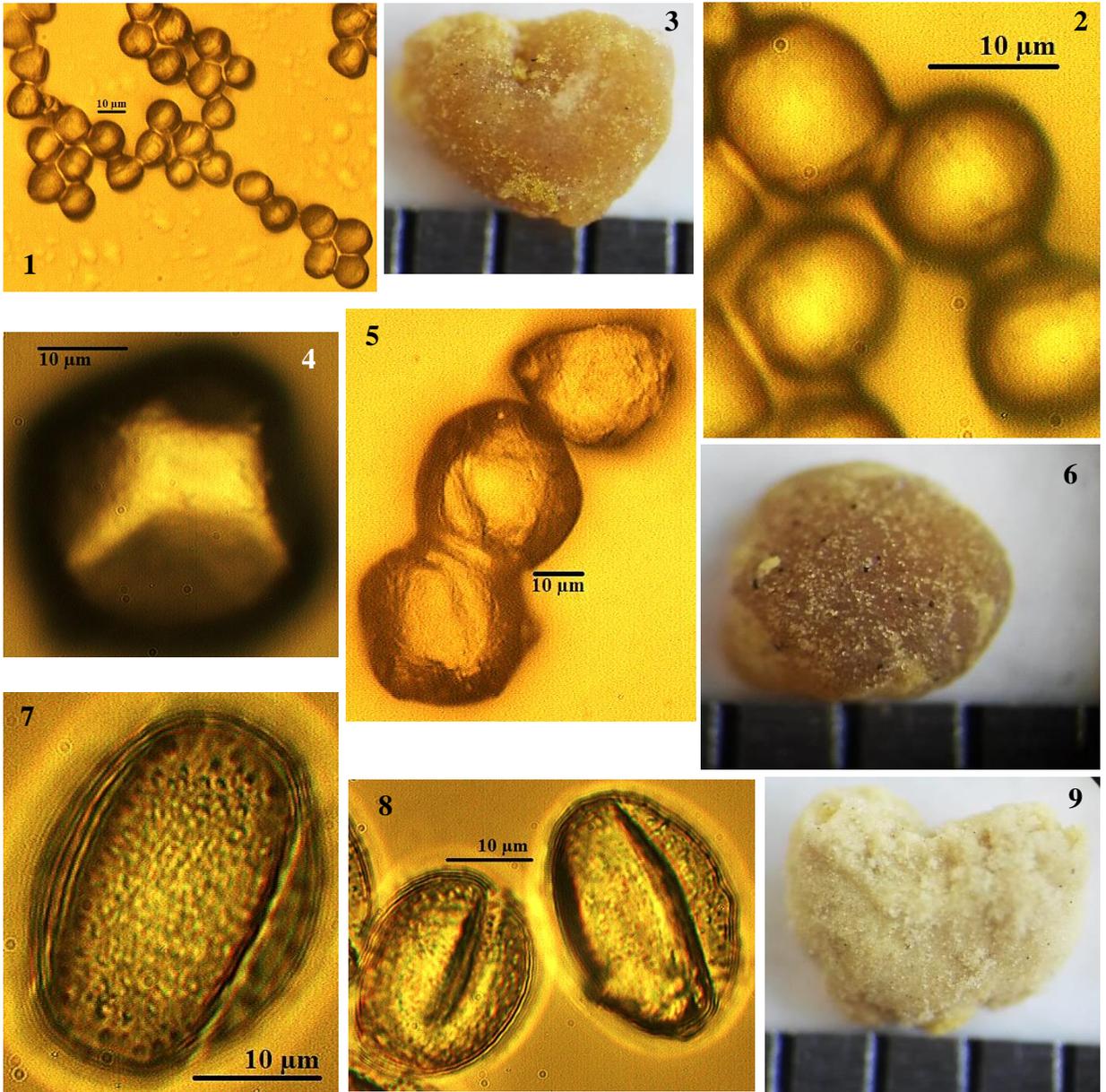
Sapindaceae. (1) y (2) Granos de polen de *Aesculus hippocastanum* en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (1.000x). (3) Grano de polen de *Aesculus hippocastanum* en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x). (4), (5) y (6) Polen corbicular de *Aesculus hippocastanum* encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm.



(1) y (2) Granos de polen de *Persea americana* (Lauraceae) en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (3) Polen corbicular de *Persea americana* (Lauraceae) encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (4) Grano de polen de Pinaceae en vista polar observado al microscopio óptico (1.000x). (5) Granos de polen de Pinaceae en vista ecuatorial y polar observados al microscopio óptico (400x).



Indeterminados. (1) y (2). Granos de polen Tipo I en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (3) a (6) Polen corbicular Tipo I encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (7) y (8). Granos de polen Tipo II en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (9) Polen corbicular Tipo II encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm.



Indeterminados. (1) y (2). Granos de polen Tipo III en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (3) Polen corbicular Tipo III encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (4) y (5). Granos de polen Tipo IV en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (400x y 1.000x respectivamente). (6) Polen corbicular Tipo IV encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm. (7) y (8). Granos de polen Tipo V en vista ecuatorial observados al microscopio óptico (1.000x y 400x respectivamente). (9) Polen corbicular Tipo V encontrado en el polen cosechado de las trampas, observado en lupa (40x) y con su tamaño relativo en mm.