

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**FORRAJEO DE POLEN, DE LAS ABEJAS MELÍFERAS (*Apis mellifera*)
EN CONTACTO CON CULTIVOS DE SOJA (*Glycine max*) EN DOS
DEPARTAMENTOS DE URUGUAY**

por

Ana Paula SOCA HUERTAS

**Trabajo final de grado
presentado como uno de los
requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

PAYSANDÚ

URUGUAY

2026

Este Trabajo Final de Grado se distribuye bajo licencia
“Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**”.



PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Dra. Estela Santos

Codirector/a:

Ing. Agr. Horacio Silva

Tribunal:

Ing. Agr. Horacio Silva

Dra. Silvana Abbate

Dra. Sheena Salvarrey

Fecha:

9 de junio de 2026

Estudiantes:

Ana Paula Soca Huertas

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, pilar fundamental en cada paso de mi camino. Gracias por sostenerme siempre, por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba, y por acompañar cada una de mis decisiones con una paciencia infinita. Este crecimiento, tanto personal como profesional, no habría sido posible sin su amor incondicional, su comprensión y su confianza absoluta.

A mi pareja, que caminó a mi lado durante todo este proceso. Gracias por estar presente en las etapas más lindas y también en las más difíciles, por escucharme cuando necesitaba desahogarme, por alentarme cada vez que quería desistir y por recordarme siempre por qué había empezado. Tu apoyo silencioso y constante fue un refugio y una motivación diaria.

A los productores que generosamente cedieron sus colmenas para los muestreos. Su predisposición, tiempo y apertura hicieron que este trabajo pudiera llevarse adelante.

A los funcionarios de la EEMAC, y en especial a todo el equipo del laboratorio de Entomología, por hacer que las horas de trabajo, análisis y procesamiento fueran más llevaderas. Gracias por las charlas, la ayuda cuando más la necesitaba y el ambiente humano que construyeron y que hizo que cada jornada valiera la pena.

Un agradecimiento muy especial a Estela y Horacio, por confiar en mí desde el primer día y acompañarme en esta hermosa “locura” de investigación. Gracias por escuchar mis intereses, por respetar mis tiempos, por sostener mis dudas y por empujarme siempre un poquito más cuando lo necesitaba. Este trabajo es posible gracias a su guía, su generosidad y su genuino compromiso con mi formación.

Finalmente, quiero dedicar un agradecimiento en particular a mi padre. Gracias por haberme transmitido desde tan temprana edad el amor por las abejas, por enseñarme a mirar este mundo diminuto con curiosidad y respeto, y por abrirme la puerta a un universo que hoy forma parte de quien soy. Este trabajo es, en gran parte, una forma de honrar ese legado.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	3
AGRADECIMIENTOS	4
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	7
RESUMEN	9
SUMMARY	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. SECTOR APÍCOLA.....	12
2.2. ABEJA MELÍFERA (<i>APIS MELLIFERA</i>).....	14
2.2.1. <i>Características y organización social</i>	14
2.2.2. <i>Alimentación</i>	15
2.2.3. <i>Requerimientos nutricionales de polen</i>	17
2.3. EL CULTIVO DE SOJA <i>GLYCINE MAX</i> EN URUGUAY	17
2.3.1. <i>Soja en Uruguay</i>	17
2.3.2. <i>Polinización de soja Glycine max</i>	18
2.3.3. <i>Presencia de polen y néctar de soja en muestreos apícolas de Uruguay</i>	18
2.3.4. <i>Estrategias de manejo de flora competitiva</i>	20
3. OBJETIVO E HIPÓTESIS	21
3.1. OBJETIVOS	21
3.2. HIPÓTESIS	21
4. MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1. SITIOS DE ESTUDIO	22
4.1.1. <i>Mendoza, Florida</i>	22
4.1.2. <i>Young, Rio Negro</i>	23
4.2. DISEÑO	24
4.3. MUESTREO.....	25
4.4. DETERMINACIONES	26
4.4.1. <i>Reconocimiento de tipos polínicos y colores de polen</i>	26
4.4.2. <i>Análisis palinológico para identificación botánica</i>	28
4.4.3. <i>Colección de referencia (Palinoteca)</i>	30
4.4.4. <i>Análisis estadístico de la composición relativa de taxones polínicos registrados</i>	31
4.4.5. <i>Cálculo de la composición relativa de taxones</i>	32
4.4.6. <i>Clasificación de taxones según nivel de identificación</i>	33
4.4.7. <i>Análisis cromático de las pelotitas de polen</i>	33
4.4.8. <i>Generación de gráficos comparativos</i>	34
4.4.9. <i>Consideraciones metodológicas adicionales</i>	34
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
5.1. RECONOCIMIENTO DE TIPOS POLÍNICOS Y COLORES DE POLEN	35

5.2. ANÁLISIS PALINOLÓGICO PARA IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA	36
5.3. COLECCIÓN DE REFERENCIA PALINOTECA	48
5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COMPOSICIÓN RELATIVA DEL POLEN COLECTADO POR <i>A. MELLIFERA</i>	48
6. CONCLUSIONES.....	64
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
8. ANEXO.....	72

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla n.

Tabla 1 <i>Taxones registrados</i>	46
Tabla 2 <i>Composición porcentual de polen de A. mellifera en Mendoza y Young durante floración de soja</i>	49

Figura n.

Figura 1 <i>Castas de abejas melíferas: a) zángano (macho), b) reina (fértil) y c) obrera (estéril)</i>	15
Figura 2 <i>Ubicación del apiario y del cultivo de colza en Mendoza, Mendoza</i>	23
Figura 3 <i>Ubicación del apiario y del cultivo de colza en Young, Rio Negro</i>	24
Figura 4 <i>Extracción de muestras en colmenas</i>	26
Figura 5 <i>Parte de subgrupos cromáticos obtenidos durante la separación de polen</i>	27
Figura 6 <i>Evaluación microscópica de las correspondencia entre color y tipo polínico</i>	27
Figura 7 <i>Asignación de códigos cromáticos al polen mediante fotos directas y capturas de Adobe Capture</i>	28
Figura 8 <i>Preparación del portaobjetos para el montaje de polen previo a su observación en el microscopio</i>	29
Figura 9 <i>Bocetos de referencia para describir la morfología de los distintos tipos polínicos registrados</i>	29
Figura 10 <i>Palinoteca utilizada como referencia para la identificación de los tipos polínicos</i>	30
Figura 11 <i>Flores y pimpollos colectados para obtener polen de la colección de referencia</i>	31
Figura 12 <i>Polen apícola separado por color mediante observación directa. Color de cada taxón identificado</i>	36
Figura 13 <i>Identificación del tipo polínico correspondiente a Asteraceae mediante observación microscópica y caracterización cromática</i>	37
Figura 14 <i>Identificación del tipo polínico correspondiente a Amaranthaceae mediante observación microscópica y caracterización cromática</i>	38
Figura 15 <i>Identificación del tipo polínico correspondiente a G. max mediante observación microscópica y caracterización cromática</i>	39
Figura 16 <i>Identificación del tipo polínico correspondiente a Eryngium sp. mediante observación microscópica y caracterización cromática</i>	40
Figura 17 <i>Identificación del tipo polínico correspondiente a Picris echiodides mediante observación microscópica y caracterización cromática</i>	41
Figura 18 <i>Identificación del tipo polínico correspondiente a Carduus sp. mediante observación microscópica y caracterización cromática</i>	42
Figura 19 <i>Identificación del tipo polínico correspondiente a Casuarina cunninghamiana mediante observación microscópica y caracterización cromática</i>	43
Figura 20 <i>Polen mezclado: una misma coloración marrón-verdosa para diversos orígenes (Pastinaca, Eryngium y Amaranthaceae)</i>	44
Figura 21 <i>Polen naranja de distintos géneros botánicos: Baccharis sp. y P. echiodides bajo microscopio</i>	45

Figura 22 <i>Índices de diversidad de polen recolectado por A. mellifera en los sitios Mendoza y Young</i>	51
Figura 23 <i>Red de interacción entre especies botánicas en el polen de A. mellifera (Mendoza)</i>	53
Figura 24 <i>Red de interacción entre especies botánicas en el polen de A. mellifera (Young)</i>	54
Figura 25 <i>Red trófica de interacciones planta-abeja en Mendoza</i>	56
Figura 26 <i>Red trófica de interacciones planta-abeja en Young</i>	57
Figura 27 <i>Redes tróficas de interacciones planta-abeja en Young para las distintas fechas de muestreo</i>	58
Figura 28 <i>Riqueza de polen recolectado por abejas melíferas según fechas de muestreo (Mendoza y Young)</i>	60
Figura 29 <i>Porcentaje de contribución de polen de G. max (soja) por sitio</i>	61

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo conocer y comparar la lora polinífera utilizada por las colonias de *Apis mellifera* en diferentes ambientes de producción de soja en Uruguay, mediante técnicas palinológicas. Para ello, se realizaron muestreos periódicos de polen en colmenas ubicadas en dos sitios (Mendoza, Florida y Young, Río Negro), utilizando trampas cazapolen de piquera. Las muestras recolectadas fueron analizadas para identificar los tipos polínicos presentes, complementándose con la recolección de especies vegetales del entorno para su comparación. Los resultados evidenciaron que *A. mellifera* utiliza el polen de soja durante la floración del cultivo, aunque no de forma exclusiva, registrándose una importante diversidad de especies florales acompañantes. Este patrón multifloral se observó en ambos ambientes evaluados, reflejando el comportamiento generalista de la especie. En conclusión, la soja constituye un recurso polinífero complementario dentro del paisaje agrícola, mientras que la diversidad de flora circundante resulta fundamental para la nutrición de las colonias. Asimismo, la presencia de múltiples especies florales podría limitar la concentración del forrajeo en el cultivo, con posibles implicancias en su polinización.

Palabras clave: colmenas, soja, polen, competencia de recursos florales

SUMMARY

This study aimed to assess and compare the pollen floral resources used by *Apis mellifera* colonies in different soybean production environments in Uruguay, using palynological techniques. Pollen samples were collected periodically from hives located in two sites (Mendoza, Florida and Young, Río Negro) using pollen traps at the hive entrance. The collected samples were analyzed to identify pollen types and were complemented with floral surveys of plant species present in the surrounding area. The results showed that *A. mellifera* uses soybean pollen during the flowering period, although not exclusively, as a wide diversity of co-flowering plant species was recorded. This multifloral pattern was consistent across both environments, reflecting the generalist foraging behavior of the species. In conclusion, soybean acts as a complementary pollen resource within the agricultural landscape, while the diversity of surrounding flora plays a key role in colony nutrition. Additionally, the presence of multiple attractive plant species may limit the concentration of foraging on soybean, potentially affecting pollination efficiency.

Keywords: hives, soy, pollen, floral resources competition

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la apicultura se desarrolla en todos los departamentos de nuestro país. Según la Oficina de Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2024), el número total de propietarios de colmenas es de 2823, llegando a manejar un total de 646679 colmenas en el territorio nacional. El mayor número de colmenas se concentra en los departamentos de Colonia, Soriano, Río Negro y Paysandú, por lo tanto interacciona con la agricultura que también se encuentra implantada en gran medida en estos departamentos (DIEA, 2024).

El cultivo de *Glycine max* es uno de los más relevantes tanto a nivel nacional como mundial, ya que su grano se utiliza en la producción de biocombustibles, así como para consumo animal y humano. En la agricultura de verano de nuestro país, el área sembrada con soja ha aumentado en los últimos años; sin embargo, las limitantes hídricas, derivadas de que el cultivo se realiza mayoritariamente en condiciones de secano, han tenido un fuerte impacto en los rendimientos (Uruguay XXI, 2024).

Si bien esta especie es considerada autógama, presenta cierta alogamia en la cual intervienen diferentes polinizadores, siendo uno de los principales *Apis mellifera* (Santos et al., 2013). Esto genera una interacción directa con la apicultura en zonas agrícolas, donde la soja puede constituir un recurso florístico relevante para el desarrollo de las colmenas y las colmenas pueden ser relevantes en el incremento de la producción de soja.

El presente trabajo tiene como objetivo conocer y comparar la oferta floral polinífera apícola para las colonias de abejas *A. mellifera*, en diferentes sitios de producción de soja mediante técnicas de palinología.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sector apícola

La apicultura en Uruguay se remonta a 1834, cuando Bernardino Rivadavia político argentino desembarcó en Colonia del Sacramento con dos colonias de abejas alojadas en cajones rústicos, de las cuales solo una contenía abejas melíferas (*A. mellifera*) (Cordara, 2011).

Actualmente, la apicultura se desarrolla en todos los departamentos de nuestro país. El número total de propietarios de colmenas es de 2823, llegando a ser un total de 646679 colmenas en el territorio nacional (DIEA, 2024) El mayor número de colmenas se concentra en los departamentos de Colonia, Soriano, Río Negro y Paysandú (DIEA, 2024). Por lo tanto interacciona con la agricultura, y se debe tener en cuenta la salud del ambiente en la cual se está trabajando.

La producción apícola nacional está orientada principalmente a la exportación de miel, aunque también se trabajan otros productos como cera, apitoxina, propóleo, polen y servicios de polinización a cultivos para producción de frutas y semillas (Santos, 2023). Para estas producciones las abejas utilizan varios recursos del ambiente que las rodea. Por lo tanto las abejas y sus productos dentro de la colmena constituyen valiosos reservorios de información sobre la calidad ambiental en el cual se encuentran, al mismo tiempo que brindan información de la diversidad vegetal del entorno en el que están produciendo. Teniendo en cuenta esto, la abeja y la colmena son bioindicadores de la calidad y cualidades del ambiente de una región (Niell et al., 2020).

La cadena de comercialización de productos apícolas involucra cinco eslabones principales: producción, extracción, acopio, homogeneización y comercialización. Se estima que, en su conjunto, esta cadena genera unos 12000 empleados directos e indirectos (Carrau et al., 2019). La apicultura constituye una actividad agropecuaria de gran peso en Uruguay, no solo por su aporte económico y social, sino también por su papel fundamental en la biodiversidad y la polinización de cultivos (Santos, 2023).

Y por las características de los suelos y con formaciones vegetales del territorio se observa que se pueden producir mieles naturales de monte nativo, pradera y eucaliptos, así como de variedades poliflorales que reflejan la diversidad de cultivos implantados en el

territorio (Cracco, Cabrera et al., 2022; Moreni et al., 2023; Santos et al., 2018; Tejera et al., 2013). Además, la introducción de cultivos como colza, praderas de leguminosas y soja en los sistemas de producción genera nuevas oportunidades para los apicultores al demandar servicios de polinización y aumentar la producción de miel (Santos et al., 2013). Sin embargo, la interacción con estos cultivos debería ser sostenible para que ninguna de las actividades se vea afectada (Sponsler et al., 2019).

En Uruguay, se destaca la estrecha relación entre los productores y el Estado, junto con la existencia de un sistema de trazabilidad de la miel, factores que favorecen el acceso a mercados internacionales exigentes (Bianchi & Carrau, 2023). Una de las principales instituciones vinculadas al sector apícola del país, es la Comisión Honoraria de Desarrollo Apícola (CHDA). Este organismo se conforma con la participación del sector público, a través del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) y el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), así como del sector privado, mediante organizaciones que representan y apoyan la actividad. Entre ellas, se encuentran la Sociedad Apícola Uruguaya (SAU), asociación civil sin fines de lucro que nuclea a los apicultores a nivel nacional, la Comisión Nacional de Fomento Rural (CNFR) y la Asociación de Exportadores de Miel (ADEXMI) (Bianchi & Carrau, 2023).

Por otro lado, la apicultura también tiene un fuerte sostén en la academia. La relación entre la academia y la apicultura en Uruguay ha sido clave para enfrentar los desafíos del sector y promover su desarrollo sostenible. Instituciones como el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable y la Universidad de la República han impulsado investigaciones sobre sanidad apícola, genética, nutrición, polinización y manejo de colmenas, generando conocimiento técnico que fortalece la producción y la conservación de polinizadores. En cuanto a la polinización de cultivos y la relación de las abejas con la producción son escasos los estudios abordados en Uruguay. Aguirre et al. (2022) subrayan la necesidad de articular la cadena apícola con otros sectores productivos y con el Estado, reconociendo el rol estratégico de la academia en el diagnóstico y mejora de la competitividad del rubro. Esta sinergia entre investigación, extensión y producción apícola es fundamental para garantizar la trazabilidad, calidad y resiliencia del sector frente a los desafíos ambientales y comerciales.

2.2. Abeja melífera (*Apis mellifera*)

2.2.1. Características y organización social

La abeja (*A. mellifera*) es una especie de insecto perteneciente a la familia Apidae dentro del orden Hymenoptera y se caracteriza por organizarse en sociedad (Michener, 2007). Esta es la especie más abundante y fácilmente manejable por el ser humano, y participa en mayor medida en la polinización de diversos cultivos. Varias son las características de esta especie de abeja que hacen que sea el polinizador por excelencia. Además, estas abejas viven en casi todos los ambientes del planeta soportando temperaturas variables y pecoreando sobre una gran diversidad de especies vegetales (Winston, 1987). El hecho de que sean buenas productoras de miel, polen, ceras y propóleos, las hace apreciadas por el ser humano, quien las cuida y mantiene en colmenas artificiales para la obtención de esos varios productos. Estas colmenas pueden ser movilizadas para polinizar cultivos, asegurando una buena producción de frutos y semillas (De la Cuadra Infante & Rodríguez Le Boulenge, 2019).

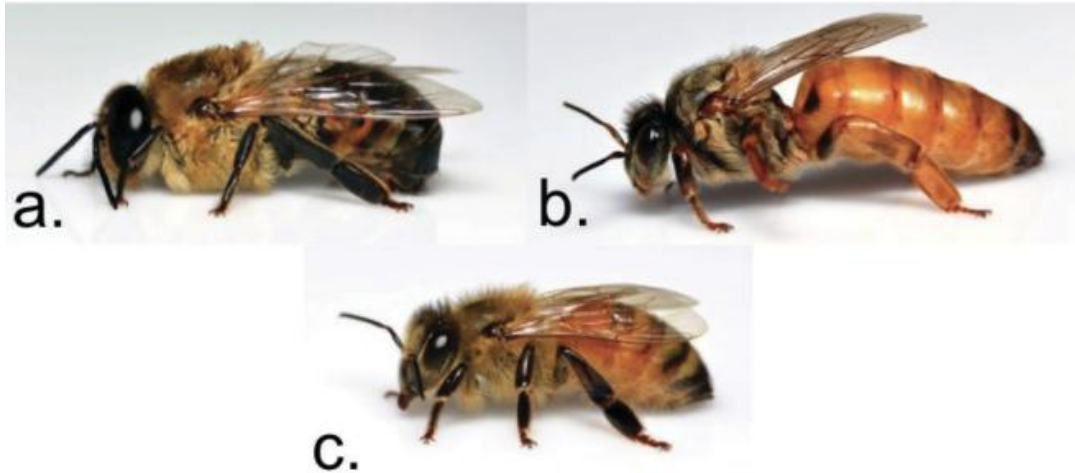
La colonia de abejas melíferas, que crían los apicultores en colmenas, es una comunidad que se divide en diferentes castas. Mortensen et al. (2022) enmarca tres características que definen la eusocialidad (mayor nivel de socialidad) de los insectos. Estas son: división reproductiva del trabajo, cuidado cooperativo de la cría y generaciones superpuestas. Cada colonia tiene tres castas, una reina (hembra reproductiva), obreras (hembras no reproductivas) y zánganos (machos reproductivos). Las obreras cuidan a la descendencia de la reina y las reinas pueden vivir varios años y coexistir en la colonia con sus crías. Las abejas melíferas cumplen con los tres criterios anteriormente nombrados y por lo tanto se los caracterizan como eusociales (Michener, 2007).

Para Mortensen et al. (2022), los zánganos son las abejas macho que son responsables de transmitir los genes de la colonia a la próxima generación aparearse con la reina. Según los autores, la abeja reina es la hembra reproductora de la especie, es la única en la colonia y es responsable de producir toda la cría dentro de la colmena. Las obreras son hembras no reproductivas, estas realizan la tarea de cuidado de la cría, mantenimiento de la colmena y defensa de su colonia, no se especializan en una sola tarea, sino que tienen un orden basado en su edad a esto se le llama polietismo temporal (Mortensen et al., 2022). Para los autores, el polietismo temporal se define como la división del trabajo relacionado con la edad que

ocurre dentro de las colonias de abejas. A diferentes edades las abejas obreras son más adecuadas para realizar diferentes tareas, cada obrera, durante su desarrollo, realiza tareas de la colonia algo predecible a lo largo de su vida, en lugar de especializarse en una sola tarea (Mortensen et al., 2022).

Figura 1

Castas de abejas melíferas: a) zángano (macho), b) reina (fértil) y c) obrera (estéril)



Nota. Tomado de Mortensen et al. (2022).

Las obreras son las que se encargan de la colecta de recursos como: agua, resinas, polen y néctar. Para la colecta de polen y néctar eligen los recursos florales por la abundancia, concentración de flores, riqueza de néctar y polen y concentración de azúcares entre otros aspectos (Seeley, 1995). Por lo tanto, son las que acarrean desde el entorno los elementos que se encuentran en la colmena y sirven para evaluar la calidad y cualidades ambientales (Niell et al., 2020). Y esta colecta de recursos se realiza de forma diurna, dado que las abejas no poseen adaptación visual nocturna (Winston, 1987).

2.2.2. Alimentación

Las abejas dependen de distintos recursos del ambiente para satisfacer sus necesidades nutricionales, los cuales varían de acuerdo con el estado poblacional de la colonia y con la oferta floral disponible en el entorno. Esta disponibilidad de recursos varía según la época del año y la diversidad de especies florales alrededor de la colmena, lo que influye en la calidad del polen y del néctar recolectados (Bedascarrasbure et al., 2020).

Dentro de estos recursos se encuentran el néctar (con el que hacen la miel), el polen y el agua, que en conjunto aseguran tanto el aporte energético como el proteico, vitamínico y mineral para el funcionamiento normal de la colonia (Ellis et al., 2023).

El néctar constituye la principal fuente de carbohidratos y por lo tanto de energía, indispensable para el vuelo, la producción de cera y la termorregulación. Además de azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa, contiene minerales, vitaminas, ácidos orgánicos, lípidos y compuestos aromáticos en proporciones variables, que influyen en su calidad nutricional y en la selección de flores por parte de las abejas (Seeley, 1995). La miel formada a partir del néctar, en tanto, se convierte en la reserva energética fundamental para sostener la actividad diaria y atravesar períodos de menor floración (Ellis et al., 2023).

Para Keller et al. (2005) y Seeley (1995), el polen, recolectado desde las anteras de las flores y transportado en las corbículas de las patas posteriores, aporta proteínas, lípidos, esteroides, vitaminas y oligoelementos, resultando esencial para la alimentación de las larvas, el desarrollo de las abejas jóvenes y el mantenimiento de los tejidos y glándulas de las adultas. Una vez almacenado y fermentado, se transforma en pan de abejas, constituyendo la base proteica y de aminoácidos de la colonia; durante la fermentación se enriquecen con microorganismos beneficiosos que mejoran su digestibilidad y valor nutricional (Keller et al., 2005; Seeley, 1995).

Por último, el agua cumple múltiples funciones dentro de la colmena: se utiliza en la regulación térmica mediante evaporación, en la dilución de la miel para preparar el alimento larval y en la conservación de la humedad relativa necesaria para la incubación de los huevos, que debe mantenerse en valores próximos al 90-95% (Bedascarrasbure et al., 2020). El consumo de agua aumenta considerablemente en épocas de altas temperaturas, especialmente cuando estas alcanzan entre 45 y 50 °C. En esos momentos un insumo crítico para la supervivencia y estabilidad de la colonia (Bedascarrasbure et al., 2020).

Además, las abejas ajustan su comportamiento de forrajeo según la disponibilidad y calidad de los recursos, visitando de manera selectiva las flores que les proporcionan el equilibrio nutricional necesario para la colonia.

2.2.3. Requerimientos nutricionales de polen

Ellis et al. (2023) destacan que el polen es la principal fuente de proteína de la abeja melífera y también proporciona grasas/lípidos, minerales y vitaminas. Las proteínas que aporta son vitales para la producción de crías y el desarrollo de las abejas jóvenes. Además, los autores indican que el polen constituye la fuente de alimento más variable desde el punto de vista nutricional; por lo general, se compone de agua (7%–16%), proteína cruda (6%–30%), extracto de éter (1%–14%), carbohidratos, incluidos azúcares reductores (19%–41%), azúcares no reductores (0%–9%) y almidón (0%–11%), lípidos (5%), ceniza (1%–6%); y sustancias desconocidas (22%–36%).

El polen de diferente origen floral presenta distintas cantidades de cada componente, por lo que no todo el polen es igualmente nutritivo para la abeja. Esta variación nutricional impacta directamente en la salud de la colonia, afectando el desarrollo de las crías, la fisiología de las abejas jóvenes y, en última instancia, la productividad y estabilidad general de la colmena (Ellis et al., 2023).

En cada salida para coleccionar polen, las abejas presentan una elevada constancia floral que es crucial para el ecosistema y la agricultura porque asegura la polinización cruzada efectiva. Al concentrarse en un solo tipo de flor, el insecto transporta el polen directamente hacia otra planta de la misma especie, maximizando la fertilización y la producción de semillas o frutos (Free, 1963), determinando que la carga polínica tenga una coloración uniforme al contener granos de polen de un mismo origen botánico. Mediante el análisis palinológico del polen coleccionado por las abejas se puede determinar los recursos poliníferos explotados por las diferentes colonias (Louveaux et al., 1978; Von Der Ohe et al., 2004).

2.3. El cultivo de soja *Glycine max* en Uruguay

2.3.1. Soja en Uruguay

En Uruguay uno de los cultivos de renta más importantes es el de soja, ocupando una área del 77,9% del total de superficie de chacra concentrada en el litoral oeste del país (DIEA, 2024).

La soja, originaria de Asia, es uno de los granos más cultivados en el mundo. En Uruguay la superficie destinada a este cultivo para la zafra 2023/2024 es de 1.064.500 ha, con fuerte presencia en los departamentos de Soriano y Río Negro donde tradicionalmente se realiza

apicultura asociada a los campos que antiguamente eran destinados a la ganadería y lechería (DIEA, 2024). El incremento del cultivo de soja ha sustituido a otros rubros y actividades agrarias en las últimas décadas (Arbeletche & Pintos, 2023).

El cultivo de soja se caracteriza por una amplia diversidad varietal, junto con la amplia gama de materiales disponibles, refleja la diversidad genética y el dinamismo del cultivo de soja en Uruguay. Asimismo, la diversidad de ciclos de los cultivares y las distintas fechas de siembra (soja de primera y de segunda) determinan un período extendido de floración, lo que prolonga la disponibilidad de flores de soja en el paisaje agrícola-pastoril uruguayo (Olivieri, 2016).

2.3.2. Polinización de soja *Glycine max*

Santos et al. (2013) indican que la soja (*G. max*) es una especie predominantemente de fecundación autógama, con tasas de 95-99% de autofecundación. Sin embargo, la existencia de polinización cruzada natural ha sido documentada en diversos ambientes, principalmente atribuida a insectos (Blum, 2008). El interés por cuantificar este fenómeno aumenta en el marco de la expansión de cultivares transgénicos, debido al flujo genético (Carlson & Lersten, 2004). Existen reportes de que la producción de semillas puede ser mejorada con insectos polinizadores (Chiari et al., 2005; Erickson, 1975; Santos et al., 2013; Sim & Choi, 1993; Zhao et al., 2009).

Según Ray et al. (2003), la soja presenta tasas de cruzamiento natural muy bajas de entre 0,03% a 0,041% con máximos de 6,3% en algunos casos particulares siendo poco frecuentes pero biológicamente relevantes. La actividad de insectos polinizadores se considera la principal vía de polinización natural, debido a que el polen de la soja es relativamente pesado y no se dispersa eficientemente por el viento.

2.3.3. Presencia de polen y néctar de soja en muestreos apícolas de Uruguay

Muchas variedades de soja poseen recompensas de polen y néctar para que diferentes insectos las visiten en busca de proteínas y carbohidratos (Erickson & Garment, 1979). Sin embargo, estas flores no son siempre atractivas para las abejas melíferas, ya que diversas condiciones ambientales durante el crecimiento y floración de las plantas intervienen para que la planta

produzca néctar y polen expuesto a las abejas o no produzca estos elementos que las mismas buscan en las flores (Robacker et al., 1982; Severson & Erickson, 1984).

En Uruguay se ha documentado la presencia de polen y néctar de soja en los recursos recolectados por abejas melíferas. Según Santos et al. (2013), en un estudio realizado en la zona de Palmitas (departamento de Soriano), las abejas utilizan la soja tanto como fuente de polen como de néctar, aunque esta última presentó mayor relevancia. En los análisis de polen corbicular, la soja fue el segundo recurso en importancia después del trébol rojo (*Trifolium pratense*), mientras que en las mieles se identificó como la principal fuente de néctar, representando entre un 38 % y 50 % de los granos de polen analizados. Estos resultados indican que la soja constituye un recurso relevante dentro del forrajeo apícola en zonas agrícolas del litoral oeste del país, aportando néctar y polen. En dicho estudio, el polen presentó buena calidad proteica, de 28% de proteína cruda para las colonias de abejas melíferas. Pero este es el único trabajo que se ha dirigido para conocer cómo las abejas melíferas interaccionan con la soja, sobre una variedad de soja particular de flor violeta.

Diversos estudios internacionales han documentado que la soja puede actuar como fuente de polen y néctar para las abejas melíferas fuera de Uruguay. Lin et al. (2022) observaron en el estado de Ohio, Estados Unidos alrededor del 55 % de las muestras de miel recolectadas durante el período de floración de la soja contenían granos de polen de esta especie. Además, los autores señalaron que la proporción de polen de soja en las mieles aumentó a medida que se incrementó la superficie cultivada con este cultivo en el entorno de las colmenas. De forma similar, Villanueva-Gutiérrez et al. (2014) registraron la presencia de polen de soja, en mieles comerciales producidas en la península de Yucatán, México. Estos resultados demuestran que las abejas melíferas pueden recolectar tanto néctar como polen de soja.

Estudios muestran que las mieles uruguayas contienen una combinación de polen de flores nativas como *Schinus molle*, *Baccharis spp.*, *Eryngium spp.*, *Scutia buxifolia* y *Salix humboldtiana* junto con polen de especies introducidas como *Eucalyptus spp.*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Echium plantagineum* (Cracco, Cabrera et al., 2022; Cracco, Moreni et al., 2022; Daners & Tellería, 1998; Santos et al., 2018).

La aparición frecuente de polen de especies introducidas exóticas, particularmente de eucaliptos, colza, soja y tréboles, refleja la influencia agrícola y la disponibilidad de recursos melíferos cultivados en el entorno apícola.

2.3.4. Estrategias de manejo de flora competitiva.

Durante la floración del cultivo de soja, las abejas melíferas pueden disponer de una amplia oferta de recursos florales provenientes de otras especies vegetales presentes en el entorno, tanto cultivada como espontánea. Esta flora que “compite” con la soja, puede influir en la intensidad y frecuencia de visitas de las abejas al cultivo, ya que los individuos tienden a seleccionar las fuentes más atractivas en términos de disponibilidad de néctar, concentración de azúcares o contenido proteico del polen (Lin et al., 2022; Villanueva-Gutiérrez et al., 2014).

El manejo de esta competencia floral implica comprender la dinámica temporal de floración de las especies presentes en el paisaje. En sistemas agrícolas diversificados, la coexistencia de cultivos como *Trifolium*, *Helianthus annuus* o *Sorghum*, junto con especies silvestres de la familia Asteraceae o Amaranthaceae, puede ofrecer recursos alternativos que disminuyen el uso de la soja por parte de las abejas (Gazzoni & Barateiro, 2024). Por el contrario, en paisajes dominados por el monocultivo, la soja puede constituir una fuente importante e incluso dominante de polen y néctar durante su período de floración (Lin et al., 2022).

Desde una perspectiva de manejo, resulta relevante mantener un equilibrio entre la oferta floral complementaria y la disponibilidad de soja en floración, evitando eliminar completamente las especies acompañantes, pero procurando que no compitan de forma excesiva por la atención de los polinizadores. El conocimiento de estas interacciones permite diseñar estrategias de paisaje agrícola que favorezcan tanto la polinización como la nutrición de las colonias, contribuyendo a sistemas productivos más integrados y sustentables (Isaacs et al., 2017).

3. OBJETIVO E HIPÓTESIS

3.1. Objetivos

- Identificar los principales recursos poliníferos de *A. mellifera* durante el periodo de floración de soja.
- Identificar y caracterizar cromáticamente los distintos tipos polínicos colectados.
- Comparar la riqueza y diversidad de taxones presentes en dos sitios de producción de soja de Uruguay

3.2. Hipótesis

- Las abejas melíferas utilizan diferentes variedades de soja como recurso de polen. Pero no lo utilizan de forma exclusiva, colectando otras especies florales contemporáneas.
- Los distintos tipos polínicos presentarán características cromáticas diferenciadas entre sí.
- La riqueza de taxones polínicos utilizados por las abejas diferirá entre los sitios de estudio

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Sitios de estudio

Los muestreos se realizaron en dos establecimientos agrícolas ubicados en los departamentos de Florida y Río Negro (Young), Uruguay. Ambos sitios correspondieron a cultivos comerciales de soja y fueron seleccionados en función de la disponibilidad de colmenas y del acceso para realizar los muestreos.

En cada sitio se instalaron colmenas de *A. mellifera* próximas a los cultivos de soja, desde las cuales se obtuvieron las muestras de polen utilizadas en los análisis posteriores. La inclusión de dos sitios permitió evaluar los recursos polínicos utilizados por las abejas en condiciones reales de producción de soja en Uruguay.

4.1.1. Mendoza, Florida

El sitio de estudio correspondiente al departamento de Florida se encuentra inserto en un sistema productivo agrícola-ganadero característico del suroeste del Uruguay, donde predominan paisajes con uso mixto de suelos y actividades productivas. Para el caso de Florida, el predio se localiza sobre la unidad de suelos Tala-Rodríguez, correspondiente a los grupos 10.8b, 03.3 y 09.2 según la clasificación CONEAT (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], s.f.). Según el MGAP (s.f.), el grupo 10.8b abarca la mayor parte del área y se caracteriza por un relieve suavemente ondulado a ondulado, con pendientes que oscilan entre 1 y 4 %. Para el autor, los suelos dominantes son Vertisoles Rúpticos Típicos y Lúvicos y Brunosoles Éútricos y Subéútricos Típicos, de textura franco arcillo limosa, color pardo muy oscuro, alta fertilidad y drenaje moderado. El grupo 03.3 corresponde a planicies de ríos y arroyos asociadas al basamento cristalino, donde predominan Planosoles Éútricos Melánicos y Gleysoles Típicos Lúvicos, de fertilidad muy alta, pero con drenaje imperfecto a pobre, lo que restringe su uso agrícola y favorece el aprovechamiento pastoril (MGAP, s.f.). Finalmente, el grupo 09.2 se encuentra en zonas de relieve más marcado, con pendientes entre 6 y 12 %, y está conformado por Brunosoles Éútricos y Subéútricos pseudolíticos, con presencia de cantos rodados y baja profundidad efectiva, lo que limita su uso agrícola y orienta su utilización principalmente hacia la ganadería extensiva (MGAP, s.f.) (Figura 2).

Figura 2

Ubicación del apiario y del cultivo de colza en Mendoza, Florida



Nota. -34.306966, -56.263492. Tomado de Google (2026a).

4.1.2. Young, Río Negro

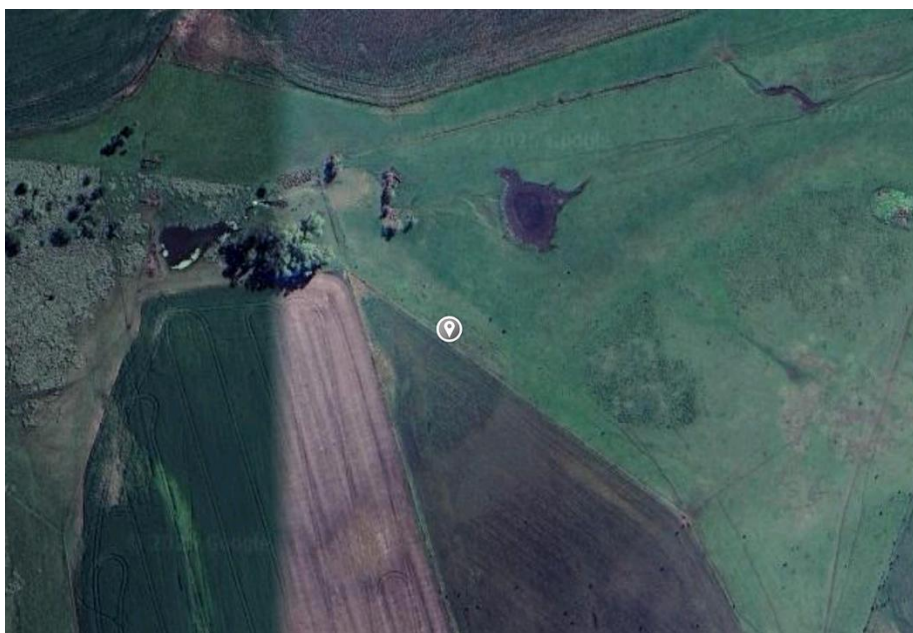
El sitio de estudio correspondiente al departamento de Río Negro se encuentra inserto en una región del litoral oeste del Uruguay caracterizada por sistemas productivos agrícolas y agrícolas-ganaderos, con predominio de cultivos extensivos y suelos de alta aptitud productiva. Para el caso de Río Negro, el predio se ubica sobre la unidad de suelos Algorta–Young, correspondiente a los grupos 11.5 y 03.40, de acuerdo con la clasificación CONEAT (MGAP, s.f.). Para el MGAP (s.f.), el grupo 11.5 representa la mayor parte del área y se desarrolla sobre sedimentos limosos vinculados a la Formación Fray Bentos. Presenta un relieve ondulado, con pendientes de entre 2 y 8 %, y está conformado por Brunosoles Éútricos Típicos y, en menor medida, Brunosoles Háúpicos, de color pardo muy oscuro a negro, textura franco arcillosa a franco arcillo limosa, alta fertilidad y buen drenaje. Para el autor, en las laderas convexas se asocian Brunosoles más someros, mientras que en las posiciones bajas aparecen Planosoles Éútricos Melánicos. En línea con el autor, el uso predominante del suelo incluye cultivos invernales y estivales, praderas artificiales y campo natural fertilizado, donde se observa vegetación como trébol blanco, lotus, trébol carretilla, raigrás y *Paspalum*, aunque con tendencia a la invasión de espartillo. Por su parte, el grupo 03.40 pertenece a la unidad Fray Bentos–Young y corresponde a planicies de arroyos del litoral oeste, desarrolladas sobre materiales limo-arcillosos y aluviales (MGAP, s.f.). En los planos altos

predominan Brunosoles Éutricos Lúvicos y Solonetz Ócricos, de textura franco limosa y drenaje imperfecto, mientras que en las áreas más deprimidas se desarrollan Gleysoles Típicos Melánicos y Fluvisoles Aluviales, asociados a la vegetación de selva fluvial. Estos suelos presentan fertilidad alta a muy alta, aunque las limitaciones de drenaje condicionan su uso principalmente a la ganadería y praderas permanentes (MGAP, s.f.).

El tamaño de la chacra era de 80 hectáreas, donde se combina actividad agrícola y ganadera, siendo esta primera la más relevante en dicho predio (Figura 3).

Figura 3

Ubicación del apiario y del cultivo de colza en Young, Rio Negro



Nota. -32.656336, -57.592452. Tomado de Google (2026b).

4.2. Diseño

El período de muestreo para el predio de Mendoza, abarcó desde 10 de febrero de 2024, mientras el período de muestreo en Young, fue desde el 13 de marzo de 2024 y se utilizaron colmenas estándar de producción, asociadas a las chacras de producción de soja.

La chacra de Mendoza tenía implantada una variedad de soja de flor blanca mientras que la variedad de soja de Young era de flor violeta.

4.3. Muestreo

Se realizó coordinación con un productor que tiene colmenas en entorno de cultivos de soja en la zona de Mendoza, (Florida) y en Young (Rio Negro) y se utilizaron colmenas de propiedad familiar próximas a cultivos de soja. Luego de identificar los apiarios, se seleccionaron tres colmenas al azar en el apiario de Mendoza y 4 colmenas al azar en el apiario de Young, para realizar el muestreo de polen de forma periódica.

Todas las semanas, se colocaron trampas de polen de piquera para evaluar la entrada de polen en las colmenas seleccionadas. Se utilizó el traje protector (mameluco blanco) con ayuda de ahumador para controlar el comportamiento de las abejas y se colocó una trampa para la captura de polen, con rejilla excluidora de plástico. La trampa polínica fue colocada el día previo al muestreo y la colecta de polen se realizó al día siguiente, durante las últimas horas de la tarde, momento en que disminuyó la intensidad de trabajo de la abeja. La trampa se colocó en la entrada de la piquera, donde las abejas ingresaron a la colmena y al pasar por la rejilla excluidora de la trampa se retiene el agregado de polen que llevaban en la corbícula hacia el cajón colector de la trampa (Figura 4).

Figura 4

Extracción de muestras en colmenas



Los muestreos se hacían una vez a la semana y se recolectaba todo el polen contenido en el cajón de la trampa, etiquetando día y número de colmena del mismo. Las muestras se almacenaron en refrigerador, para realizar las posteriores determinaciones.

4.4. Determinaciones

4.4.1. Reconocimiento de tipos polínicos y colores de polen

Luego de la colecta, las muestras de polen fueron preservadas en freezer a -20, con el fin de evitar procesos de deshidratación y decoloración que pudieron alterar la identificación posterior. A partir de cada muestra se tomó una submuestra de aproximadamente 200 pelotitas de polen, que fue utilizada para realizar el análisis palinológico primario.

Se caracterizó el polen obtenido de cada colmena y fecha de muestreo de ambos sitios. Para ello el contenido de cada bolsa fue cuidadosamente depositado sobre una superficie limpia, lisa y de color claro, y con la ayuda de un pincel de punta fina se procedió a separar manualmente las de polen según su color (Figura 5), formando pequeños grupos cromáticamente homogéneos.

Figura 5

Parte de subgrupos cromáticos obtenidos durante la separación de polen



Posteriormente, se realizó una verificación microscópica tomando varias pelotitas de cada grupo de color. Este paso permitió confirmar que las pelotitas agrupadas compartían un mismo tipo polínico, asegurando que la separación cromática refleja un origen botánico unificado y no una mezcla accidental de especies botánicas con colores similares (Figura 6).

Figura 6

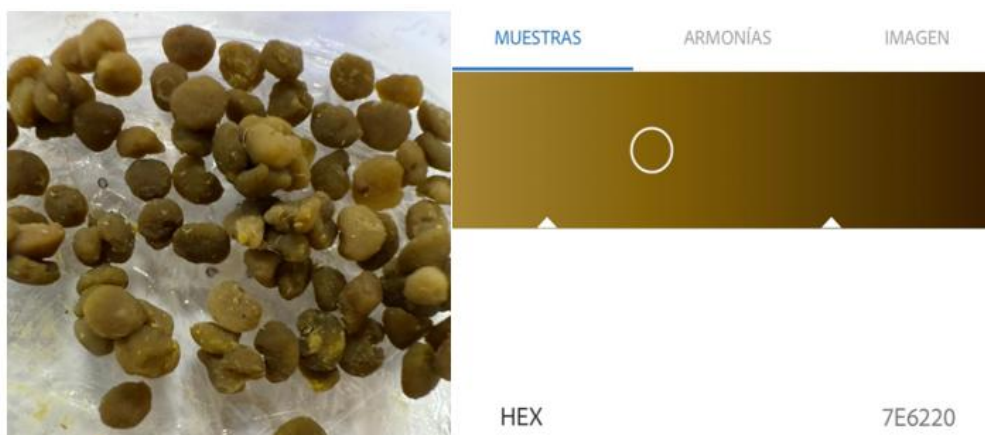
Evaluación microscópica de correspondencia entre color y tipo polínico



Una vez confirmada la homogeneidad, a cada grupo de color se le asignó un código cromático único. Para ello se utilizó el celular tomando fotografías de cada grupo y mediante la aplicación Adobe Capture (versión 9.1.3, 2025) se registró el color exacto y su correspondiente código hexadecimal (Figura 7), lo que permitió estandarizar la codificación entre muestras, colmenas, fechas de muestreo y localidad.

Figura 7

Asignación de códigos cromáticos al polen mediante fotos directas y capturas de Adobe Capture



Nota. Captura realizada en Adobe Capture.

Finalmente, se procedió a contar la cantidad de pelotitas pertenecientes a cada color, con el objetivo de estimar la composición relativa de los tipos polínicos dentro de cada muestra. Los grupos de color fueron luego transferidos a compartimientos separados, donde quedaron listos para la preparación en cubreobjetos y su posterior observación microscópica detallada.

4.4.2. Análisis palinológico para identificación botánica

Posteriormente, se procedió a realizar la identificación taxonómica (Familia, género y/o especie) de las muestras reagrupadas, mediante análisis palinológico. Se montó una pequeña fracción de cada color de polen, se hidrató con agua, se cubrió con cubreobjetos y se observó al microscopio óptico, con 40x de objetivo (se aumenta 400 veces el tamaño del polen para su reconocimiento) (Figura 8). A través de las características morfológicas de la exina del polen se pudo identificar el taxón presente.

Figura 8

Preparación del portaobjetos para el montaje de polen previo a su observación en el microscopio



Se dibujaron los tipos de polen registrados (Figura 9) para interpretar la morfología y se compararon con una colección de referencia, palinoteca de la Facultad de Ciencias (Figura 10).

Figura 9

Bocetos de referencia para describir la morfología de los distintos tipos polínicos registrados

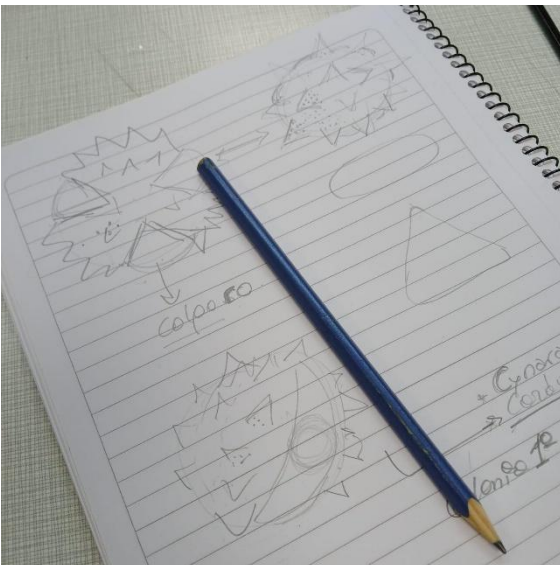
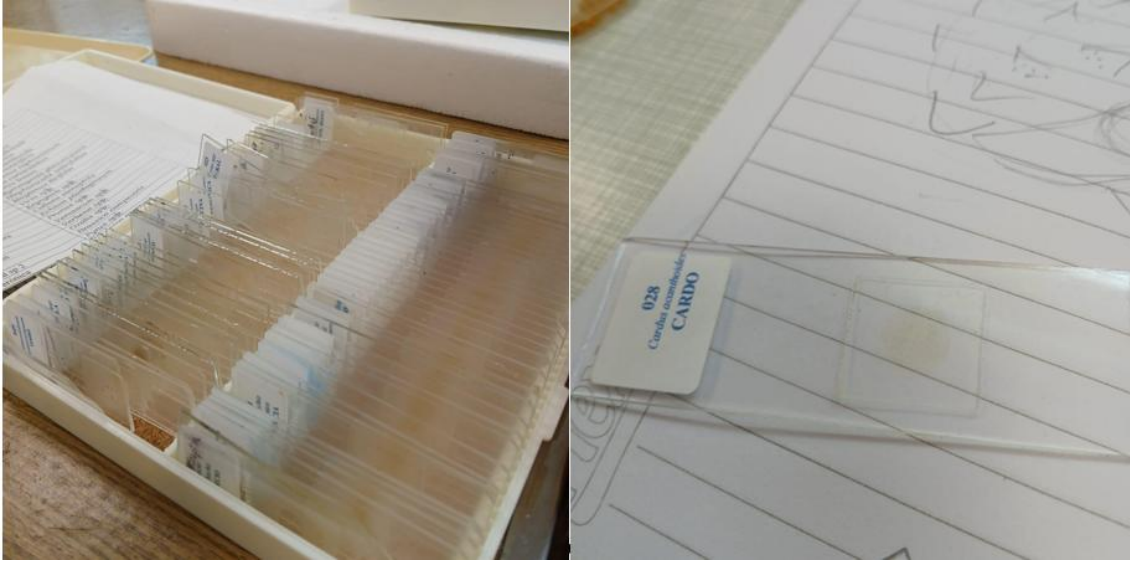


Figura 10

Palinoteca utilizada como referencia para la identificación de los tipos polínicos



4.4.3. Colección de referencia (Palinoteca)

Siguiendo la técnica descrita por Louveaux et al. (1978), se montaron granos de polen obtenidos de anteras de flores colectadas al natural (Figura 11), sin aplicar tratamiento de acetólisis. Los granos de polen fueron depositados sobre un pequeño volumen de gelatina-glicerina previamente colocado en un portaobjetos. La mezcla se colocó en una plancha caliente y mediante el uso de una punta fina, se homogeneizó para distribuir correctamente los granos en medio del montaje.

Figura 11

Flores y pimpollos colectados para obtener polen de la colección de referencia



Una vez preparado, el montaje se selló con parafina y se colocó el cubreobjetos para asegurar su conservación. Cada preparado fue debidamente rotulado interfase así a la palinoteca.

Estos preparados permanecen estables durante años y constituyen una colección de referencia fundamental para la comparación entre los tipos polínicos provenientes directamente de las flores y aquellos colectados por las abejas durante la floración de la soja.

4.4.4. Análisis estadístico de la composición relativa de taxones polínicos registrados

El análisis estadístico de la composición relativa de los taxones polínicos registrados se llevó a cabo utilizando software *RStudio Desktop* (versión 4.3, 2026), mediante una serie de procedimientos orientados a describir la estructura del recurso polínico disponible para las

abejas melíferas en los dos ambientes de producción analizados (Mendoza y Young). El objetivo principal de este análisis fue sintetizar, comparar y visualizar la información obtenida a partir del conteo y la identificación botánica de las pelotitas de polen recolectadas en cada sitio y muestreo.

Para cada muestreo se registró el número total de polen corbicular diferenciados por color, y cada una de esos colores se corresponde con un taxón botánico a partir de la verificación microscópica y la comparación con la colección de referencia (palinoteca). Con esta información se construyó una matriz inicial con las siguientes variables:

- Localidad
- Colmena
- Fecha de muestreo
- Código de color
- Número de pelotas de polen por color
- Taxon asignado (familia, género o especie)

Antes de proceder al análisis se realizó una limpieza de datos asegurando, la eliminación de registros duplicados, la verificación de coherencia entre color y taxón asignado. Este proceso garantiza la consistencia de la matriz final utilizada en los análisis cuantitativos.

4.4.5. Cálculo de la composición relativa de taxones

El cálculo de la composición relativa se realizó mediante la transformación de los valores absolutos (cantidad de polen por taxón) en porcentaje dentro de cada muestra. Para cada muestra individual se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Composición relativa (\%)} = \frac{\text{Número de pelotitas de un taxón}}{\text{Total de pelotitas identificadas en esa muestra}} \times 100$$

El procesamiento se realizó utilizando funciones de excel, permitiendo calcular la proporción de cada taxón en cada muestra, así como obtener resúmenes por localidad, colmena y fecha. Las tablas presentadas en la sección de resultados derivan directamente de esta etapa destacándose:

- Tabla de composición relativa por taxón

- Tabla de abundancia total por localidad
- Tabla comparativa entre niveles de identificación

Cada tabla constituye una forma distinta de resumir la misma estructura de abundancia relativas.

4.4.6. Clasificación de taxones según nivel de identificación

Dado que no todos los tipos de polen pudieron ser identificados al mismo nivel se elaboró una tabla de recuento taxonómico. En estas tablas se cuantifican los taxones identificados; a nivel de familia, género y especie.

Estos recuentos se realizaron para permitir caracterizar el grado de resolución obtenido durante el proceso de identificación palinológica, mostrando la heterogeneidad del material florístico presente en el entorno productivo.

4.4.7. Análisis cromático de las pelotitas de polen

Cada pelotita recibió un código de color obtenido mediante la aplicación Adobe Capture. Para integrar esta información en el análisis, los códigos fueron agrupados en categorías cromáticas generales (amarillos, naranjas, ocres, marrones, verdosos, etc.), siguiendo criterios de semejanza tonal.

Se construyó una tabla que registra:

- El número total de tonos diferentes detectados
- La cantidad de tonos por categoría
- La distribución de las categorías por localidad
- La correspondencia entre color y taxon

El análisis cromático permitió reforzar la integridad del proceso de separación inicial de pelotitas por color, dado que la tonalidad se asoció consistentemente con los tipos polínicos verificados microscópicamente.

Las tablas presentadas en resultados sobre número de tonos, categorías cromáticas y diferencias entre localidades se generaron a partir de este procedimiento.

4.4.8. Generación de gráficos comparativos

El gráfico comparativo presentado en los resultados (figura 13) fue generado mediante el paquete ggplot2. El proceso consistió en:

1. Seleccionar los taxones más representativos (según abundancia relativa).
2. Reorganizar la base de datos en formato largo.
3. Generar un gráfico de barras en el que se representa la proporción relativa de cada taxón por localidad (Mendoza y Young).
4. Mantener coherencia visual con la clasificación cromática utilizada durante la identificación de los tipos de polen.

Este gráfico permite visualizar la estructura del recurso polínico contemporáneo a la floración de soja en cada ambiente productivo, destacando diferencias en la oferta floral disponible para las abejas.

4.4.9. Consideraciones metodológicas adicionales

Tal como se indicó originalmente en las notas al pie de las figuras de resultados y que aquí se incorporan como parte de la metodología, la selección de los taxones polínicos considerados como “principales” se definió en función de un umbral mínimo de abundancia relativa por muestra, priorizando aquellos taxones con mayor representación de la composición polínica total.

Las diferencias observadas entre las localidades de Mendoza y Young se interpretaron a partir de los valores promedio de composición relativa de los taxones registrados, sin realizar comparaciones estadísticas inferenciales entre sitios. Esta decisión metodológica responde al diseño descriptivo del estudio y al tamaño muestral disponible.

En consecuencia, el análisis se centró en la identificación de los principales taxones y en la descripción de su aporte relativo en cada ambiente productivo. No se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales, dado que el objetivo del trabajo fue de carácter comparativo-descriptivo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

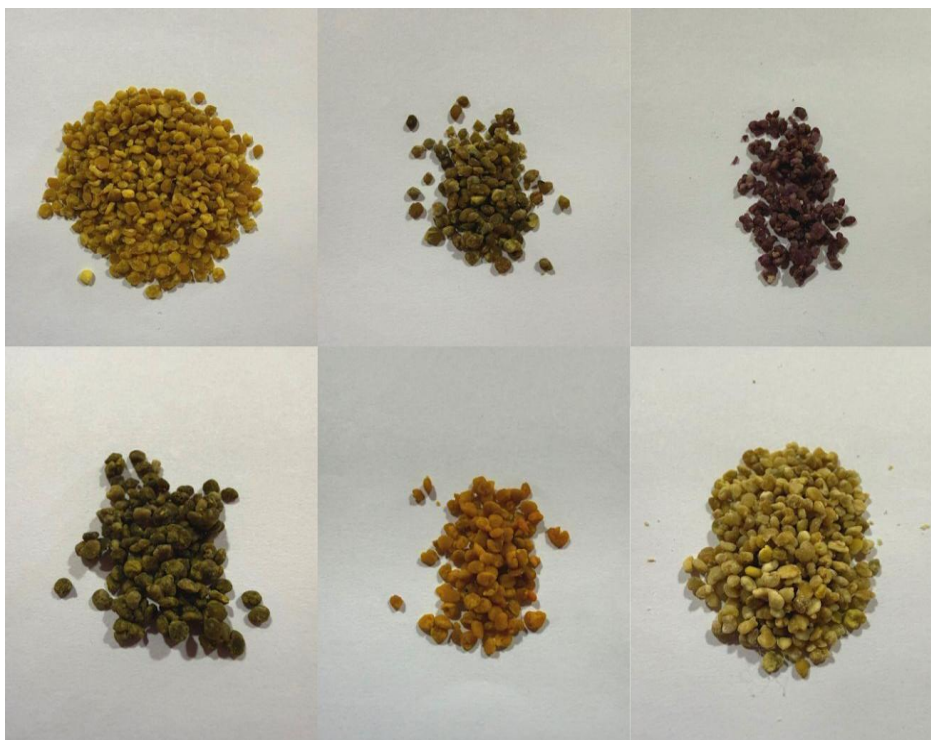
5.1. Reconocimiento de tipos polínicos y colores de polen

En los apiarios de ambas localidades, las abejas melíferas utilizaron el polen de soja como recurso y pudo identificarse con una coloración verdosa oscura, siempre acompañado de otros taxones florales. Se observó que el polen de los diferentes taxones botánicos presentó una amplia variedad de colores, registrándose 20 colores diferentes en total. Dentro de esta variabilidad cromática se identificaron 9 tonos amarillos, 6 tonos marrones, 3 tonos naranjas, 1 tono blanquecino y 1 tono violeta. Esta diversidad de colores refleja la diversidad de orígenes botánicos presentes en el paisaje durante la floración de la soja, y coincide con el comportamiento de *A. mellifera*, que utiliza simultáneamente recursos provenientes de múltiples especies vegetales como lo reportado en varias investigaciones donde evalúan el comportamiento de uso de polen de las abejas melíferas (Leonhardt & Blüthgen, 2012; Pernal & Currie, 2001; Santos et al., 2013; Vit & Santiago, 2008) (Figuras 12 a 19).

Dentro de las muestras procesadas se observó que diferentes taxones pueden tener la misma coloración, lo que dificulta su análisis solo por color, y marca la necesidad de corroborar las especies por su morfología al microscopio (Figuras 20 y 21).

Figura 12

Polen apícola separado por color mediante observación directa. Color de cada taxón identificado



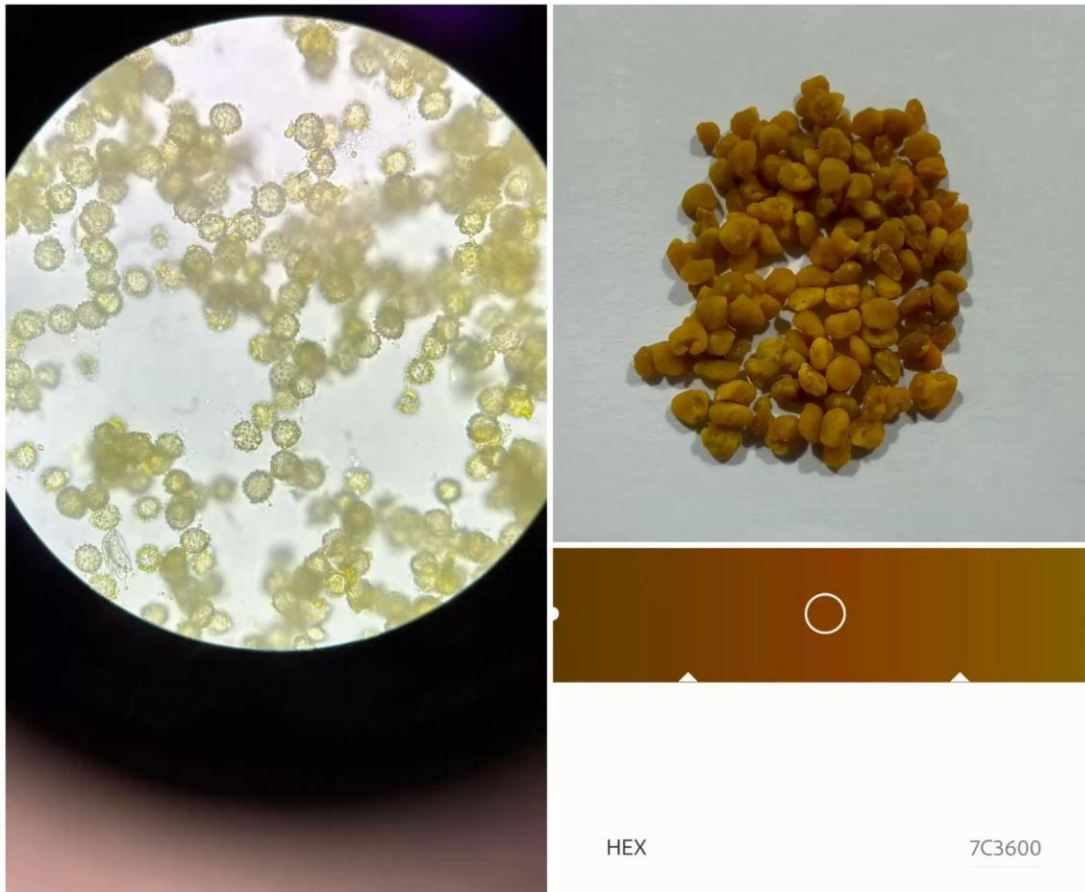
5.2. Análisis palinológico para identificación botánica

Considerando los dos sitios de muestreo, se pudieron identificar 26 tipos botánicos utilizados por *A. mellifera* durante el periodo de floración de la soja. De ellos, 7 se determinaron hasta el nivel de familia, 8 hasta el nivel de género y 10 hasta el nivel de especie, mientras que una de las muestras no pudo ser asignada a ningún taxón botánico (Figura 13 a Figura 21).

La presencia de Achicoria (*Cichorium intybus*) en más de una categoría cromática se asocia a variaciones en la coloración del polen, que puede oscilar desde tonalidades blanquecinas hasta pardo-marrones en función de procesos de oxidación.

Figura 13

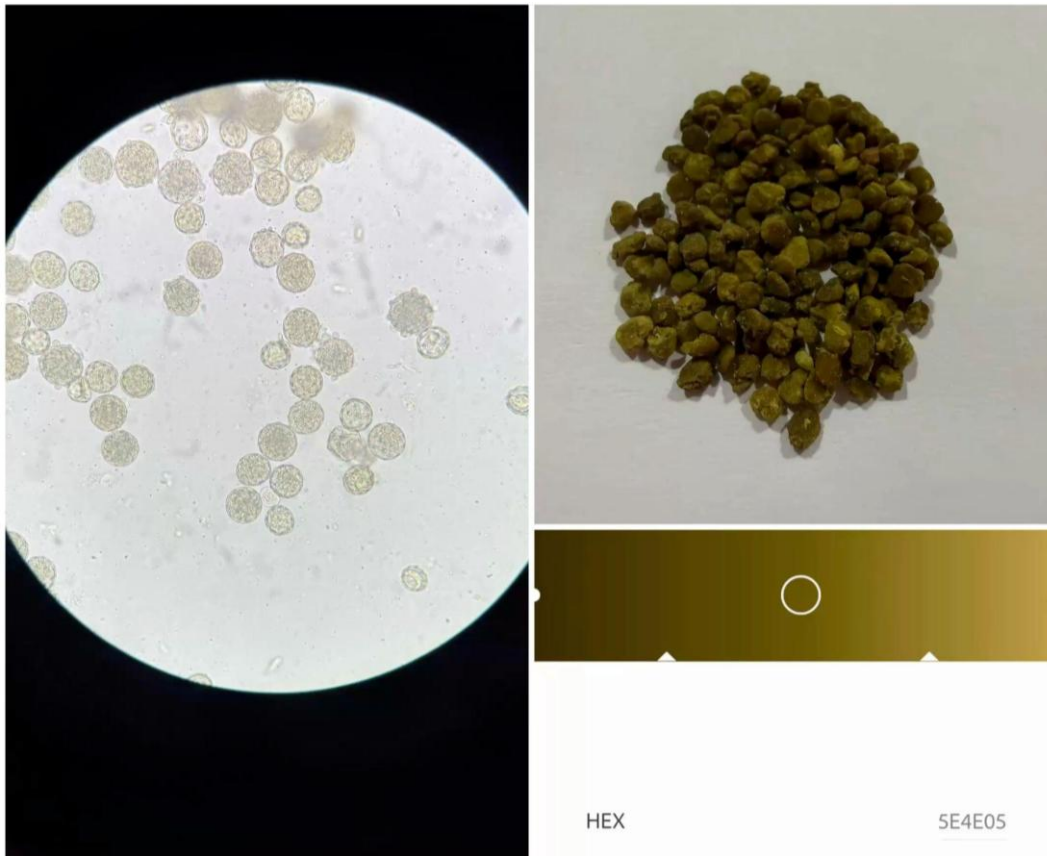
Identificación del tipo polínico correspondiente a Asteraceae mediante observación microscópica y caracterización cromática



Nota. La imagen de la izquierda corresponde a la observación microscópica del polen (40×), la imagen superior derecha muestra las pelotitas de polen apícola agrupadas por color y la imagen inferior derecha presenta la gama cromática y el código HEX asignado mediante Adobe Capture.

Figura 14

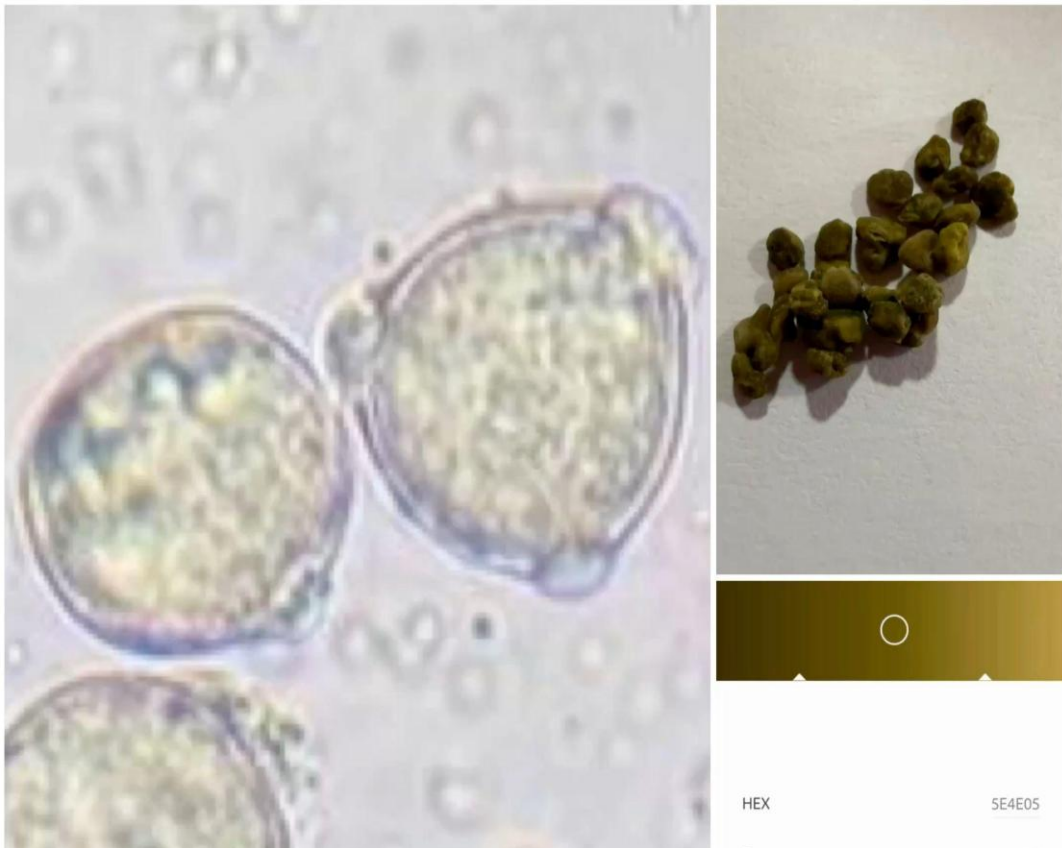
Identificación del tipo polínico correspondiente a Amaranthaceae mediante observación microscópica y caracterización cromática



Nota. La imagen de la izquierda corresponde a la observación microscópica del polen (40×), la imagen superior derecha muestra las pelotitas de polen apícola agrupadas por color y la imagen inferior derecha presenta la gama cromática y el código HEX asignado mediante Adobe Capture.

Figura 15

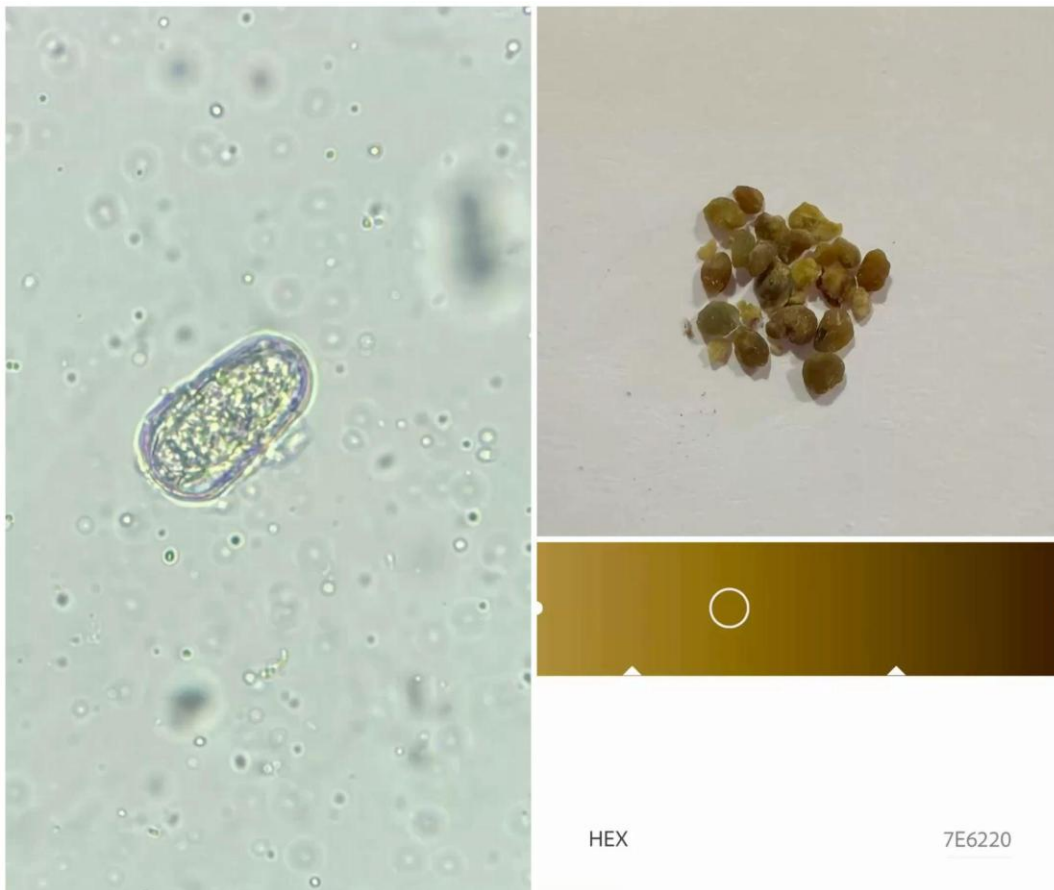
Identificación del tipo polínico correspondiente a G. max mediante observación microscópica y caracterización cromática



Nota. La imagen de la izquierda corresponde a la observación microscópica del polen (40×), la imagen superior derecha muestra las pelotitas de polen apícola agrupadas por color y la imagen inferior derecha presenta la gama cromática y el código HEX asignado mediante Adobe Capture.

Figura 16

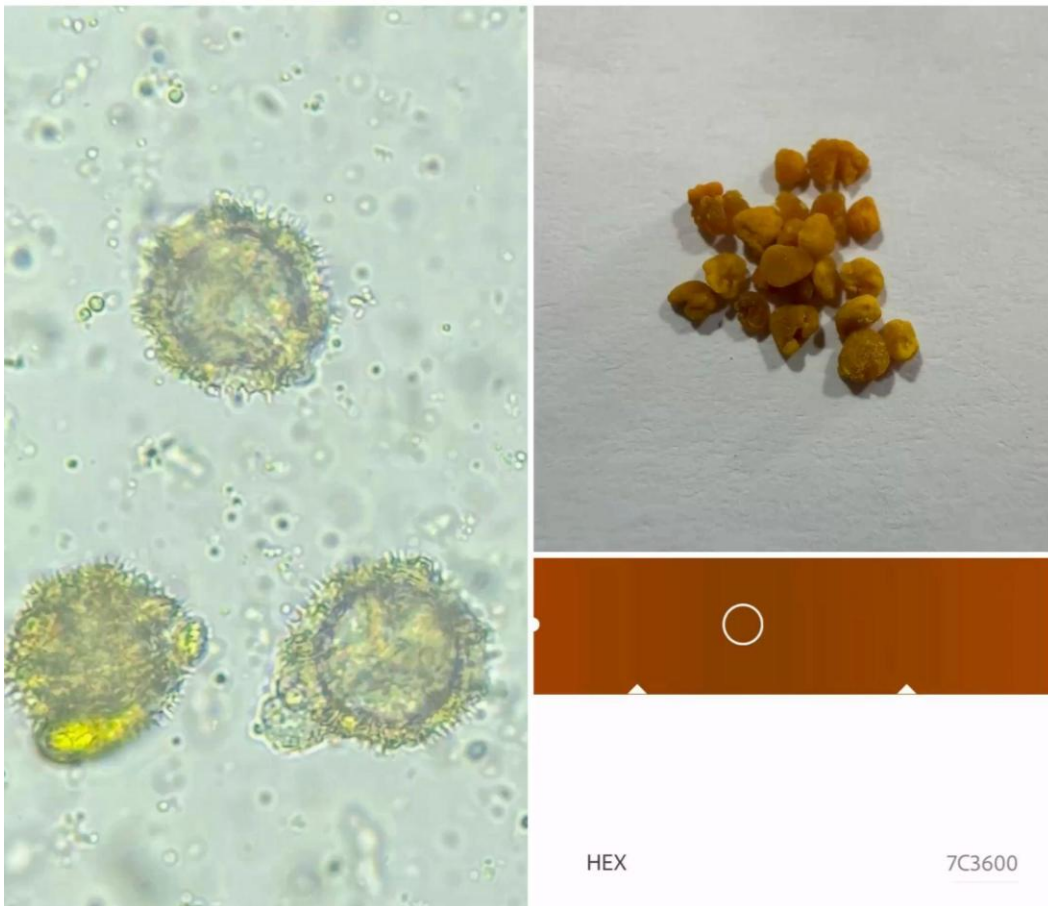
Identificación del tipo polínico correspondiente a Eryngium sp. mediante observación microscópica y caracterización cromática



Nota. La imagen de la izquierda corresponde a la observación microscópica del polen (40×), la imagen superior derecha muestra las pelotitas de polen apícola agrupadas por color y la imagen inferior derecha presenta la gama cromática y el código HEX asignado mediante Adobe Capture.

Figura 17

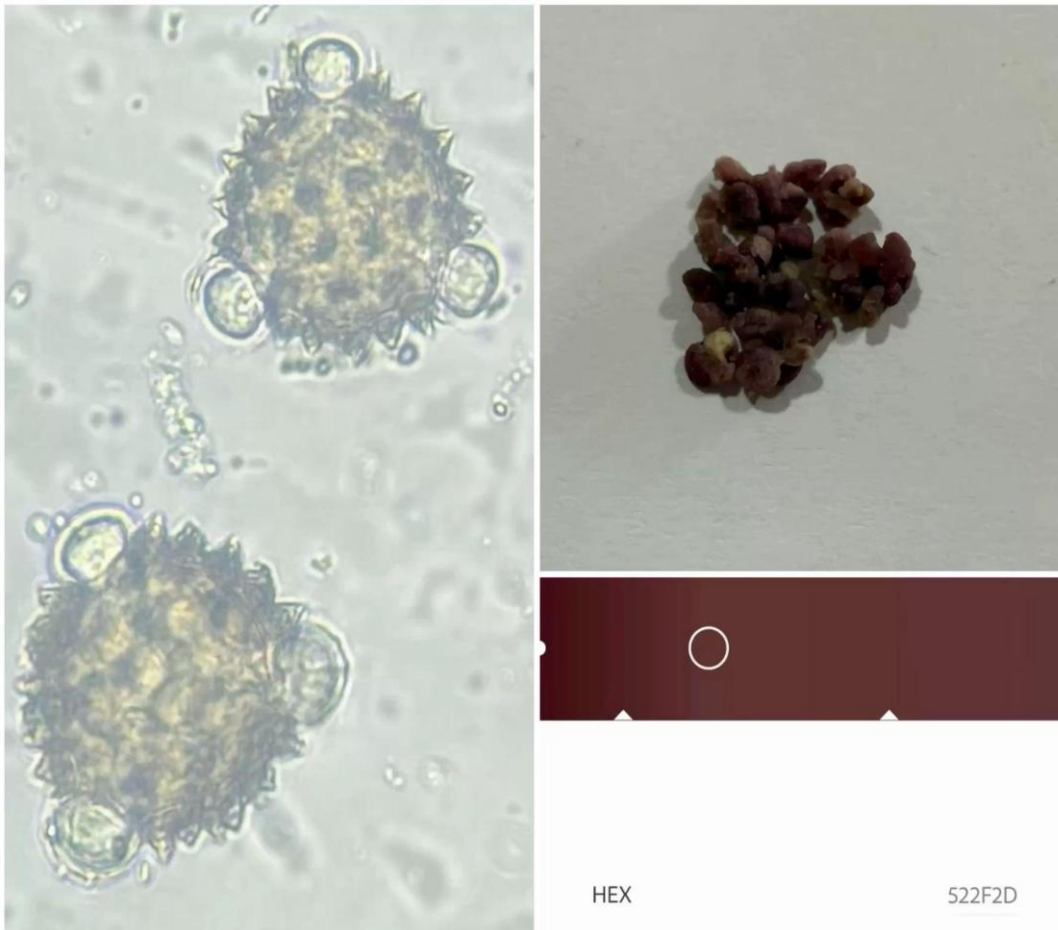
*Identificación del tipo polínico correspondiente a *Picris echioides* mediante observación microscópica y caracterización cromática*



Nota. La imagen de la izquierda corresponde a la observación microscópica del polen (40×), la imagen superior derecha muestra las pelotitas de polen apícola agrupadas por color y la imagen inferior derecha presenta la gama cromática y el código HEX asignado mediante Adobe Capture.

Figura 18

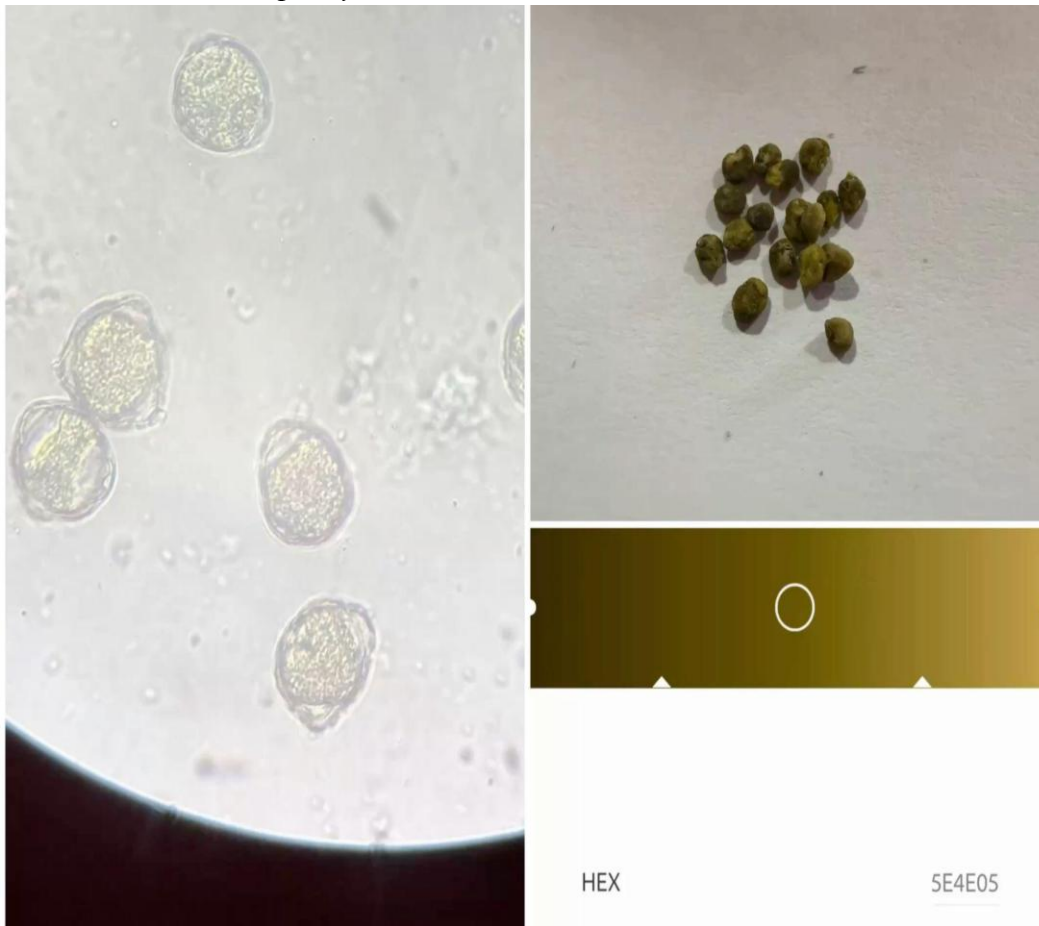
Identificación del tipo polínico correspondiente a Carduus sp. mediante observación microscópica y caracterización cromática



Nota. La imagen de la izquierda corresponde a la observación microscópica del polen (40×), la imagen superior derecha muestra las pelotitas de polen apícola agrupadas por color y la imagen inferior derecha presenta la gama cromática y el código HEX asignado mediante Adobe Capture.

Figura 19

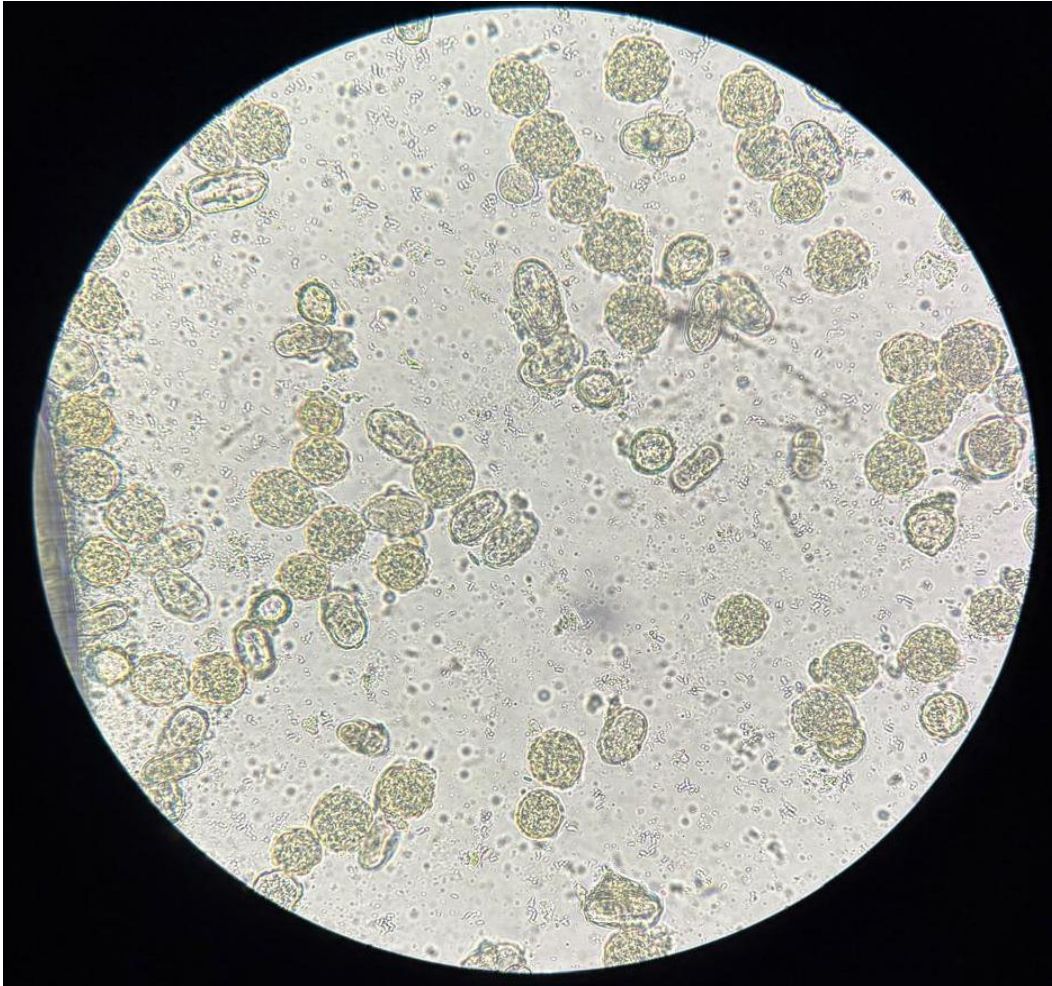
Identificación del tipo polínico correspondiente a Casuarina cunninghamiana mediante observación microscópica y caracterización cromática



Nota. La imagen de la izquierda corresponde a la observación microscópica del polen (40×), la imagen superior derecha muestra las pelotitas de polen apícola agrupadas por color y la imagen inferior derecha presenta la gama cromática y el código HEX asignado mediante Adobe Capture.

Figura 20

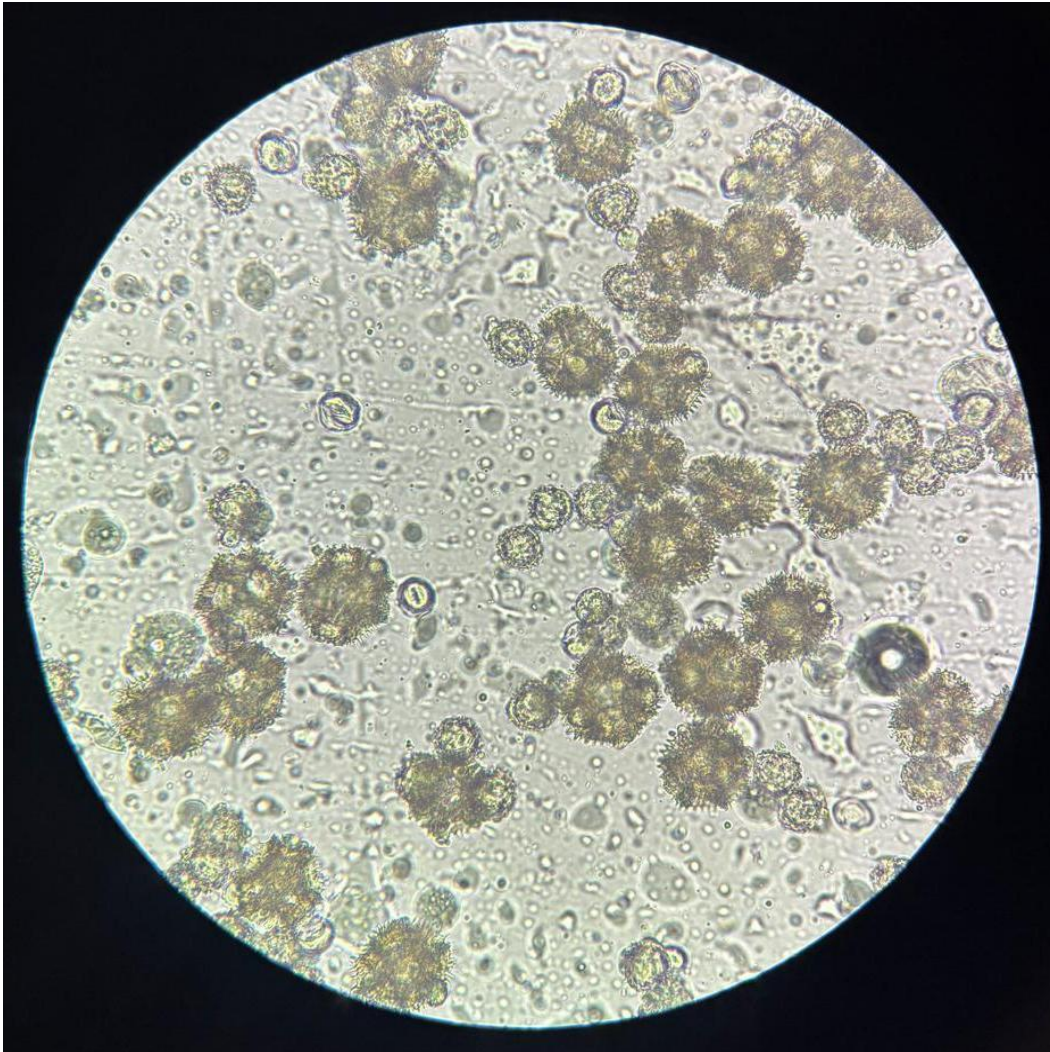
Polen mezclado: una misma coloración marrón-verdosa para diversos orígenes (Pastinaca, Eryngium y Amaranthaceae)



Nota. La imagen muestra la presencia simultánea de granos de polen correspondientes a *Pastinaca sativa* (Apiaceae), *Eryngium sp.* (Apiaceae) y Amaranthaceae, destacando que la clasificación cromática constituye una aproximación inicial que requiere verificación microscópica para la correcta identificación botánica.

Figura 21

Polen naranja de distintos géneros botánicos: Baccharis sp. y P. echioides bajo microscopio



Nota. La imagen muestra la presencia simultánea de granos de polen correspondientes a *Baccharis sp.* y *Picris echioides* (Asteraceae), destacando que la clasificación inicial por color no siempre representa un único tipo polínico, y que la identificación botánica requiere verificación microscópica.

La identificación botánica de los distintos taxones se realizó mediante el análisis microscópico de los granos de polen previamente separados por color. Las microfotografías obtenidas permitieron observar características diagnósticas tales como el tamaño, la forma, el tipo de apertura y la ornamentación de la exina, las cuales fueron utilizadas para la determinación taxonómica. En las Figuras 13 y 14 se presentan imágenes representativas de

los principales tipos polínicos identificados durante el estudio pertenecientes a la familia Asteraceae y Amaranthaceae. Estas familias estuvieron siempre muy representadas en alta frecuencia en los muestreos.

Las familias botánicas registradas incluyen Asteraceae, Amaranthaceae, Fabaceae, Arecaceae, Orobanchaceae, Myrtaceae, Polygonaceae, Poaceae, Apiaceae, y Rosaceae, todas representativas del mosaico agropecuario característico del Uruguay y registradas con anterioridad en los estudios de miel y polen realizados por Cracco, Moreni et al. (2022), Santos et al. (2009, 2018) y Tejera et al. (2013) (Tabla 1). Aunque en estos estudios realizados en Uruguay no se constató la presencia tan marcada de la familia Amaranthaceae.

La presencia de estas familias, junto con una amplia variedad de géneros propios de malezas, vegetación espontánea y cultivos asociados, evidencia la diversidad floral disponible para las abejas aun en paisajes dominados por la soja. Este patrón coincide con la estructura heterogénea del paisaje uruguayo, donde los cultivos extensivos coexisten con praderas naturales, bordes de caminos, campos ganaderos y vegetación secundaria, conformando una matriz que favorece el forrajeo polifloral observado durante el estudio.

Tabla 1

Taxones registrados

Nº	Familia	Género	Especie
1	Amaranthaceae	–	–
2	Arecaceae	–	–
3	Asteraceae	–	–
4	Asteraceae	–	–
5	Fabaceae	–	–
6	Orobanchaceae	–	–
7	Rosaceae	–	–
8	Apiaceae	<i>Pastinaca</i>	<i>sativa</i>

Nº	Familia	Género	Especie
9	Asteraceae	<i>Baccharis</i>	–
10	Asteraceae	<i>Carduus</i>	–
11	Asteraceae	<i>Cynara</i>	–
12	Asteraceae	<i>Picris</i>	<i>echioides</i>
13	Asteraceae	<i>Scabiosa</i>	<i>atropurpurea</i>
14	Asteraceae	<i>Senecio</i>	–
15	Apiaceae	<i>Eryngium</i>	–
16	Casuarinaceae	<i>Casuarina</i>	<i>cunninghamiana</i>
17	Asteraceae	<i>Helianthus</i>	<i>annuus</i>
18	Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	–
19	Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	–
20	Poaceae	<i>Sorghum</i>	<i>bicolor</i>
21	Poaceae	<i>Zea</i>	<i>mays</i>
22	Fabaceae	<i>Glycine</i>	<i>max</i>
23	Fabaceae	<i>Trifolium</i>	<i>pratense</i>
24	Asteraceae	<i>Cichorium</i>	<i>intybus</i>
25	Asteraceae	<i>Eryngium</i>	–
26	–	–	Polen no identificado

5.3. Colección de referencia Palinoteca

Como parte del abordaje de este estudio, se realizó el montaje de granos de polen provenientes de distintas especies botánicas colectadas al natural en los ambientes de estudio. Estos materiales fueron procesados siguiendo técnicas palinológicas clásicas (Louveaux et al., 1978) y conforman preparados permanentes que se incorporaron a la colección de referencia (palinoteca) de la Facultad de Ciencias.

La palinoteca constituye una herramienta central para los estudios de identificación polínica, ya que permite contar con material comparativo confiable, obtenido a partir de flores correctamente identificadas. En este sentido, los preparados elaborados durante este trabajo posibilitan la comparación directa entre el polen colectado desde las anteras de las flores presentes en el ambiente y el polen transportado por las abejas, fortaleciendo el proceso de determinación taxonómica.

Esta incorporación de estos preparados a una colección institucional asegura la conservación a largo plazo del material y su disponibilidad para futuras investigaciones, tanto en el marco de estudios palinológicos como en trabajos vinculados a la ecología de polinizadores, la apicultura y los sistemas productivos. De este modo, la colección de referencia no solo cumple una función metodológica dentro del presente estudio, sino que también adquiere un valor científico y patrimonial, contribuyendo a la construcción de conocimiento acumulativo y la formación de recursos humanos en el área (Darrigran, 2012; Paéz, 2017).

5.4. Análisis estadístico de la composición relativa del polen colectado por *A. mellifera*

La composición del polen recolectado por las abejas melíferas en los sitios de Mendoza y Young, expresada como proporción porcentual de los taxones polínicos identificados y diferenciada por colmena muestra la estructura del recurso polínico utilizado por *A. mellifera* durante el periodo de floración de la soja, permitiendo visualizar la contribución relativa de los distintos taxones en cada sitio de estudio (Figura 22).

La composición polínica evidenció diferencias entre localidades y entre colmenas dentro de un mismo sitio, lo que refleja la heterogeneidad en la oferta floral disponible y en las preferencias de forrajeo de las abejas. En ambos ambientes productivos, el polen de soja se registró como uno de los recursos utilizados, aunque acompañado por una diversidad de

taxones pertenecientes a especies florales contemporáneas, lo que confirma el uso de una cierta polínica diversa por parte de las colonias.

Tabla 2

Composición porcentual de polen de A. mellifera en Mendoza y Young durante floración de soja

SITIOS	POLEN	MUESTREOS		
		1	2	3
Mendoza	Amaranthaceae	5,2	16,6	3
	Arecaceae	3		2,8
	Asteraceae 2	0,3		
	Asteraceae 3			6,3
	Baccharis	1,6		
	Baccharis 1		15,6	11,2
	Carduus sp.	5,8	1,4	1
	Casuarina sp.		18,3	
	Cichorium intybus	0,2	11	4,8
	Cynara sp.	0,2		
	Eryngium sp.	3,4		1,2
	Eucalyptus sp.	1,9		
	Fabaceae	2,3	2,2	
	Glycine max	1,9		
	Helianthus sp.	0,1		
	Orobanchaceae		24,4	
	Pastinaca sp.			0,6
	Picris echioides	4,6	3,4	3,3
	Polygonum sp.	0,2		
	Rosaceae	2,4		
Senecio spp.	1,9	6,6		
Sin identificar	0,1			
Sorghum sp.	64,8	0,4	65,8	
Trifolium pratense	0,1			
Zea mays	0			
Young	Amaranthaceae	15,2	27,8	31,4
	Asteraceae 1	24,4	38,1	3,6
	Carduus sp.	1,1	0,8	1,2
	Casuarina sp.	1,8		
	Cynara sp.	0,2		

SITIOS	POLEN	MUESTREOS		
		1	2	3
	<i>Eryngium</i> sp.	0		
	<i>Eucalyptus</i> sp.	0,7	0,5	1,1
	<i>Glycine max</i>	0,1	0,1	0,1
	<i>Picris echioides</i>	0	0,1	0,1
	<i>Polygonum</i> sp.			0
	<i>Scabiosa</i> sp.	0	0	
	<i>Senecio</i> spp.	54,8	32,2	62,5
	<i>Sorghum</i> sp.		0,4	
	<i>Trifolium pratense</i>	1,7		
	<i>Zea mays</i>			0

Hubo una marcada variación de la contribución relativa de las especies botánicas entre sitios (Tabla 2), lo que refleja diferencias en la oferta floral local y en las preferencias de recolección de las abejas como ya ha sido reportado por Pernal & Currie (2001), Vit & Santiago (2008) y Leonhardt & Blüthgen (2012).

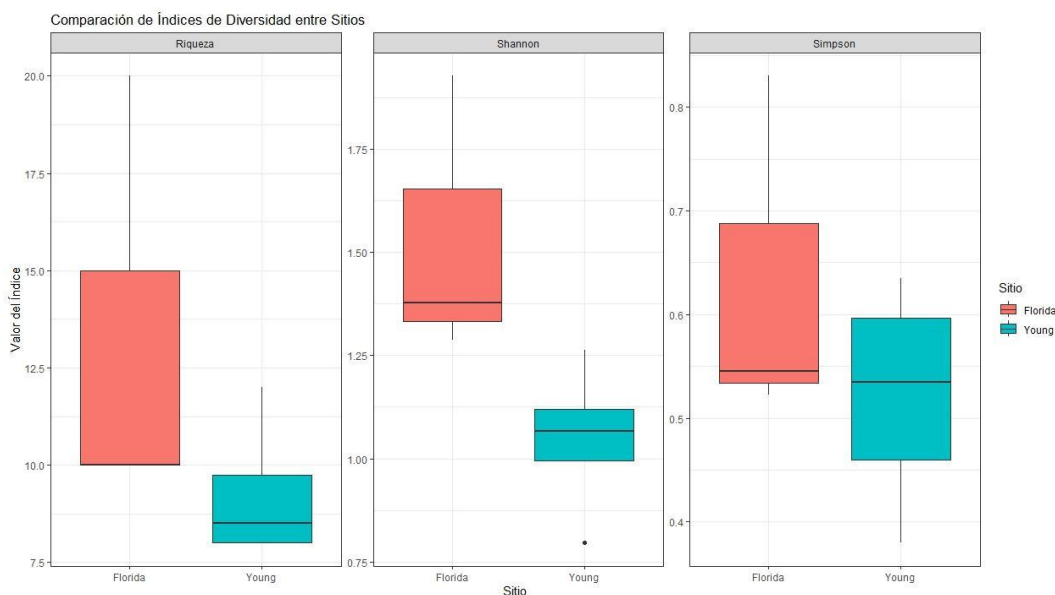
En Mendoza, el polen de *Sorghum* sp. presentó la mayor proporción relativa, alcanzando valores de 64,8 % y 65,8 % en los momentos 1 y 3, respectivamente, mientras que en el momento 2 su presencia fue marcadamente menor (0,4%). Otras especies como Amaranthaceae (hasta 16,6%), *Baccharis* sp. (hasta 15,6%), *Casuarina* sp. (18,3%) y *C. intybus* (11,0%) también mostraron participaciones relevantes en determinados momentos. En contraste, la especie de interés *G. max* presentó porcentajes bajos, con valores máximos de 1,9 %. De igual forma, otra leguminosa con presencia frecuente en las rotaciones pastoriles como *T. pratense* registró apenas 0,1 %. Estos resultados indican una composición variable entre momentos, aunque con una fuerte dominancia puntual de *Sorghum*.

En Young, el patrón difiere marcadamente. La recolección estuvo dominada por *Senecio* spp., con valores de 54,8%, 32,2% y 62,5% en los tres momentos, respectivamente. Asimismo, Amaranthaceae presentó porcentajes elevados (15,2%, 27,8% y 31,4% para los tres muestreos, respectivamente), y Asteraceae alcanzó hasta 38,1 % en el momento 2. En contraste, *G. max* mostró valores mínimos (0,1% en los tres momentos), mientras que *Eucalyptus* sp. osciló entre 0,5% y 1,1%. Este patrón evidencia una fuerte dominancia de determinadas especies espontáneas, con escasa participación de soja en la fracción polínica.

En conjunto, los resultados evidencian una preferencia de las abejas melíferas por especies alternativas a la soja, lo que puede deberse tanto a la limitada oferta de polen de este cultivo como a la coexistencia de una flora acompañante más atractiva en cuanto a polen. Estas diferencias entre sitios confirman la importancia del contexto floral local en la dieta de proteínas a través del polen de las colonias como fue discutido por Santos et al. (2013) en base a sus estudios de valor de proteína cruda en los pólenes de Uruguay (Santos et al., 2009). Este factor puede explicar los distintos desarrollos poblacionales que se dan en las colmenas en diferentes zonas del país e incluso en la sanidad de las colmenas. Pues autores como Antúnez et al. (2015) y Branchiccela et al. (2019, 2023) han demostrado la importancia de la diversidad del polen en la salud de las abejas en diferentes investigaciones desarrolladas en Uruguay. La comparación de los índices de diversidad entre los sitios de Mendoza y Young (Figura 22) muestra diferencias notorias en la composición del polen recolectado por las abejas melíferas. Esto podría asociarse a una mayor heterogeneidad del paisaje o a la presencia simultánea de cultivos y vegetación espontánea que ofrecen recursos complementarios.

Figura 22

*Índices de diversidad de polen recolectado por *A. mellifera* en los sitios Mendoza y Young*



Nota. Comparación de los valores de riqueza, índice de Shannon e índice de Simpson del polen recolectado en los sitios Mendoza y Young.

En Mendoza se registró una mayor riqueza específica (13,3) en comparación con Young (9,25), diferencia que resultó estadísticamente significativa ($p = 0,009691$), lo que indica que las abejas accedieron a una mayor variedad de fuentes florales en ese sitio. Esta diferencia podría estar relacionada con características del entorno de cada sitio, aunque dichas variables no fueron analizadas en este trabajo.

El índice de Shannon también fue superior en Mendoza (1,53) respecto a Young (1,05), observándose diferencias estadísticamente significativas entre sitios ($p = 0,0115$). Este resultado sugiere no solo una mayor número de taxones, sino que la recolección de polen estuvo más equilibrada entre ellos. En Young, el menor valor de Shannon indicaría una comunidad de polen más dominada por unas pocas especies. En efecto, análisis porcentual mostró una fuerte participación de *Senecio sp.* (54,8%, 32,2% y 62,5% en los distintos momentos), junto con valores elevados de Amaranthaceae (15,2–31,4%) y Asteraceae (hasta 38,1%). Está marcada concentración en determinados taxones explicaría la menor equitatividad observada en comparación con Mendoza.

Por otro lado, el índice de Simpson presentó un valor promedio más alto en Mendoza (0,633) que en Young (0,521), sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Dado que este índice otorga mayor peso a las especies más abundantes, estos resultados son consistentes con una comunidad más diversa y con menor dominancia relativa en Mendoza, mientras que en Young se evidenció una mayor concentración del polen en un número reducido de fuentes florales *Senecio sp.*, Amaranthaceae y Asteraceae.

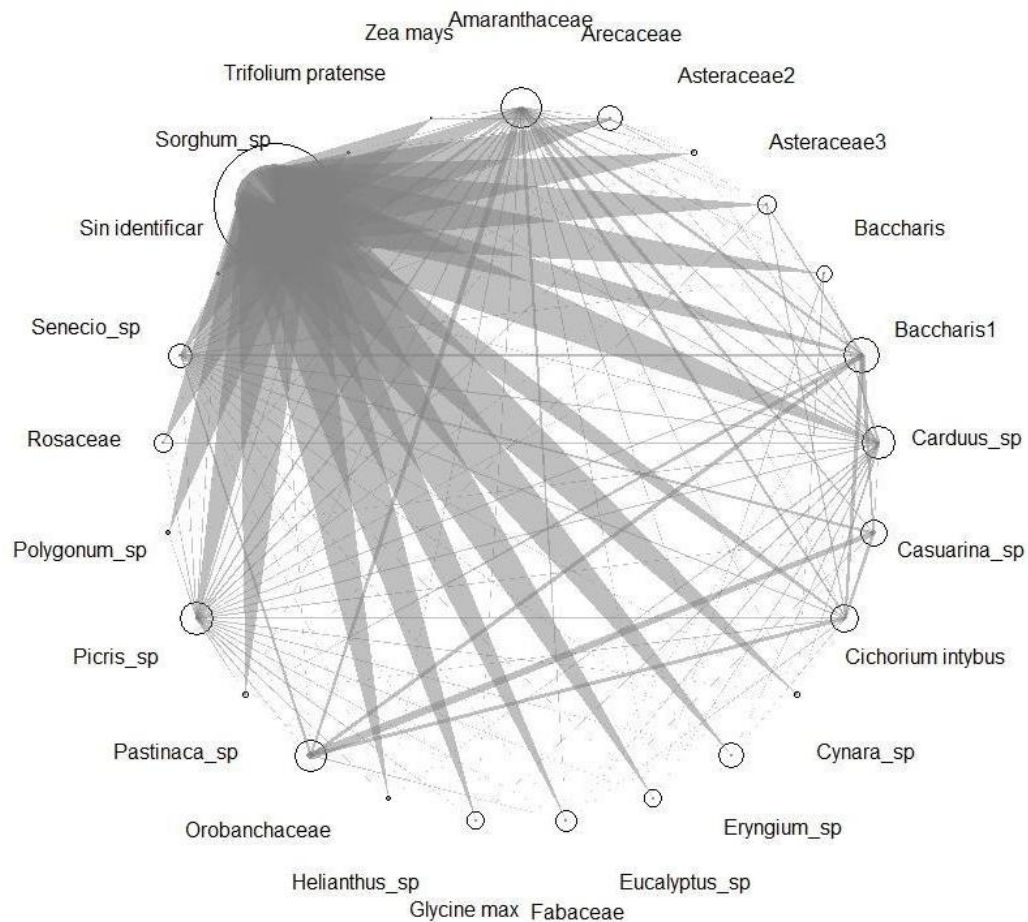
En conjunto, estos resultados evidencian diferencias en la composición de los recursos florales utilizados por las abejas entre ambos sitios de estudio, lo que podría reflejar diferencias en las características botánicas de los paisajes circundantes. La mayor diversidad de tipos polínicos registrada en Mendoza sugiere la presencia de una oferta floral más heterogénea, posiblemente asociada a un paisaje agrícola con mayor presencia de flora acompañante. En contraste, la menor diversidad observada en Young, con una mayor representación de pocos taxones como *G. max* (soja) y *Senecio sp.*, podría indicar una matriz floral más simplificada o dominada por determinadas especies durante el período evaluado. Estos resultados sugieren que la caracterización palinológica de las cargas de polen

recolectadas por las abejas constituye una herramienta potencial para inferir la composición botánica del entorno y aportar información sobre las características del paisaje circundante.

El análisis de la interacción entre las distintas especies botánicas registradas en los sitios de Mendoza y Young se muestra en la figura número 23 y 24 respectivamente.

Figura 23

Red de interacción entre especies botánicas en el polen de *A. mellifera* (Mendoza)



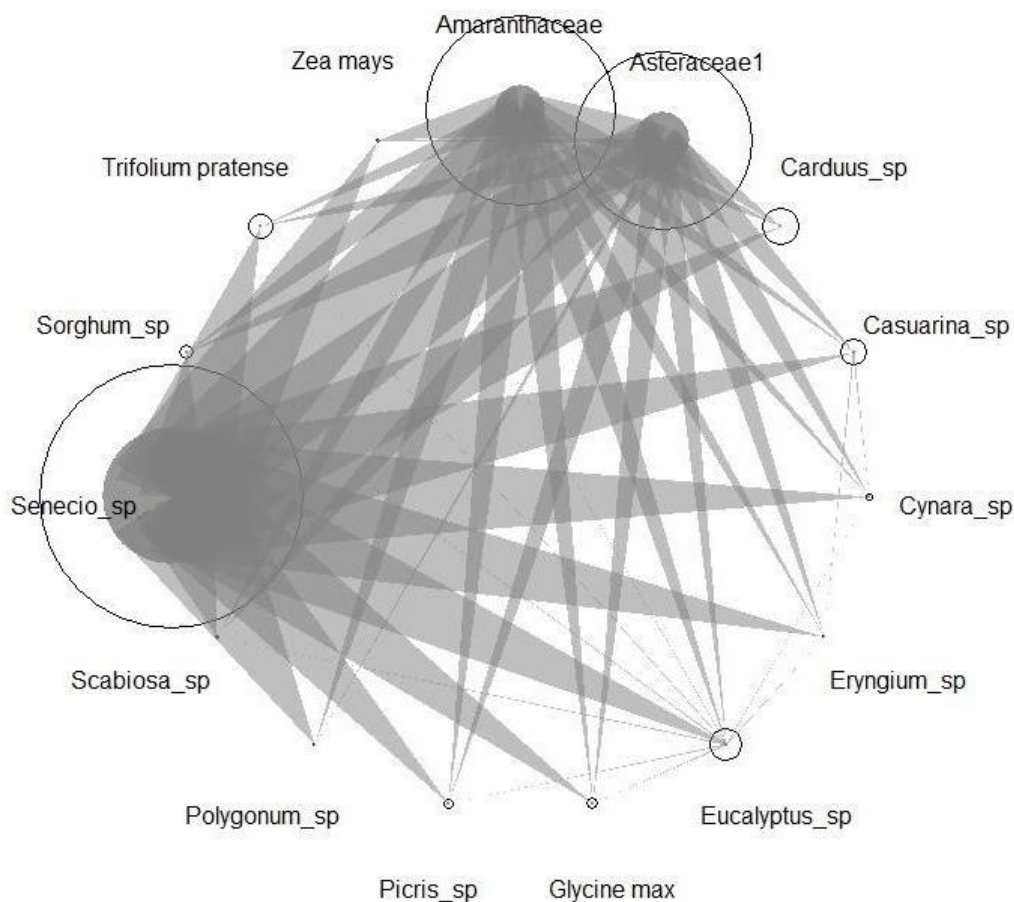
Nota. Gráfico generado con el paquete “bipartite” en R, función plot PAC. Muestra las interacciones entre las especies vegetales identificadas en las muestras de polen del sitio Mendoza.

La Figura 23 muestra la interacción entre las distintas especies botánicas registradas en el sitio Mendoza. En este caso, *Sorghum bicolor* aparece como la especie central, estableciendo un gran número de conexiones con otras especies vegetales en las muestras de polen. Esto indica que durante el período de muestreo tuvo una presencia dominante en el forrajeo de las

abejas melíferas y en cierta medida limitó la actividad en el resto de las especies botánicas. Las conexiones más delgadas hacia plantas como *T. pratense*, Asteraceae o *Eucalyptus sp.* sugieren un uso complementario de estos recursos florales, pero en menor proporción que el sorgo que se constituye como la alternativa más atractiva. En conjunto, la figura refleja un escenario de dominancia floral con baja equitatividad entre los recursos disponibles.

Figura 24

Red de interacción entre especies botánicas en el polen de *A. mellifera* (Young)



Nota. Gráfico generado con el paquete “bipartite” en R, función plot PAC. Representa las interacciones entre las especies vegetales identificadas en las muestras de polen del sitio Young.

Para el sitio de Young (Figura 24), la red evidencia una estructura diferente, con *Senecio sp.* ocupando el nodo central y conectándose con la mayoría de las demás especies. Este patrón indica que *Senecio sp.* fue una fuente de polen particularmente importante para las abejas melíferas en ese período. La presencia de múltiples enlaces entre especies sugiere un

ambiente floral más heterogéneo, aunque con una marcada preferencia por *Senecio sp.* A diferencia de Mendoza, donde predominó un cultivo agrícola, en Young la comunidad de especies parece más equilibrada, con aportes secundarios de *Amaranthaceae*, *Polygonum sp.*, *Eucalyptus sp.* y *G. max.* Esto puede asociarse a una mayor disponibilidad de flora natural o seminatural en el entorno, que amplía la diversidad de recursos para las abejas.

Al comparar ambas redes de interacción, se observan diferencias claras en la estructura y composición floral utilizada por las abejas melíferas en los dos sitios de estudio. En Mendoza, el forrajeo presentó momentos de marcada dominancia de *Sorghum spp.*, lo que generó una red más centralizada en determinados períodos. Esta situación sugiere una dependencia puntual de un recurso específico, posiblemente asociada a la disponibilidad relativa del cultivo en el entorno agrícola durante el período de muestreo.

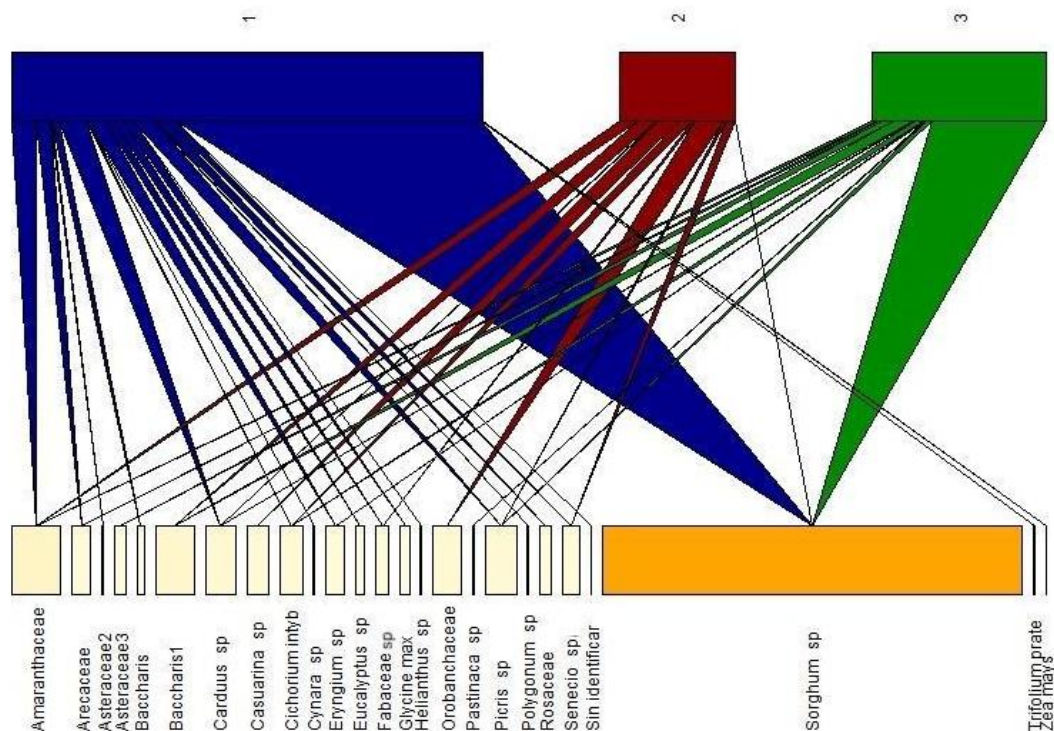
En contraste, en Young, la red muestra una distribución más equilibrada entre especies, con *Senecio sp.* como recurso principal pero acompañado por una variedad de plantas complementarias tanto nativas como cultivadas. Este patrón refleja un entorno con mayor diversidad floral, que favorece una dieta polínica más variada y potencialmente más beneficiosa para la nutrición de las abejas como lo reportan Branchiccela et al. (2019) y Antúnez et al. (2015).

En conjunto, los resultados evidencian que la disponibilidad de flora circundante y el tipo de cobertura vegetal influyen significativamente en la composición del polen recolectado por *A. mellifera*, mostrando que las abejas ajustan su comportamiento de forrajeo en función de la oferta floral predominante en cada paisaje.

Los resultados del análisis de la red trófica de interacciones planta-abeja en Mendoza y Young se muestran en la figura 25 y 26 respectivamente.

Figura 25

Red trófica de interacciones planta-abeja en Florida



Nota. Gráfico generado con el paquete bipartite en R, función plotweb. Los bloques numerados en la parte superior (1, 2 y 3) representan las fechas de muestreo a lo largo del período de floración de la soja. En el eje inferior se ubican las especies vegetales identificadas en las muestras, y las líneas que las conectan con los muestreos indican la presencia de su polen, siendo el grosor proporcional a su frecuencia relativa.

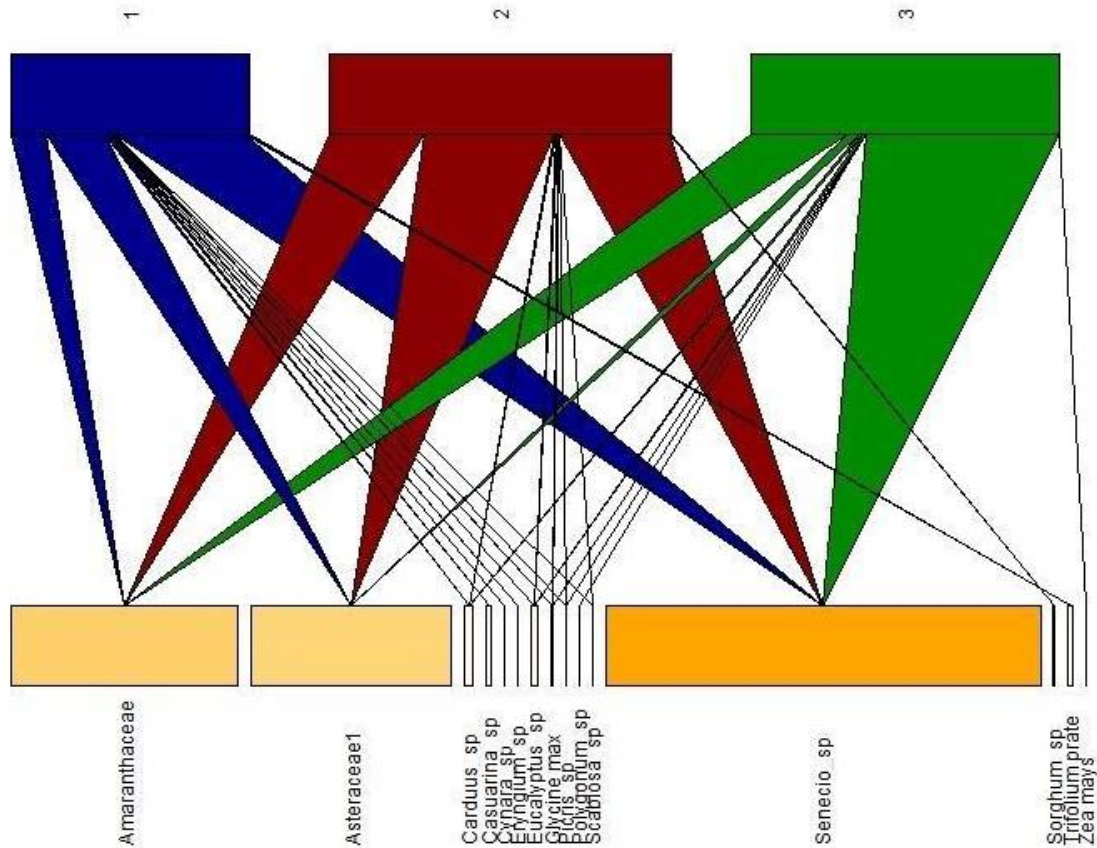
La figura 25 muestra la red de interacciones construida a partir de los muestreos de polen realizados en el sitio Florida. En Florida se observó una alta conectividad de especies como *S. bicolor* y *Senecio sp.*, que aparecen con fuerza en distintos momentos del período de floración, lo que sugiere una variación temporal en los recursos florales utilizados por las abejas. Además, se registran aportes puntuales de especies de Asteraceae, Amaranthaceae y otras herbáceas, que reflejan una diversidad de fuentes de polen complementarias a lo largo del tiempo. Este patrón indica que las colmenas aprovecharon diferentes recursos según la disponibilidad floral del entorno en diferentes fechas.

Este tipo de red permite visualizar cómo varía la disponibilidad y el uso de los recursos florales a lo largo del tiempo, evidenciando la dinámica temporal en la dieta polínica de las abejas y cómo ciertas especies dominantes sostienen gran parte de las interacciones en

distintos momentos de la floración, tal como ha sido descrito en estudios de redes mutualistas planta-polinizador (Bascompte et al., 2003).

Figura 26

Red trófica de interacciones planta-abeja en Young



La figura 28 representa tres redes tróficas o redes de interacciones mutualistas, elaborada a partir del polen recolectado por *A. mellifera* en diferentes colmenas, en el sitio Young. En este tipo de red, las conexiones entre nodos reflejan relaciones de intercambio de recursos, donde las plantas proveen alimentos, y las abejas actúan como polinizadores.

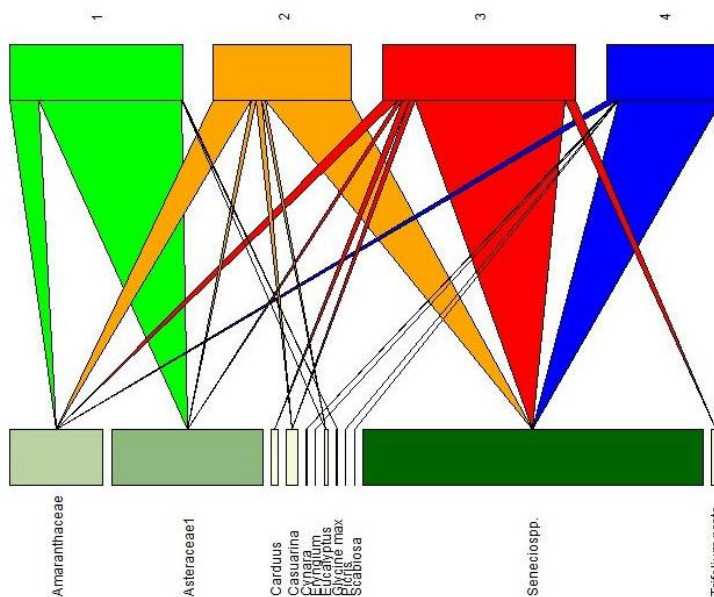
Al comparar ambas figuras, se observan diferencias claras en la estructura y composición de las interacciones planta-abeja entre las diferentes colmenas. En Florida, la red presenta una mayor cantidad de conexiones y una distribución más equilibrada entre las especies, reflejando una comunidad floral más diversa y heterogénea. Se destacan *Senecio spp.* y *Sorghum* como recursos dominantes, acompañados por otras especies que, aunque en menor proporción, aportan a la diversidad general del forrajeo.

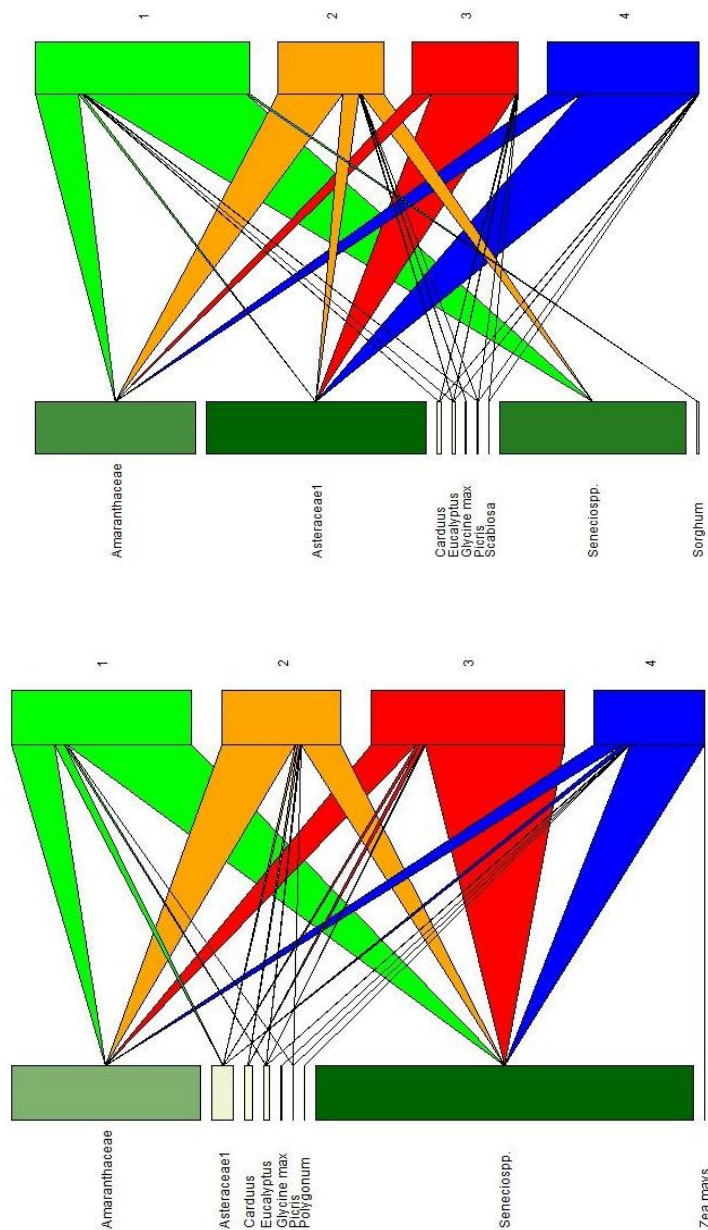
En Young, la red es más simple y concentrada en unas pocas especies, principalmente *Senecio spp.*, lo que sugiere una oferta floral más acotada o una preferencia más marcada por determinados recursos. Esta menor complejidad estructural podría estar vinculada a diferencias locales en la disponibilidad de flora o en las características del paisaje circundante.

En conjunto, las redes evidencian que las abejas melíferas ajustan su comportamiento de recolección según la oferta floral disponible, utilizando una amplia gama de especies cuando la diversidad es alta y concentrando su actividad en recursos dominantes cuando la oferta es más limitada.

Figura 27

Redes tróficas de interacciones planta-abeja en Young para las distintas fechas de muestreo





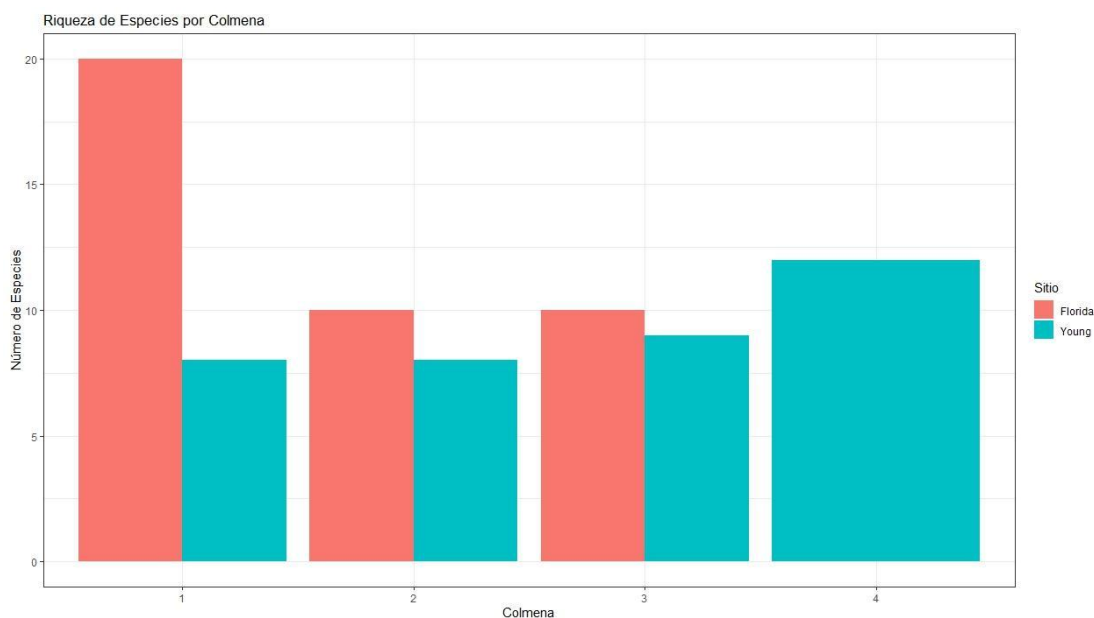
Nota. Gráfico generado con el paquete bipartite en R, función plotweb. De abajo hacia arriba, primera fecha 16/3/25 segunda fecha 18/3/25 y última fecha 23/3/25. En la parte superior se muestran las colmenas muestreadas (1 a 4) y en la inferior las especies botánicas identificadas. El grosor de las líneas indica la intensidad de la interacción, es decir, la proporción de polen de cada especie presente en las muestras de cada colmena.

En este sitio, se observó una marcada preferencia por *Senecio sp.* como se ha mostrado en los análisis anteriores, que presenta las conexiones más anchas y numerosas, indicando su papel dominante como fuente de polen. No obstante, se identificaron también aportes de

Amaranthaceae, *Polygonum sp.*, *P. echioides*, *Eucalyptus sp.* y *S. bicolor* como lo comentamos anteriormente, lo que demuestra una diversidad moderada de recursos florales disponibles para las abejas durante el período de muestreo. En este análisis, entre colmenas individuales, se observa que las colmenas distribuyen su esfuerzo de recolección entre diferentes especies de forma diferencial.

Figura 28

Riqueza de polen recolectado por abejas melíferas según fechas de muestreo (Florida y Young)



Nota. Gráfico elaborado en el programa R. Muestra la variación en riqueza de especies (número de tipos de polen recolectado) a lo largo de las diferentes fechas de muestreo en ambos sitios.

La riqueza de especies de polen recolectadas por las abejas melíferas varió en los dos sitios de estudio (Florida y Young) a lo largo de las diferentes fechas de muestreo, desde la primera (1) hasta la última (4) (Figura 29). En Florida se observó una mayor riqueza en la primera fecha de muestreo, con una marcada disminución en las siguientes fechas, mientras que en Young la riqueza inicial fue menor, pero tendió a un aumento hacia el final del periodo muestreado.

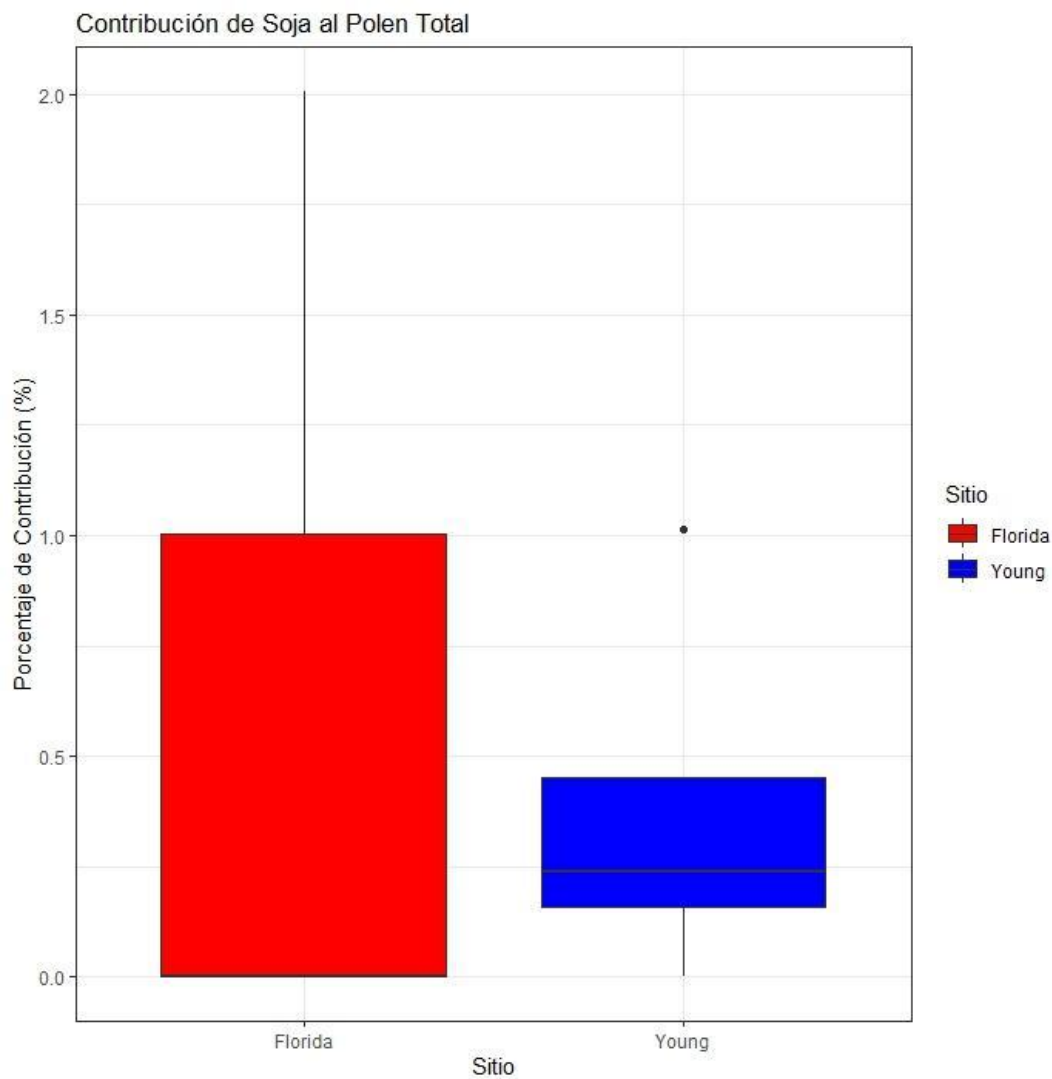
Este patrón sugiere diferencias en la disponibilidad floral entre los sitios y en el momento del año, posiblemente asociado a la fenología de las especies predominantes y a las condiciones ambientales locales. En Florida, la riqueza inicial podría vincularse a una floración más

temprana o a una mayor diversidad de especies disponibles al inicio, mientras que en Young la oferta floral se incrementó en etapas posteriores.

Cuando se cuantifica la contribución de polen de *G. Max* al total de polen recolectado en cada sitio, se evidencia que no fue tan relevante (< a 2%) como recurso alimenticio en comparación con los demás taxones botánicos (Figura 30). Sin embargo, estuvo presente en los dos escenarios productivos como parte de los recursos que las colmenas fueron capaces de explotar.

Figura 29

Porcentaje de contribución de polen de G. max (soja) por sitio



Nota. Gráfico elaborado en el programa R. Representa el porcentaje de contribución de polen de soja (*G. max*) al total de polen recolectado por las abejas melíferas en cada sitio de muestreo.

La proporción de polen de soja encontrado en las muestras de apiarios ubicadas en los sitios de Mendoza y Young presentó diferencias muy escasas. Se observó que, aunque la soja estuvo presente en ambos casos, su aporte relativo al total de polen recolectado fue bajo (< 2% en Mendoza y < 1% en Young) en ambos sitios. En Mendoza, la contribución promedio fue mayor que en Young (0,669% y 0,373% respectivamente), sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p = 0,643$; NS). Estos resultados indican que la contribución de *G. max* al polen recolectado por las abejas fue baja y similar entre sitios, lo que sugiere que la soja no constituye una fuente principal de polen en los contextos evaluados. Si bien se observó su presencia en ambos ambientes, su baja proporción relativa podría indicar un uso complementario dentro del espectro de recursos florales disponibles durante el período de estudio. Se deberían realizar posteriores estudios para determinarlo. Aunque en un estudio de Santos et al. (2013), que se realizó en Uruguay, se observó que el néctar proveniente de soja, para la formación de miel fue de aproximadamente un 30% del contenido total de la miel producida durante su periodo de floración. Investigaciones más recientes desarrolladas en sistemas agrícolas del medio oeste de Estados Unidos indican que la soja constituye una fuente de néctar para *A. mellifera*, siendo visitada activamente por las abejas durante su floración (Lin et al., 2022). Otro estudio realizado en México, en la península de Yucatán, mostró que el porcentaje de polen de soja presente en mieles producidas en zonas agrícolas varió entre 8 y 48%, lo que evidencia que las abejas melíferas utilizaron este cultivo como fuente de néctar para la elaboración de miel (Villanueva-Gutiérrez et al., 2014). En este sentido, estos autores demostraron que los cultivos de soja pueden representar un recurso nectarífero relevante dentro del paisaje agrícola, contribuyendo significativamente a la dieta de las colonias.

Estos resultados sugieren que si bien la soja puede integrarse en el paisaje como una fuente floral complementaria, más que como fuente principal de alimento para las abejas. Desde el punto de vista del manejo apícola, esto resalta la importancia de mantener o promover la diversidad de flora circundante (tanto cultivada como natural) para asegurar un adecuado aporte de polen y mejorar la nutrición de las colonias. A su vez, la presencia constante de abejas en las flores de soja podría tener implicancias positivas en la polinización del cultivo, contribuyendo a la productividad, aunque sin una recolección significativa de polen. En este sentido, se ha observado que, a pesar de su carácter predominante autógeno, la soja puede

responder a la actividad de polinizadores, registrando incrementos en la producción de semillas en presencia de abejas melíferas (Santos et al., 2013).

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidenciaron que durante el período de floración de la soja, *A. mellifera* no utilizó exclusivamente *G. max* como recurso polínico, sino que incorporó también polen proveniente de otras especies florales disponibles en el paisaje circundante. Estos resultados permiten identificar la diversidad de recursos utilizados por las abejas durante la etapa de floración del cultivo y destacan la contribución de la flora acompañante como parte de la oferta polínica disponible para la nutrición de las colmenas.

En relación con los objetivos del estudio, se logró reconocer la oferta polinífera disponible para las colmenas mediante técnicas palinológicas, identificar las especies que aportan polen durante el periodo crítico de floración de la soja y caracterizar aquellas que compiten con el cultivo como fuentes alternativas de recursos. Este enfoque permitió no solo describir la diversidad floral asociada, sino también comprender mejor cómo dicha diversidad modula el comportamiento de forrajeo de *A. mellifera*.

En este estudio observamos que, si bien *A. mellifera* utiliza el polen de soja como fuente de proteínas, de forma simultánea las abejas colectan polen de numerosas especies florales presentes en el entorno. Registramos varios taxones, todos representativos del mosaico agropecuario característico del Uruguay. Este patrón confirma que, aun dentro de un sistema dominado por un cultivo extensivo, estas abejas mantienen una dieta polifloral. Desde una perspectiva nutricional, este comportamiento puede considerarse positivo, ya que la composición del polen (en términos de proteínas, lípidos y vitaminas) varía entre especies vegetales. En consecuencia, la coexistencia de otras floraciones contemporáneas a la soja podría favorecer la calidad nutricional del polen disponible para las colonias.

Sin embargo, esta misma diversidad floral puede representar una limitante si el objetivo es utilizar las abejas como agentes de polinización dirigidos hacia el cultivo de soja. La presencia de múltiples especies atractivas compitiendo por su atención implica que las colonias no necesariamente concentran su forrajeo en la soja, lo que podría reducir la eficiencia polinizadora sobre este cultivo. De igual forma, la diversidad floral sobre la que trabaja la colmena es determinante para que se profundice el conocimiento sobre riesgos de los insecticidas y herbicidas que se utilizan no solo en el área de cultivo, sino en todo el entorno.

Por otro lado, la soja comparte su ambiente productivo con otros polinizadores silvestres, con los que *A. mellifera* interactúa directa e indirectamente, lo que añade complejidad al funcionamiento del sistema. En investigaciones de nuestros sistemas se ha constatado la presencia de abejas nativas interaccionando también con el cultivo de soja, pero dada la abundancia de flores en el cultivo y la baja preferencia por este recurso de parte de la abeja melífera (Santos et al., 2020), no estaría dándose competencia por el uso de néctar y polen con otras especies de abejas. Y seguramente el contar con otros recursos florales en el entorno también sería favorable para la dieta de otras especies de abejas o polinizadores que pueden estar en estos entornos.

A partir de estos avances, se puede concluir que este estudio aporta al desarrollo de herramientas útiles para conocer el comportamiento de las colonias dentro de ambientes. Y estudiar las características del mismo, es fundamental para anticiparse a contingencias, que en los últimos años parecen presentarse con mayor frecuencia. Los resultados obtenidos muestran que el análisis palinológico del polen corbicular constituye una herramienta eficaz para estudiar los recursos florales utilizados por las abejas melíferas y aporta información relevante sobre la oferta polinífera disponible en sistemas agrícolas asociados al cultivo de soja. Estos resultados fueron presentados en el VII Congreso de Zoología (ver Anexo).

Finalmente, este trabajo abre varias líneas que requieren profundización si se busca generar recomendaciones de manejo sólidas y aplicables tanto para agricultores como para apicultores. Dada la variabilidad ambiental y las diferencias en la oferta floral entre años y regiones, es necesario ampliar los estudios que consideren estos factores para generar recomendaciones más sólidas sobre el manejo de la flora contemporánea a la soja. Ampliar la investigación a distintos años y ambientes productivos permitirá comprender mejor la dinámica entre la soja, la oferta floral contemporánea y actividad de las abejas melíferas, contribuyendo a una planificación más integrada y sostenible del sistema agrícola. Contar con información obtenida en distintas condiciones permitirá mejorar las estrategias de manejo tanto desde la perspectiva apícola como agrícola.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, E., Durán, V., Hernández, E., & Branchiccela, B. (2022). Caracterización y diagnóstico de la cadena apícola en Uruguay. En E. Aguirre, V. Durán, L. Gorga, E. Hernández & B. Branchiccela (Eds.), *Caracterización y diagnóstico de las cadenas de carne porcina, carne aviar y apicultura* (pp. 36-55). INIA.
<https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/st-263-2022.pdf>
- Antúnez, K., Anido, M., Branchiccela, B., Harriet, J., Campa, J., Invernizzi, C., Santos, E., Higes, M., Martín-Hernández, R., & Zunino, P. (2015). Seasonal variation of honeybee pathogens and its association with pollen diversity in Uruguay. *Microbial Ecology*, 70, 522-533. <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-015-0594-7>
- Arbeletche, P., & Pintos, M. (2023). Dinámica del agronegocio agrícola en Uruguay: Desde la concentración productiva hacia la desconcentración. *Gestión I+D*, 8(1), 108-135.
https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_GID/article/view/25178
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J., & Olesen, J. M. (2003). The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(16), 9383-9387. <https://doi.org/10.1073/pnas.1633576100>
- Bedascarrasbure, M. B., Moja, J., & Rodríguez, G. (2020). *Buenas prácticas apícolas para la alimentación artificial: Nutrición y alimentación de las abejas: Módulo 2*. INTA.
- Bianchi, S., & Carrau, A. (2023). Sector apícola: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2023* (pp. 2-13). MGAP. https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuario_opypa2023/cp/14/cp14web/C14Sectorapicola.pdf
- Blum, A. (2008). Caracterización del cultivo de soja y de su complejo agroindustrial. En A. Blum, I. Narbondo, G. Oyhantcabal & D. Sancho (Eds.), *Soja transgénica y sus impactos en Uruguay: La nueva colonización* (pp. 7-58). RAP-AL.
- Branchiccela, B., Castelli, L., Corona, M., Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Martínez de la Escalera, G., Mendoza, Y., Santos, E., Silva, C., Zunino, P., & Antúnez, K. (2019). Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. *Scientific Reports*, 9, Artículo e10156. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46453-9>
- Branchiccela, B., Castelli, L., Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Mendoza, Y., Santos, E., Silva, C., Zunino, P., & Antúnez, K. (2023). Can pollen supplementation mitigate the impact of nutritional stress on honey bee colonies? *Journal of Apicultural Research*, 62(2), 294-302. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1888537>

- Carlson, J. B., & Lersten, N. R. (2004). Reproductive morphology. En R. M. Shibles, J. E. Harper, R. F. Wilson & R. C. Shoemaker (Eds.), *Soybeans: Improvement, production and uses* (pp. 59-95). ASA; CSSA; SSSA.
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr16.3ed.c3>
- Carrau, A., Bianchi, S., Pintos, J. (2019). Sector apícola: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2019* (pp. 351-363). MGAP.
<https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuario%202019/ORIGINAL%202019%20OPYPA%20INTERACTIVO%20agregado%2018-12-2019.pdf>
- Chiari, W. C., Toledo, V. A. A., Ruvolo-Takasusuki, M. C. C., Oliveira, A. J. B., Sakaguti, E. S., Attencia, V. M., Costa, F. M., & Mitsui, M. H. (2005). Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(1), 31-36. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132005000100005>
- Cordara, J. J. (2011). *Los inicios de la apicultura en la República Oriental del Uruguay*. Hemisferio Sur.
- Cracco, P., Cabrera, C., Cadenazzi, M., Galietta, G., Moreni, A., Santos, E., & Zaccari, F. (2022). Uruguayan honey from different regions, characterization and origin markers. *Agrociencia Uruguay*, 26(1), Artículo e947. <https://doi.org/10.31285/AGRO.26.947>
- Cracco, P., Moreni, A., Cabrera, C., Galietta, G., & Santos, E. (2022). Honey characterization from two landscapes of the northeast region of Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 26(1), Artículo e980. <https://doi.org/10.31285/AGRO.26.980>
- Daners, G., & Tellería, M. C. (1998). Native vs. introduced bee flora: A palynological survey of honeys from Uruguay. *Journal of Apicultural Research*, 37(4), 221-229. <https://doi.org/10.1080/00218839.1998.11100976>
- Darrigran, G. (2012). Las colecciones biológicas: ¿Para qué? *Boletín Biológica*, 6(23), 28-31. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/100508/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- De la Cuadra Infante, S., & Rodríguez Le Boulenge, P. (2019). *Manual de polinización de cultivos agrícolas*. Anpros; Fedefruta; Red Nacional Apícola; MINAGRI; FIA.
www.anproschile.cl/wp-content/uploads/2019/07/Manual-Polinizador.pdf
- Ellis, A., Ellis, J. D., O'Malley, M. K., & Zettel Nalen, C. M. (2023). *Los beneficios del polen para las abejas melíferas*. University of Florida.
<https://ask.ifas.ufl.edu/publication/IN1415>
- Erickson, E. H. (1975). Effects of honey bees on yield of soy bean cultivars. *Crop Science*, 15(1), 84-86. <https://doi.org/10.2135/cropsci1975.0011183X001500010025x>

- Erickson, E. H., & Garment, M. B. (1979). Soya-bean flowers: Nectary ultrastructure, nectar guides, and orientation on the flower by foraging honeybees. *Journal of Apicultural Research*, 18(1), 3-11. <https://doi.org/10.1080/00218839.1979.11099935>
- Free, J. B. (1963). The flower constancy of honeybees. *Journal of Animal Ecology*, 32(1), 119-131. <https://doi.org/10.2307/2521>
- Gazzoni, D. L., & Barateiro, J. V. G. R. P. (2024). Soybean yield is increased through complementary pollination by honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 63(2), 801-812. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2161219>
- Google. (2026a). [Mendoza, Departamento de Florida. Mapa]. Recuperado el 16 de junio de 2026, de https://www.google.com/maps/place/34%C2%B018'25.1%22S+56%C2%B015'48.6%22W/@-34.3075085,-56.2645545,378m/data=!3m1!1e3!4m4!3m3!8m2!3d-34.3069722!4d-56.2635?entry=tту&g_ep=EgoyMDI2MDQxNS4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Google. (2026b). [Young, Departamento de Río Negro. Mapa]. Recuperado el 16 de junio de 2026, de https://www.google.com/maps/place/32%C2%B039'22.8%22S+57%C2%B035'32.8%22W/@-32.6563243,-57.5938713,698m/data=!3m1!1e3!4m4!3m3!8m2!3d-32.6563333!4d-57.5924444?entry=tту&g_ep=EgoyMDI2MDQxNS4wIKXMDSOASAFQAw%3D%3D
- Isaacs, R., Williams, N., Ellis, J., Pitts-Singer, T. L., Bommarco, R., & Vaughan, M. (2017). Integrated crop pollination: Combining strategies to ensure stable and sustainable yields of pollination-dependent crops. *Basic and Applied Ecology*, 22, 44-60. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.07.003>
- Keller, I., Fluri, P., & Imdorf, A. (2005). Pollen nutrition and colony development in honey bees: Part 1. *Bee World*, 86(1), 3-10. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2005.11099641>
- Leonhardt, S. D., & Blüthgen, N. (2012). The same, but different: Pollen foraging in honeybee and bumblebee colonies. *Apidologie*, 43, 449-464. <http://dx.doi.org/10.1007/s13592-011-0112-y>
- Lin, C.-H., Suresh, S., Matcham, E., Monagan, P., Curtis, H., Richardson, R., & Johnson, R. M. (2022). Soybean is a common nectar source for honey bees (Hymenoptera: Apidae) in a Midwestern agricultural landscape. *Journal of Economic Entomology*, 115(6), 1846-1851. <https://doi.org/10.1093/jee/toac140>
- Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). Methods of Melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139-157. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>
- Michener, C. D. (2007). *The bees of the world* (2nd ed.). Johns Hopkins University Press.

- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (s.f.). *Descripción de grupos de suelos CO.N.E.A.T.* https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-03/Descripci%C3%B3n%20de%20Grupos%20de%20suelos%20CONEAT_0.pdf
- Moreni, A., Cabrera, M. C., Cracco, P., Cadenazzi, M., Pirotti, F., & Santos, E. (2023). Trace elements content and antioxidant capacity in honey from protected phytogeographical regions in Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 27, Artículo e1121. <https://doi.org/10.31285/AGRO.27.1121>
- Mortensen, A. N., Smith, B., Ellis, J. D., & Planell Ramos, M. (2022). La organización social de las abejas melíferas. *EDIS*, 2022(5). <https://doi.org/10.32473/edis-IN1373-2022>
- Niell, S., Díaz, R., Jesús, F., Gérez, N., Santos, E., Franco, J., Notte, G., Cancela, H., Heinzen, H., & Cesio, V. (2020). *Estudio de la distribución de residuos de agroquímicos en productos de la colmena y su relación con las zonas de producción apícola del país*. INIA. <https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/Inia-Fpta-89-proyecto-320-2020.pdf>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2024). *Anuario estadístico agropecuario 2024*. MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2024/Anuario2024/%20ANUARIO2024.pdf>
- Olivieri, V. (2016). *Descripción de cultivares de soja*. INASE. <https://www.calameo.com/read/002993183dc9f1dd87393>
- Paéz, V. P. (2017). El valor de las colecciones biológicas. *Actualidades Biológicas*, 26(81). <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.331264>
- Pernal, S. F., & Currie, R. W. (2001). The influence of pollen quality on foraging behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 51, 53-68. <https://dx.doi.org/10.1007/s002650100412>
- Ray, J. D., Kilen, T. C., Abel, C. A., & Paris, R. L. (2003). Soybean natural cross-pollination rates under field conditions. *Environmental Biosafety Research*, 2(2), 133-138. <https://doi.org/10.1051/ebr:2003005>
- Robacker, D. C., Flottum, P. K., Sammataro, D., & Erickson, E. H. (1982). Why soybean attract honey bees? *American Bee Journal*, 122, 481-484.
- Santos, E. (2023). Polinizadores y polinización para la producción de frutas y semillas. En *Anuario OPYPA 2023* (pp. 2-12). MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuarioopypa2023/estudios/11/e11web/E11Polinizadoresypolinizacion.pdf>

- Santos, E., Invernizzi, C., García, E., Cabrera, C., Di Landro, R., Saadoun, A., & Daners, G. (2009). Contenido de proteína cruda del polen de las principales especies botánicas utilizadas por las abejas melíferas en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 13(2), 9-13. <https://doi.org/10.31285/AGRO.13.714>
- Santos, E., Meerhoff, E., García Da Rosa, E., Ferreira, J., Raucher, M., Quintana, W., Martínez, A., González, C., & Mancebo, Y. (2018). Color and electrical conductivity of honeys produced by *Apis mellifera* in Uruguay. *Innotec*, (16), 51-55. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2518
- Santos, E., Mendoza, Y., Vera, M., Carrasco-Letelier, L., Díaz, S., & Invernizzi, C. (2013). Aumento en la producción de semillas de soja (*Glycine max*) empleando abejas melíferas (*Apis mellifera*). *Agrociencia (Uruguay)*, 17(1), 81-90. <https://doi.org/10.31285/AGRO.17.518>
- Seeley, T. D. (1995). *The wisdom of the hive: The social physiology of honey bee colonies*. Harvard University Press.
- Severson, D. W., & Erickson, E. H., Jr. (1984). Quantitative and qualitative variation in floral nectar of soybean cultivars in Southeastern Missouri. *Environmental Entomology*, 13(4), 1091-1096. <https://doi.org/10.1093/ee/13.4.1091>
- Sim, Y. G., & Choi, Y. E. (1993). Influence of honey bee pollination on soybean yield and yield components. *Korean Journal of Applied Entomology*, 32(3), 271-278.
- Sponsler, D. B., Grozinger, C. M., Hitaj, C., Rundlöf, M., Botías, C., Code, A., Lonsdorf, E. V., Melathopoulos, A. P., Smith, D. J., Suryanarayanan, S., Thogmartin, W. E., Williams, N. M., Zhang, M., & Douglas, M. R. (2019). Pesticides and pollinators: A socioecological synthesis. *Science of The Total Environment*, 662, 1012-1027. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.016>
- Tejera, L., Invernizzi, C., & Daners, G. (2013). Población y recursos alimenticios en colonias de *Apis mellifera* L. en Uruguay. *Archivos de Zootecnia*, 62(240), 607-610. <https://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v62n240/art15.pdf>
- Uruguay XXI. (2024). *Sector agrícola en Uruguay*. <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/3c65f7d9c47fd2235bbc5752bd3ad5c2f005ec88.pdf>
- Villanueva-Gutiérrez, R., Echazarreta-González, C., Roubik, D. W., & Moguel-Ordóñez, Y. B. (2014). Transgenic soybean pollen (*Glycine max* L.) in honey from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Scientific Reports*, 4, Artículo e4022. <https://doi.org/10.1038/srep04022>

- Vit, P., & Santiago, B. (2008). Composición química de polen apícola fresco recolectado en el páramo de Misintá de los andes venezolanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(4), 411-415. <https://biblat.unam.mx/hevila/Archivoslatinoamericanosdenutricion/2008/vol58/no4/14.pdf>
- Von Der Ohe, W., Persano Oddo, L., Piana, M. L., Morlot, M., & Martin, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, 35(Suppl.1), S18-S25. <https://doi.org/10.1051/apido:2004050>
- Winston, M. L. (1987). *The biology of the honey bee*. Harvard University Press.
- Zhao, L., Sun, H., Peng, B., Li, J., Wang, S., Li, M., Zhang, W., Zhang, J., & Wang, Y. (2009). Pollinator effects on genotypically distinct soybean cytoplasmic male sterile lines. *Crop Science*, 49(6), 2080-2086. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.11.0662>

8. ANEXO

Póster presentado en el Congreso de Zoología (2025), en el cual se sintetizan los principales objetivos, la metodología empleada y los resultados más relevantes de este trabajo de tesis.

Resumen:

FORRAJEO DE POLEN DE LAS ABEJAS MELÍFERAS (*Apis mellifera*) EN CONTACTO CON CULTIVOS DE SOJA (*Glycine max*) EN DOS LOCALIDADES DE URUGUAY.

Soca, P. (1); Silva, H. (1); Santos, E. (2)

(1) Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay; (2) Centro de operaciones apícolas- Los Espinillos, Canelones; PEDECIBA, Uruguay. paula_soca@hotmail.com

Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) recolectan polen de muchas especies vegetales y cumplen un papel importante como polinizadores. En Uruguay, los apiarios suelen estar ubicados cerca de cultivos agrícolas como la soja (*Glycine max*), siendo positivo para el incremento en la producción de semillas y para obtener polen y néctar en abundancia de parte de las abejas. En estos paisajes también hay otras plantas disponibles en el entorno. El objetivo de este trabajo fue describir qué especies vegetales aportaron polen a las colmenas durante la floración de la soja en dos departamentos del país. Para eso se colocaron trampas de polen en colmenas de apiarios de Río Negro y Florida, y las muestras de polen fueron observadas en fresco bajo microscopio óptico para identificar los granos de polen con técnicas de palinología. En Río Negro se registraron 14 taxones, entre ellos: Asteraceae, Amaranthaceae, *Glycine max*, *Eucalyptus* sp., *Casuarina cunninghamiana*, *Trifolium pratense*, *Carduus* sp., *Picris echioides*, *Cynara* sp., *Scabiosa atropurpurea*, *Sorghum bicolor*, *Zea mays*, *Polygonum* sp. y *Eryngium* sp.. En Florida se identificaron 18 taxones, incluyendo *Sorghum bicolor*, *Carduus* sp., *Helianthus annuus*, Amaranthaceae, Fabaceae, Rosaceae, Arecaceae, *Eucalyptus* sp, *Casuarina cunninghamiana*, *Cichorium intybus*, *Baccharis* sp, *Senecio* sp, *Bellardia trixago*, *Pastinaca sativa* y *Trifolium pratense*, dos taxones de la familia Asterácea y *Glycine max*. Los resultados muestran que las abejas melíferas utilizan la soja como fuente de polen, pero también utilizaron polen de otras especies contemporáneas. Esta diversidad de recursos puede ser importante para la nutrición de las colmenas y para entender las interacciones de polinización en los paisajes agrícolas. También permite pensar en estrategias de resguardo de parches florales en los entornos de los cultivos, con especies

botánicas de interés y sostén alimenticio para las abejas melíferas y otros polinizadores. Aunque si se utilizan las abejas melíferas como biotecnología de polinización de la soja, se debería pensar en estrategias de control de vegetales que compitan con su floración.

Figura A1
Póster



Nota. Tomado de Soca et al. (2025).

Referencia bibliográfica Anexo A

Soca, P., Silva, H., & Santos, E. (2025). Forrajeo de polen de las abejas melíferas (*Apis mellifera*) en contacto con cultivos de soja (*Glycine max*) en dos localidades de Uruguay. En Sociedad Zoológica de Uruguay (Ed.), *Libro de resúmenes del VIII Congreso Uruguayo de Zoología: Octavo Congreso Uruguayo de Zoología "Prof. Eduin Palerm"* (p. 181).
<https://es.scribd.com/document/973056605/Libro-Resumenes-VIII-CUZ>