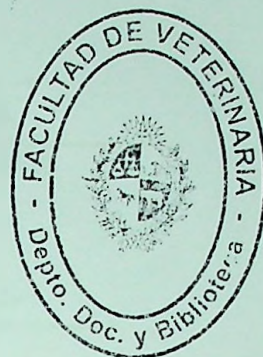


TG
1279

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON POLEN POLIFLORAL
SOBRE LA FORTALEZA Y LA PRODUCCIÓN DE MIEL DE COLONIAS DE
ABEJAS INSTALADAS EN MONOCULTIVOS DE *EUCALYPTUS GRANDIS***

Por

Óscar CABRERA, Baldomero FUENTES, y Rodrigo NIEVES

TESIS DE GRADO presentada
como uno de los requisitos
para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias

Orientación: Medicina Veterinaria

Modalidad: Ensayo Experimental

MONTEVIDEO

URUGUAY

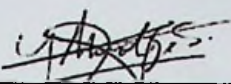
2024

Tesis de grado aprobada por:



FV-36611

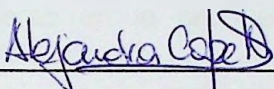
Presidente de mesa:


Yamaridú Mendoza

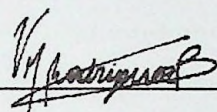
Segundo miembro (Tutor):


Pablo Juri

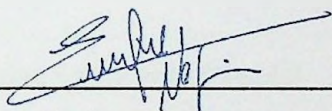
Tercer miembro:


Alejandra Capelli

Cuarto miembro:

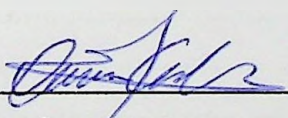

Valentina Rodríguez

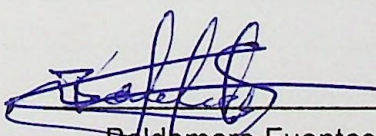
Quinto miembro:

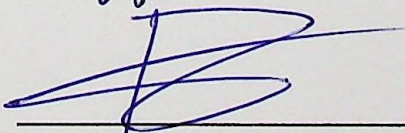

Enrique Nogueira

Fecha: 16 de agosto del 2024

Autores:


Óscar Cabrera


Balduino Fuentes


Rodrigo Nieves

FACULTAD DE VETERINARIA

Aprobado con 10 (diez) firmas 2

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE GRÁFICAS	4
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	4
RESUMEN	4
SUMMARY	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. La importancia de las abejas melíferas en la producción de alimentos y en el mantenimiento de los ecosistemas	7
2.2. La apicultura en Uruguay	9
2.3. La Apicultura en montes de <i>Eucalyptus grandis</i>	12
2.4. Aspectos básicos de nutrición apícola	13
3. HIPÓTESIS	15
4. OBJETIVOS	16
5. MATERIALES Y MÉTODOS	16
5.1. Materiales	16
5.2. Métodos	16
5.2.1. Preparación de las colonias y traslado al predio forestal	16
5.2.2. Preparación de las tortas de polen y suplementación	20
5.2.3. Visitas al apiario y actividades	21
5.2.4. Registros y muestreos	22
5.2.5. Procesamiento estadístico	24
6. RESULTADOS	26
6.1. Análisis del Área de Cría	26
6.2. Análisis de la población adulta	27
6.3. Análisis de la producción de miel	28
7. DISCUSIÓN	29
8. CONCLUSIONES	30
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE GRÁFICAS

	Pag.
Gráfica 1	Toneladas de miel en Kg, producidas por año en Uruguay 10
Gráfica 2	Número de colmenas registradas por año en Uruguay 11
Gráfica 3	Kilos de miel porducidos por colmena y por año en Uruguay 11
Gráfica 4	Número de apicultores por año en Uruguay 12
Gráfica 5	Área de cría medida en cm ² para ambos grupos del ensayo, en cada instancia de observación 26
Gráfica 6	Población de abejas adultas estimadas por número de calles de abejas, para ambos grupos al finalizar el ensayo. 27
Gráfica 7	Producción total de miel medido en Kg para ambos grupos. 28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Especies de pólenes encontradas en las tortas de polen polifloral utilizadas para el ensayo 20
Tabla 2	Cronograma de actividades realizadas en el ensayo 21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Principales productos que se pueden obtener de una colmena 8
Figura 2	Apicultores cargando colmenas en un camión para hacer un traslado 9
Figura 3	Colmenas acondicionadas en un camión para ser trasladadas 9
Figura 4	Geolocalización de apiarios en Uruguay 10
Figura 5	Colmenas en zona forestal de <i>E. grandis</i> 13
Figura 6	Niveles de nutrición en abejas 14
Figura 7	Soporte-bastidor para estandarizar las fotografías de los cuadros de la colmena 16
Figura 8	Localización del apiario donde se llevó acabo el ensayo experimental, ubicado en una en zona forestal en Rivera 17
Figura 9	Localización del apiario próximo a la ciudad de Tranqueras, Rivera 17
Figura 10	Vista satelital de la ubicación del apiario del ensayo experimental 18
Figura 11	Fotografía panorámica de la disposición del apiario 18
Figura 12	Apiario instalado en zona forestal (disposición de las colmenas asignadas a los grupos) 19
Figura 13	Cuadro de una colmena donde se puede observar abejas y abundante polen en las celdas 19
Figura 14	Máquina separadora de polen ensilado 20
Figura 15	Estimación de cantidad de abejas adultas según metodología de Delaplane et al., 2013 22
Figura 16	Panal con miel, cría operculada y polen 22
Figura 17	Procesado de una fotografía con <i>CombCount</i> 23
Figura 18	Cosecha de miel 23

RESUMEN

En Uruguay, a partir del Plan Nacional de Forestación (1988), se ha registrado un aumento sostenido de las áreas dedicadas a la forestación de *Eucalyptus spp.* con destino a la industria papelera y maderera. Desde entonces los apicultores explotan estas forestaciones, especialmente las de *Eucalyptus grandis* (*E. grandis*) en el norte del país, trasladando las colmenas desde su lugar de origen hasta las plantaciones, donde suelen permanecer entre febrero y mayo. Si las condiciones son favorables se logran buenas cosechas de miel, pero al finalizar la floración las colonias se encuentran debilitadas, siendo una de las causas una nutrición proteica pobre, basada mayormente en polen de *E. grandis* que es deficiente en algunos aminoácidos esenciales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de suplementar con tortas de polen polifloral a colonias trasladadas a las forestaciones de *E. grandis*, en términos de fortaleza de la colonia (abejas adultas y crías) y producción de miel. Se utilizaron 24 colmenas estandarizadas, divididas en dos grupos de 12 colonias cada uno: un grupo control y un grupo suplementado, al cual se le administró tortas de polen de 500 g cada 15 días. Se cuantificó la población de abejas adultas mediante el conteo de las calles de abejas al inicio y al final del ensayo, el área de cría operculada, en cinco ocasiones, mediante fotografía y posterior análisis de imágenes, utilizando el programa *Comb Count* y la miel producida por cada colmena durante el período total. Se observó un aumento significativo en la cantidad de abejas adultas al finalizar el ensayo en las colmenas suplementadas. No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en el área de cría operculada ni en la producción de miel. Esto implica que la supervivencia de las abejas adultas fue mayor en las colonias suplementadas, lo cual es beneficioso para los manejos posteriores, ya que las colmenas tendrán una mayor resistencia al estrés del transporte, mejor adaptación a la nueva locación y una mejor invernada. Por lo tanto, consideramos que la suplementación con tortas de polen polifloral puede ser un manejo simple y de bajo costo que debería implementarse en las colonias trasladadas para explotar las floraciones de *E. grandis*.

SUMMARY

In Uruguay, since the implementation of the National Forestry Plan in 1988, there has been a steady increase in areas dedicated to the afforestation of *Eucalyptus*

spp. for the paper and timber industries. Beekeepers have taken advantage of these forest plantations, especially *Eucalyptus grandis* (*E. grandis*) in the north of the country, by moving hives from their original location to the plantations, where they remain from February to May. Although favorable conditions can lead to good honey harvests, at the end of the flowering period, colonies are often weakened. One of the causes of this weakening is poor protein nutrition, mainly based on *E. grandis* pollen, which lacks some essential amino acids. The objective of this study was to evaluate the effect of supplementing colonies with polyfloral pollen patties when moved to *E. grandis* plantations, in terms of colony strength (adult bees and brood) and honey production. We used 24 standardized hives, divided into two groups of 12 colonies each: a control group and a supplemented group, which received 500g pollen patties every 15 days. The adult bee population was quantified by counting the bee lanes at the beginning and end of the trial, the sealed brood area was measured five times, using photography and image analysis with the Comb Count program, and the honey produced by each hive was recorded for the total period. A significant increase in the number of adult bees was observed at the end of the trial in the supplemented hives. No significant differences were found between the two groups in the sealed brood area or honey production. This implies that the survival rate of adult bees was higher in the supplemented colonies, which is beneficial for subsequent management, as the colonies will have greater resistance to transportation stress, better adaptation to the new location, and improved overwintering. Therefore, we consider that the supplementation with polyfloral pollen patties can be a simple and low-cost management practice that should be implemented in colonies moved to exploit *E. grandis* flowering periods.

1. INTRODUCCIÓN

El sector apícola uruguayo viene desde inicios de este siglo con una serie de problemas que afectan su rentabilidad, lo que ha determinado que un número importante de apicultores abandonen la actividad. Este es un sector con escasa diversificación y producción de valor agregado, orientado casi exclusivamente a

la producción y exportación de miel a granel en tanques de 300kg, un *commodity* que viene teniendo serios problemas en la comercialización mundial asociados a los bajos precios internacionales. Además, el sector apícola uruguayo sufre un alto porcentaje de pérdidas de colonias anualmente y una baja sostenida de la producción de miel por colmena.

El desarrollo de la forestación abre una oportunidad para el sector, ya que el *Eucalyptus grandis* florece a fines del verano y principios del otoño y posibilita una cosecha extra de miel que en algunos casos es superior a la producida durante toda la temporada de primavera verano. Sin embargo, al tratarse de extensas áreas de un monocultivo que tiene un polen de baja calidad nutricional hace que las colmenas se vayan debilitando, lo que puede determinar que estas no aprovechen al máximo la floración y se comprometa la viabilidad de pasar el invierno. Tenemos entonces que esta posibilidad de una cosecha extra, conlleva por un lado una gran oportunidad de hacer rentable la empresa apícola, siendo que en muchos casos, si no se realiza la trashumancia al eucalipto se cierra el año en déficit, pero por otro lado el riesgo de que aumenten las pérdidas de colmenas en el período invernal, por todo estos es que consideramos importante evaluar el aporte de polen polifloral como un manejo para evitar el debilitamiento de las colmenas y aumentar la producción de miel.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La importancia de las abejas melíferas en la producción de alimentos y en el mantenimiento de los ecosistemas

La actividad apícola en base a la domesticación de las abejas melíferas occidentales *Apis mellifera* se practica en todos los continentes, inclusive en zonas con climas muy adversos. En 2022 se estima que a nivel mundial habían 100.996.303 colmenas en explotación, y una producción de miel estimada ese año en 1.830.768 toneladas de miel (División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAOSTAT], 2022).

A la producción de miel se le debe sumar otros productos que se pueden obtener de la explotación apícola, como el propóleo, cera, miel, polen, jalea real (Fig. 1); veneno (apitoxina), producción de material vivo como reinas, paquetes de abejas y núcleos de abejas, que generan un movimiento económico muy importante, dado que se necesitan muchos insumos, equipos y mano de obra para poder llevar adelante la explotación de los diferentes rubros.



Figura 1. Principales productos que se pueden obtener de una colmena.

De izquierda a derecha: propóleo, cera, miel, polen y jalea real.

Fuente: <https://www.abejapresumida.com/productos-de-una-colmena> (fecha de consulta 28/06/24)

Las abejas melíferas además de generar productos para la alimentación, cosmética y medicina, brindan un servicio de enorme valor ecológico y productivo como agente polinizador. Aproximadamente el 80 % de todas las especies de plantas que florecen están especializadas para ser polinizadas por animales, principalmente insectos (Organización para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2008 y 2015). Las abejas son los principales insectos que desarrollan esta labor, jugando un rol clave para el mantenimiento de las plantas silvestres y de la productividad agrícola, por lo que poseen una gran importancia económica y ecológica; de hecho, una gran parte de los alimentos que hoy en día se consumen y comercializan masivamente, dependen en forma directa o indirecta de la polinización realizada por las abejas. Gallai et al. (2009) cuantificó en el año 2005 el beneficio económico atribuible a los insectos polinizadores, entre los que se destacan las abejas melíferas, adjudicándole un valor de €153.000.000.000, lo que representó el 9,5% del valor total de la producción agrícola de ese año. Esas cifras son muy moderadas, pues solamente consideraron los cultivos más importantes para el consumo humano directo y no incluyen la contribución de los polinizadores en la producción de semillas de cultivos, ni a las pasturas y cultivos forrajeros, la producción de flores ornamentales, así como tampoco el valor de los polinizadores en el mantenimiento de los ecosistemas silvestres. Por otra parte, los cultivos que dependen de los servicios de polinización son de alto valor, alcanzando un promedio de 761 euros por tonelada frente a los 151 euros por tonelada de los cultivos que no dependen de la polinización animal.

Las abejas melíferas constituyen grandes colonias, tienen un manejo simple y es posible trasladarlas por grandes distancias sin que se vean afectadas (Fig 2 y 3), de forma que son una herramienta muy valiosa a nivel agropecuario, pues son ideales para polinizar diferentes especies de cultivos (Aizen et al., 2009)



Figura 2. Apicultores cargando colmenas en un camión para hacer un traslado.
Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Colmenas acondicionadas en un camión para ser trasladadas.
Fuente: Elaboración propia

2.2. La apicultura en Uruguay

La apicultura en el Uruguay se remonta al siglo XIX con los primeros apiarios rústicos. A principios del siglo XX, comienza a aumentar el número de apicultores y a incorporar colmenas modernas de cuadros móviles, se da entonces el crecimiento sostenido de la producción apícola. La profesionalización del sector empieza a consolidarse a partir de 1950, respondiendo a una fuerte demanda externa de miel, que generó una corriente exportadora que continúa hasta nuestros días (Cordara, 2005). Uruguay presenta condiciones naturales favorables para la actividad apícola, la que ha adquirido gran relevancia dentro del sector agroexportador de Uruguay, con un crecimiento constante que se refleja tanto en el volumen de producción como en el ingreso de divisas fundamentalmente relacionadas con la exportación de miel. Uruguay de acuerdo con la base de datos generada al último cierre de la declaración anual de colmenas del Sistema Nacional de Trazabilidad de Productos Apícolas (SINTAPA, MGAP) cuenta con 2621 apicultores registrados que manejan 626.330 colmenas (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], 2023). Los apiarios están distribuidos en todo el territorio, aunque hay una clara concentración en el litoral y en el sur del país (Fig 4). El sector apícola está mayormente enfocado a la producción de miel a granel para exportación, exportándose un estimado del 90% de la miel producida.

Apiarios de la Declaración Jurada
Año 2020

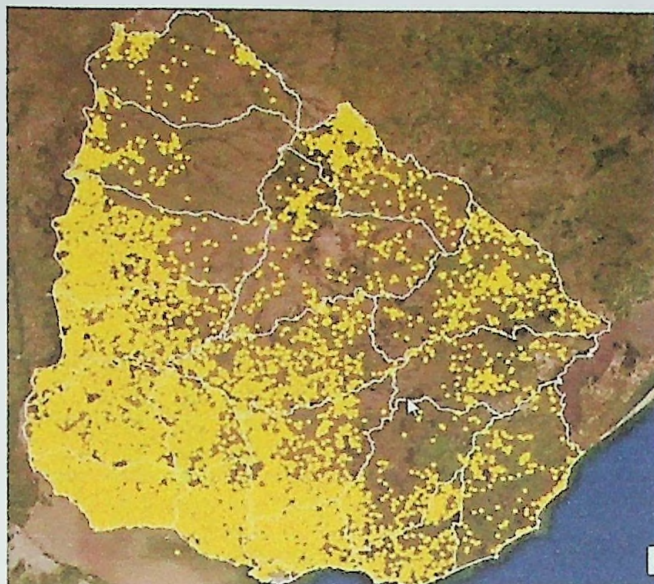
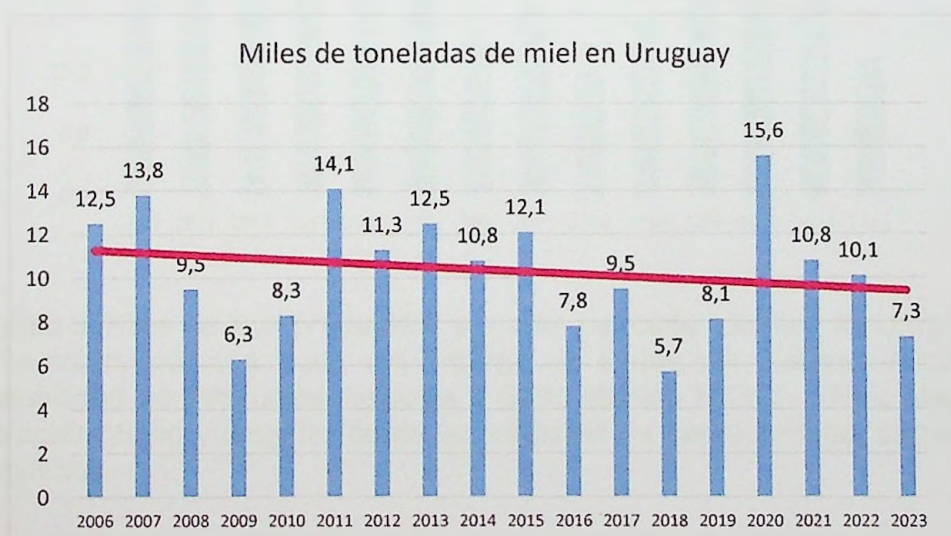


Figura 4. Geolocalización de apiarios en Uruguay (MGAP, 2021).

Fuente: Informe de Datos del Sistema Nacional de Trazabilidad de Productos Apícolas 2021. Sistema Nacional de Trazabilidad de Productos Apícolas (SINATPA - MGAP)

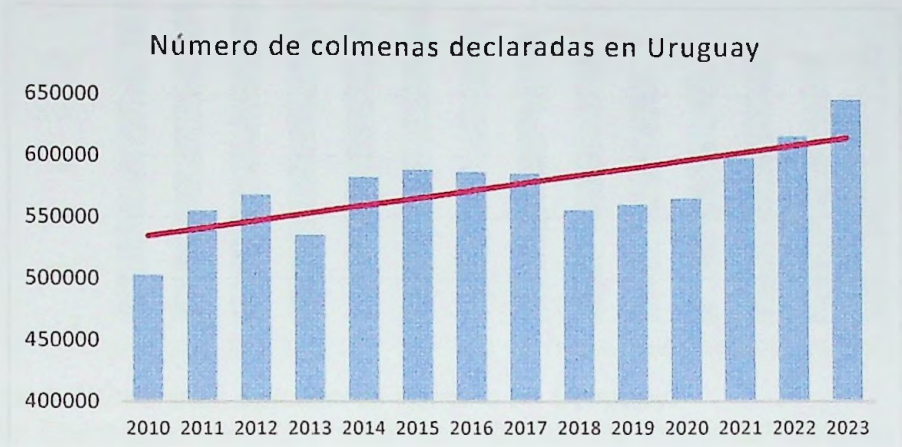
A partir de las estadísticas de producción de miel es posible ver que la misma tiene una tendencia a mantenerse o disminuir levemente (Gráfico 1), pese a que el número de colonias ha venido aumentando (Gráfico 2). Lo que se traduce en una baja de la producción de miel por colmena (Gráfico 3). Por otra parte, el número de apicultores ha tenido una tendencia a disminuir (Gráfico 4), por lo que existe una mayor concentración de colmenas por apicultor (Anuario Estadísticas Agropecuarias, 2023).



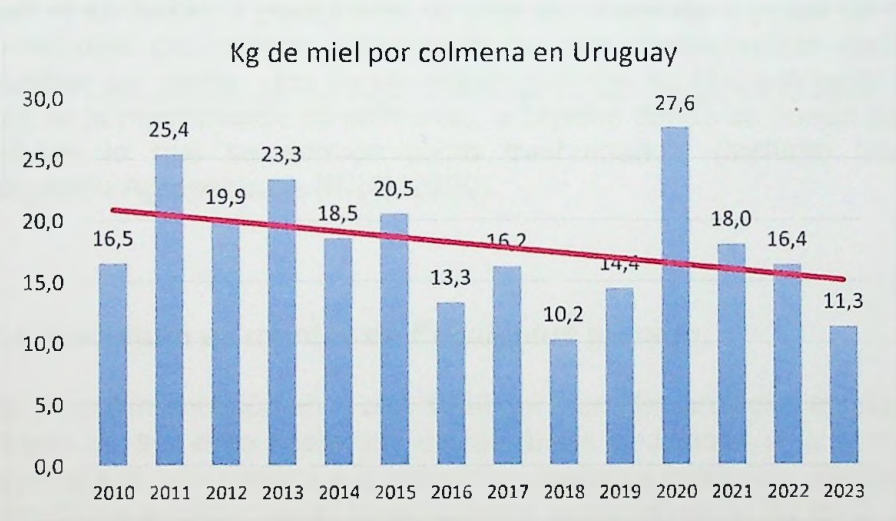
Gráfica 1. Toneladas de miel en Kg, producidas por año en Uruguay.

Elaboración propia a partir del informe de Datos del Sistema Nacional de Trazabilidad de Productos Apícolas y Serie técnica N°263 – INIA. Mayo 2022

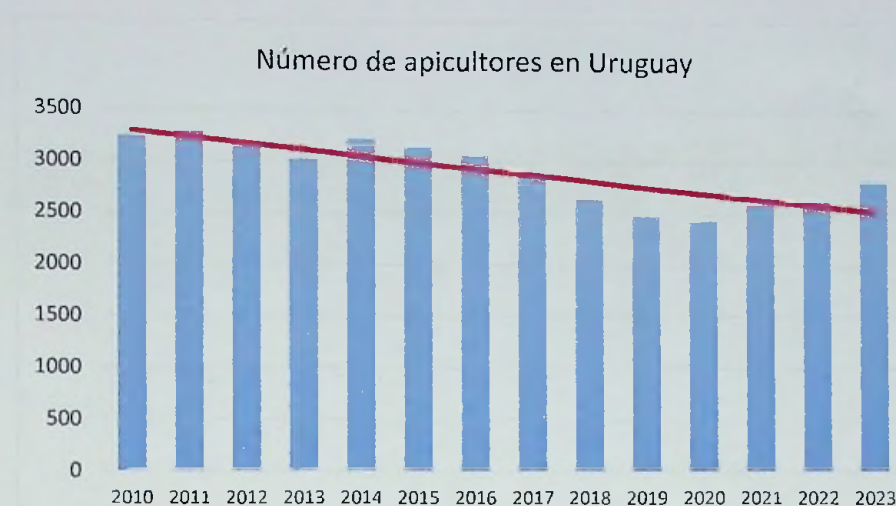
(Caracterización y diagnóstico de las cadenas de carne porcina, carne aviar y apicultura).



Gráfica 2. Número de colmenas registradas por año en Uruguay.
Elaboración propia a partir del informe de Datos del Sistema Nacional de Trazabilidad de Productos Apícolas y Serie técnica N°263 – INIA. Mayo 2022
(Caracterización y diagnóstico de las cadenas de carne porcina, carne aviar y apicultura).



Gráfica 3. Kilos de miel producidos por año, por cada colmena en Uruguay.
Elaboración propia a partir del informe de Datos del Sistema Nacional de Trazabilidad de Productos Apícolas y Serie técnica N°263 – INIA. Mayo 2022
(Caracterización y diagnóstico de las cadenas de carne porcina, carne aviar y apicultura).



Gráfica 4. Número de apicultores por año en Uruguay.
 Fuente: Elaboración propia a partir de: Informes de Datos del Sistema Nacional de Trazabilidad de Productos Apícolas y Serie técnica N°263 – INIA. Mayo 2022 (Caracterización y diagnóstico de las cadenas de carne porcina, carne aviar y apicultura).

El Sector Apícola Uruguayo tiene escasa diversificación y producción de valor, a lo que se le ha sumado una serie de problemas como; bajos precios internacionales de la miel, elevadas pérdidas de colonias (Antúnez et al., 2017; Fabrice et al. 2023), y producción de miel en descenso a pesar de manejarse más unidades productivas. Estos factores han comprometido seriamente la rentabilidad del sector. Una de las estrategias que ha utilizado parte del sector apícola es la movilización de colmenas, a lugares donde se pueda dar grandes floraciones lo que se conoce como trashumancia (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], 2020).

2.3. La Apicultura en montes de *Eucalyptus grandis*

Desde la implementación en el año 1988 del Plan Nacional de Forestación se ha registrado un aumento sostenido de las áreas dedicadas a la forestación de *Eucalyptus spp.* con destino a la industria papelera y maderera. Desde entonces los apicultores explotan estas forestaciones, especialmente las de *E. grandis* en el norte del país (Fig 5), trasladando sus colmenas desde su lugar de origen hasta las plantaciones, donde suelen permanecer desde febrero o marzo hasta mayo. Si las condiciones climáticas son favorables, la producción de miel en las forestaciones puede alcanzar los 50 kg/colmena, sin embargo, cuando finaliza la floración, las colonias se encuentran debilitadas y pueden morir si no son retiradas rápidamente de dicho ambiente (Invernizzi et al., 2011; Mendoza et al., 2013).



Figura 5. Colmenas en zona forestal de *E. grandis*.

Fuente: Elaboración propia

La infección de las colonias por *Nosema spp.* aparece como la principal causa de la pérdida de colmenas, ya que este hongo microsporidio aparece en todas las colonias que son trasladadas a las forestaciones (Invernizzi et al., 2011; Mendoza et al., 2012; Mendoza et al., 2013) lo que puede deberse a una nutrición proteica pobre, basada mayormente en polen de *E. grandis*, ya que las colonias a las cuales se les suministra polen de diverso origen botánico presentan menor infección (INIA, 2020).

2.4. Aspectos básicos de nutrición apícola

La nutrición de las abejas melíferas es compleja y única, no es análoga a la de otros animales de producción, las necesidades nutricionales de animales específicos están bien estudiadas y es posible formular dietas apropiadas para las distintas necesidades (Oliver, 2021). Las abejas melíferas son insectos sociales y la colonia se considera un superorganismo con un sistema de castas bien definido y una división reproductiva del trabajo. De manera similar a su compleja biología, la nutrición también es compleja en las abejas melíferas y puede considerarse en 3 niveles: 1) nutrición de la colonia, 2) nutrición de adultos y 3) nutrición de larvas (Fig 6) (Brodschneider & Crailsheim, 2010). A medida que envejecen, las abejas obreras pasan de dietas ricas en proteínas a dietas predominantemente de carbohidratos

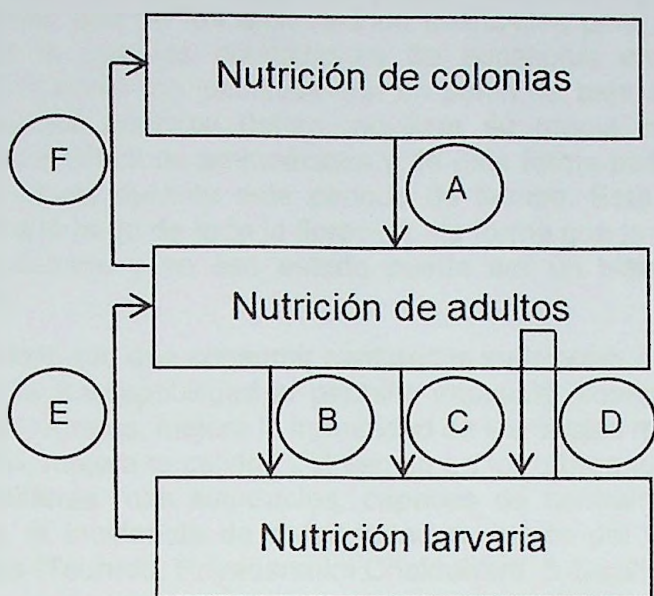


Figura 6. Niveles de nutrición en abejas, “Representación esquemática de los tres niveles de nutrición de las abejas melíferas, dependencias y posibles efectos de la desnutrición proteica. A: dependencia de los adultos de las reservas de alimentos de la colonia; B: inversión en la calidad de las larvas; C: regulación del número de larvas; D: canibalismo; E: impacto de la nutrición de las larvas en la siguiente generación de adultos; F: impacto de los adultos en la nutrición de la colonia” Brodschneider & Crailsheim (2010).

Fuente: Brodschneider & Crailsheim (2010).

La fuente natural de carbohidratos en la alimentación de las abejas es la miel, que se obtiene a partir del néctar de las flores o de mielatos, que son recolectados, transportados a la colmena y depositado en celdas, mediante un proceso enzimático y de evaporación del agua se madura y posteriormente es operculada hasta su utilización (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, 2021).

El polen es la principal fuente de proteínas en una colonia de abejas melíferas. El contenido de proteínas del polen oscila entre el 2,5% y el 61%, y hay diez aminoácidos en proporciones específicas son esenciales para las abejas melíferas y deben adquirirse a través de la dieta: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. Estos aminoácidos son esenciales para la reproducción, el crecimiento y el desarrollo. Las abejas en general utilizan múltiples fuentes de polen, por lo que esa dieta polifloral tiende a cubrir las deficiencias de aminoácidos esenciales que pueda tener el polen de una planta determinada. Son pocas las plantas que tienen un polen que puede cubrir todas las necesidades, pero si hay algunos ejemplos de buenas fuentes de polen aunque tengan períodos de floración cortos, incluyen el trébol dulce, la mostaza y la colza (Oliver, 2021)

Los pólenes de *Eucalyptus spp.* tienen bajo nivel nutritivo, ya que son deficientes en isoleucina, uno de los aminoácidos esenciales para las abejas (De Groot, 1953), por lo que las plantaciones de eucaliptus en nuestro país deben considerarse como monocultivos con un polen de baja calidad. Esto ocasiona que las abejas nodrizas deban movilizar su propia proteína corporal para compensar el déficit de aminoácidos y de esta forma poder alimentar con jalea real a las larvas durante este periodo de tiempo. Esta compensación no es sostenible a lo largo de toda la floración, de forma que la colonia en su conjunto se va debilitando y en ese estado puede ser un blanco fácil para muchos patógenos.

Se ha demostrado que consumir cantidades suficientes de polen de alta calidad disminuye la susceptibilidad al parásito intestinal *Nosema ceranae*, reduce la carga de patógenos, mejora la inmunidad de las abejas melíferas y el éxito de la hibernación, mejora la calidad del semen en los zánganos y da como resultado abejas melíferas más saludables, capaces de contrarrestar el estrés de los pesticidas, la incidencia de enfermedades, estrés del transporte y presiones parasitarias (Tsuruda, Priyadarshini Chakrabarti, & Sagili, 2021).

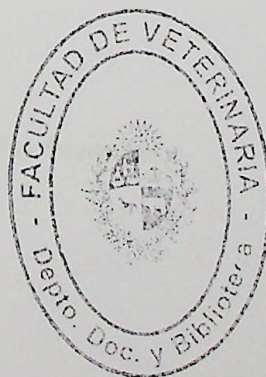
La apicultura en montes de eucaliptus implica una inversión importante de tiempo, capital y trabajo en la preparación, transporte y manejo de las colmenas, además de otros costos relacionados al pago por el lugar en el campo, alojamiento en la zona durante el período, contratación de servicios de terceros como la sala de extracción, etc. por lo que perder colmenas o que queden demasiado debilitadas para la siguiente temporada podría eliminar cualquier beneficio extra que se pretendiera tener para mejorar la rentabilidad de la empresa apícola.

La presente tesis plantea suplementar con polen polifloral a un grupo de colmenas que son llevadas a una forestación de eucaliptus, como forma de minimizar las carencias nutricionales que tendrían éstas por el polen monofloral de *E. grandis* y así estudiar el efecto en la población adulta, el área de cría y la producción de miel de las colmenas con y sin suplementación proteica en este periodo de estrés nutricional.

3. HIPÓTESIS

Las colmenas suplementadas durante la época de floración del *E. grandis* tendrán menor estrés nutricional, lo que derivará en una mayor fortaleza de la colonia (mayor cantidad de abejas adultas y aumento de la cantidad de cría al finalizar la floración).

Las colmenas suplementadas, al poseer mayor cantidad de abejas adultas y crías, producirán más miel que las del grupo control.



4. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la fortaleza y producción de miel de colonias de abejas melíferas situadas en monocultivos de *E. grandis* con y sin suplementación proteica

Objetivos específicos

Evaluar posibles diferencias en fortaleza (abejas adultas y cría) de colonias de abejas localizadas en monocultivos de eucaliptus con y sin suplementación proteica.

Comparar la producción de miel entre ambos grupos de colonias.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

- Cámara de Fotos Nikon D 5200 con lente Nikkor de 50mm
- Soporte-bastidor porta cuadros y cámara (Fig 7)
- PC con programa *CombCount*
- 24 colonias de abejas estandarizadas y en condiciones productivas
- 30 Kg de polen polifloral como suplemento proteico



Figura 7. Soporte-bastidor para estandarizar las fotografías de los cuadros de la colmena.

Fuente: Fotografía de Pablo Juri.

5.2. Métodos

5.2.1. Preparación de las colonias y traslado al predio forestal

En enero se realizó la revisión sanitaria y de desarrollo de las colonias, se seleccionaron 24 colmenas que tuvieran las siguientes características: menos de 1% de varroa, que se determinó mediante el método que sigue el protocolo descrito por Dietemann et al. (2012), además se seleccionaron las colmenas con un mínimo de 10 calles de abejas y 3.000 cm² de cría operculada.

En febrero se trasladaron las colonias seleccionadas a una parcela de un campo forestal en el Dpto. de Rivera (Coordenadas 31°20'47.1"S 55°42'47.5"W) (Fig 8, 9, 10 y 11).



Figura 8. Localización del apiario donde se llevó acabo el ensayo experimental, ubicado en una zona forestal en Rivera.



Figura 9. Localización del apiario próximo a la ciudad de Tranqueras, Rivera (Coordenadas 31°20'47.1"S 55°42'47.5"W).



Figura 10. Vista satelital de la ubicación del apiario (Coordenadas 31°20'47.1"S 55°42'47.5"W).



Figura 11. Fotografía panorámica de la disposición del apiario (Coordenadas $31^{\circ}20'47.1''\text{S}$ $55^{\circ}42'47.5''\text{W}$).

Fuente: Fotografía de los autores.

Las colonias cuando se trasladaron se dividieron al azar en 2 grupos de 12 colmenas cada uno y se enumeraron (Fig 12).

- **Grupo 1. Control:** colonias con manejo tradicional (sin suplementación proteica).
- **Grupo 2. Suplementado:** colonias suplementadas con polen polifloral.



Figura 12. Apiario instalado en zona forestal (Coordenadas $31^{\circ}20'47.1''\text{S}$ $55^{\circ}42'47.5''\text{W}$), disposición de las colmenas asignadas a los grupos (izquierda grupo control, derecha grupo tratamiento).

Fuente: Fotografía de los autores.

5.2.2. Preparación de las tortas de polen y suplementación

Se extrajeron 45 panales que contenían polen ya ensilado de diferentes colmenas del apiario ubicado en el campo N°2 de Facultad de Veterinaria (Fig 13), se trasladaron a INIA La Estanzuela donde se congeló, cortó en tiras y se realizó la extracción del mismo con un equipo específico para este fin (BBM Mini, marca Wilara) (Fig 14). <https://wilara.lt/en/pardutuve/table-top-bee-bread-harvester-bbm-mini-with-stainless-steel-separation-device/>). Este equipo separa el polen ensilado de la cera de los panales de forma sencilla para poder ser aprovechado en su totalidad.



Figura 13. Cuadro de una colmena donde se puede observar abejas y abundante polen en las celdas.



Figura 14. Máquina separadora de polen ensilado.

Fuente: www.wilara.com

Del total de polen recolectado se le realizó análisis palinológico (con finalidades académicas para tesis de maestría), donde se determinó el origen botánico del mismo y su carácter polifloral (procedimiento realizado por INIA La Estanzuela) (Tabla 1).

Familia	Especie	%
Fabaceae	<i>Lotus spp.</i>	29,3
Myrtaceae	<i>Eucalyptus spp.</i>	11,5
Fabaceae	-	8,9
Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i>	7,9
No identificado		6,8
Rhamnaceae	<i>Scutia buxifolia</i>	6,8
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	5,2
Fabaceae	<i>Vicia sp</i>	5,2
Myrtaceae	-	4,7
Apiaceae	<i>Ammi viznaga</i>	3,7
Boraginaceae	<i>Echium plantagineum</i>	3,7
Salicaceae	<i>Salix spp.</i>	3,1
Anacardiaceae	-	1,6
Asteraceae	<i>Cirsium vulgare</i>	0,5
Cyperaceae	-	0,5
Iridaceae	<i>Herbetia lahue</i>	0,5

Tabla 1. Especies de pólenes encontradas en las tortas de polen polifloral utilizadas para el ensayo.

Fuente: Tesis de maestría en Ciencias Agrarias: Administración de polen polifloral como estrategia para mejorar la salud y productividad de colonias de abejas melíferas, por Natalia Viera.

Para realizar las tortas proteicas se mezcló todo el polen obtenido y se agregó un décimo del peso total de jarabe de sacarosa (proporción 1:1) a los efectos de que se pueda unificar la mezcla.

Luego se pesaron y se separaron en bolsas individuales muestras de 500 grs, a efectos de proporcionárselas en cada oportunidad a las colonias suplementadas (de la totalidad de polen obtenido se realizaron dos ensayos experimentales).

5.2.3. Visitas al apiario y actividades

A partir del mes de marzo, se tomaron registros en 5 ocasiones (Tabla 2), en todas las instancias se registró área de cría operculada y se agregó material para producción de miel (excepto al finalizar). En la primera y última instancia se estima población de abejas adultas, y en la tercera y última instancia se cosecha la miel producida registrando los totales producidos por colmena. Las visitas y toma de registros no fueron realizadas en iguales intervalos de tiempos entre las mismas.

Finalizado dicho período, fueron trasladadas al campo N° 2 de la Facultad de Veterinaria ubicado en Libertad en el departamento de San José.

Tabla 2. Cronograma de actividades realizadas en el ensayo.

Fecha/Actividad	Estimación de adultas	Fotografía de cría	Suplemen- tación (Grupo tratado)	Agregado de material	Cosecha
07 de marzo	X	X	X	X	
03 de abril		X	X	X	
12 de abril		X	X	X	X
24 de abril		X	X	X	
16 de mayo	X	X			X

5.2.4. Registros y muestreos

Estimación de abejas adultas

Es un método subjetivo utilizado para medir poblaciones de abejas adultas. Las colonias fueron abiertas con el mínimo ahumado posible y se contabilizó la cantidad de espacios entre marcos que estaban ocupados por abejas adultas, dicha evaluación la realizaron 2 personas (Delaplane et al., 2013) (Fig 15). Los registros se llevaron en una planilla que luego fue procesada de forma electrónica.



Figura 15. Estimación de la cantidad de abejas adultas según metodología de Delaplane et al., 2013 contabilizando calles de abejas.
Fuente: Fotografías de los autores.

Cálculo del área de cría operculada utilizando *CombCount*.

Mediante programa semi automático de análisis de imagen *CombCount* se realiza de forma sistemática e individual la determinación del área de cría operculada para todas las imágenes tomadas por fotografía para este fin (Fig 16 y 17). Tales resultados posteriormente son analizados de forma estadística (Colin et al., 2018).

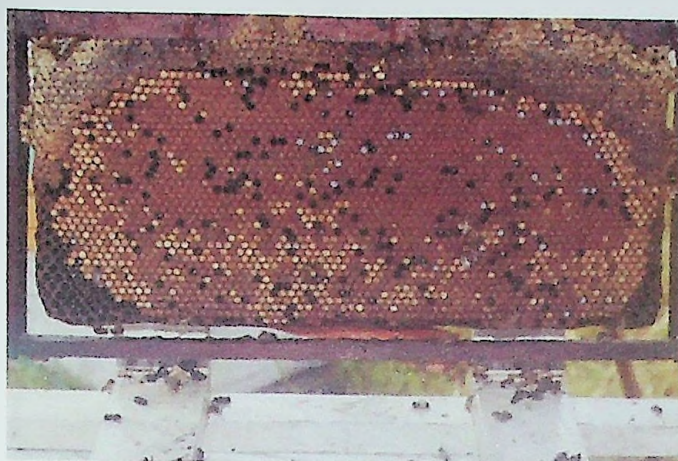
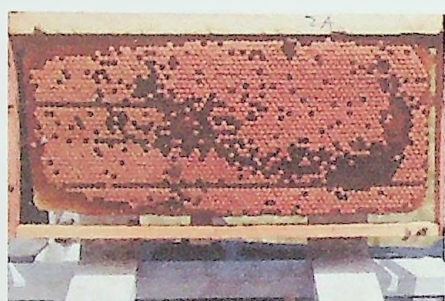


Figura 16. Panal con miel, cría operculada y polen.
Fuente: Fotografía de los autores.



A.

B.



Figura 17. Procesado de una fotografía con *CombCount* para estimar el área de cría que presenta el cuadro.

A. Representa la imagen fotográfica de un cuadro con cría operculada y sin opercular.

B. Representa la identificación del programa *CombCount* de las áreas no correspondiente a cría operculada en la totalidad del cuadro analizado.

Fuente: Fotografías de los autores.

Cosecha de miel:

En cada visita al apiario experimental se le agregó a cada colmena la cantidad necesaria de material para evitar el bloqueo de la cámara de cría con néctar por falta de espacio. Esto es una práctica usual en la apicultura que se realiza comúnmente en montes de eucaliptus. Las colonias fueron cosechadas 2 veces durante el período experimental (Fig 18). A los efectos de minimizar el estrés de las colonias, estas tareas se realizaron en el mismo momento que las actividades de muestreo en cada visita. Se registraron los kilos de miel cosechados en cada

colonia por fecha y luego se sumaron para conocer la producción final por colmena.



Figura 18. Cosecha de miel.

Fuente: Fotografía de los autores.

5.2.5. Procesamiento estadístico

Análisis de la población adulta

Para este análisis se realizó una prueba no paramétrica llamada "U" de Mann-Whitney (también conocida como Wilcoxon rank-sum test) para muestras independientes, debido a que la variable se midió como cantidad de calles con abejas. Para esta prueba también se fijó una probabilidad de cometer error de tipo 1 (α) de 0,05, rechazando la H_0 si el valor de p es menor o igual a éste. El juego de hipótesis planteado para este análisis es el siguiente:

H_0 : La suplementación de alimento no tiene un efecto significativo en la cantidad de población adulta al finalizar el experimento

H_a : La suplementación de alimento si tiene un efecto significativo en la cantidad de población adulta al finalizar el experimento

$$H_0: T_1 = T_2 = 0$$

$$H_a: T_1 \neq T_2$$

Análisis del Área de Cría

Para el análisis del área de cría, se utilizó el software RStudio, versión 2023.03.0+386, junto con los paquetes: emmeans, multcomp, nlme, lattice, multcompView, car, MESS, agricolae y lmerTest. Se buscó un modelo adecuado empleando modelos mixtos, debido a que se disponen de cinco fechas de mediciones del área de cría sobre el mismo individuo en estudio. Se probaron diversos modelos y se llegó a uno cuya matriz de varianzas y covarianzas de efectos aleatorios es del tipo autorregresiva de orden uno, ya que presentaba los mejores indicadores de AIC y BIC.

Las hipótesis planteadas para este análisis son las siguiente:

Ho: La suplementación de alimento no tiene un efecto significativo en el área de cría de la colmena

Ha: La suplementación de alimento si tiene un efecto significativo en el área de cría de la colmena

Ho: No existe una interacción entre la suplementación de alimento y la fecha en que se toma la muestra.

Ha: Existe una interacción entre la suplementación de alimento y la fecha en que se toma la muestra

Estadísticas:

Ho:	Ho:	Ho: (TF) _{ij} =0
T ₁ =T ₂ =0	F ₁ =F ₂ =F ₃ =F ₄ =F ₅ =0	Ha: al menos un
Ha:	Ha: al menos	(TF) _{ij} ≠0
T ₁ ≠T ₂	un F _j ≠ F _j	
□ i = 1,2	□ j = 1,2,3,4,5	

El modelo que se ajustó fue:

$$Y_{ijks} = \mu + T_i + F_j + (TF)_{ij} + C_k + \varepsilon_{ijk}$$

i=1,2 j=1,2,3,4,5 k=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12

- Y_{ijks}: área de cría, medida en cm²
- μ: media poblacional.
- T_i: efecto del i-ésimo tratamiento (suplemento o control).
- F_j: efecto de la j-ésima fecha o momento de medición.
- (TF)_{ij}: efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y la j-ésima fecha de medición.
- C_k: Efecto aleatorio de la K-ésima colmena.
- ε_{ijk}: error experimental asociado al i-ésimo tratamiento, la j-ésima fecha y la k-ésima colmena.

Para la prueba se realizó un análisis de varianzas (ANOVA) al modelo ajustado y se consideraron estadísticamente significativos los valores de p-valor inferiores a 0,05. Posteriormente se comprobó que se cumplían los supuestos.

Análisis de la producción de miel

Se realizó un ANOVA para probar las hipótesis establecidas. En este contexto, la hipótesis nula se rechaza si el valor p es menor que 0,05, indicando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos comparados. Previamente, se aplicó el test de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas, encontrando que este supuesto no se cumplía.

Para abordar este problema, se transformó la variable de producción de miel utilizando el logaritmo. Esta transformación permitió ajustar el modelo, corrigiendo la heterogeneidad de varianzas observada y se procedió a realizar nuevamente el ANOVA. Las hipótesis a probar en este análisis son:

H_0 : La suplementación de alimento no tiene un efecto significativo en la producción de miel

H_a : La suplementación de alimento si tiene un efecto significativo en la producción de miel

$$H_0: T_1 = T_2 = 0$$

$$H_a: T_1 \neq T_2$$

6. RESULTADOS

6.1. Análisis del Área de Cría

Al inicio del experimento las colonias de ambos grupos llegaron a la plantación de *E. grandis* con similar área de cría. Para la segunda medición el área de cría aumentó aproximadamente un 75%. En la tercera fecha de medición los valores de área de cría disminuyeron al punto de ser muy similares a los de la primera fecha de medición y se mantuvieron e incluso disminuyeron hacia el final del estudio.

El análisis estadístico mediante ANOVA del modelo antes mencionado arrojó un valor de $p = 0,2366$. Dado que este valor es mayor que el umbral que se marcó de 0,05, no rechazamos la hipótesis nula. Esto implica que no encontramos suficiente evidencia estadística para afirmar que el suplemento con torta de polen tenga un efecto significativo sobre el área de cría. Como se puede apreciar en la gráfico 5, donde se observa que ninguna de las cajas se ubica por encima de la otra para una misma fecha y además son de similares dimensiones en cada fecha. En otras palabras, los datos no respaldan la hipótesis de que este suplemento produce cambios observables en la variable estudiada.

Además, la interacción entre los tratamientos y las diferentes fechas de medición también mostró un valor de p no significativo ($p = 0,2592$). Este resultado sugiere que la combinación de tratamiento y tiempo no tiene un impacto considerable en el área de cría. La ausencia de una interacción significativa indica que el efecto del tratamiento es consistente a lo largo del tiempo, sin variaciones notables en las diferentes fechas de medición.

Por otro lado, las distintas fechas de medición sí presentaron diferencias significativas por sí solas. El análisis arrojó un valor de p extremadamente pequeño, menor a 0,001, lo que nos permitió rechazar la hipótesis nula para este factor. Esto indica que, al menos en una de las fechas de medición, la cantidad de cría difiere significativamente de las demás. Tal resultado era esperado, ya que refleja la dinámica natural de la colonia a lo largo de la temporada. Las fluctuaciones en el área de cría en función del tiempo son un fenómeno conocido y predecible en la apicultura.

Área de cría según tratamiento por fecha

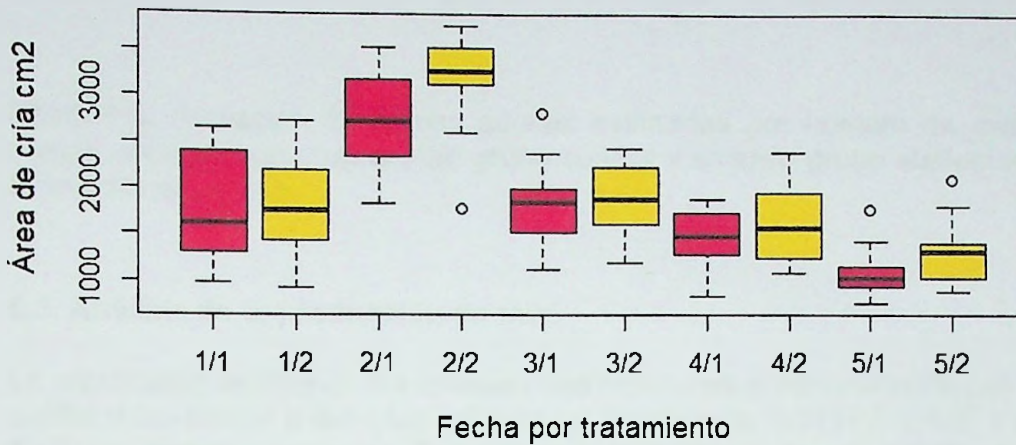
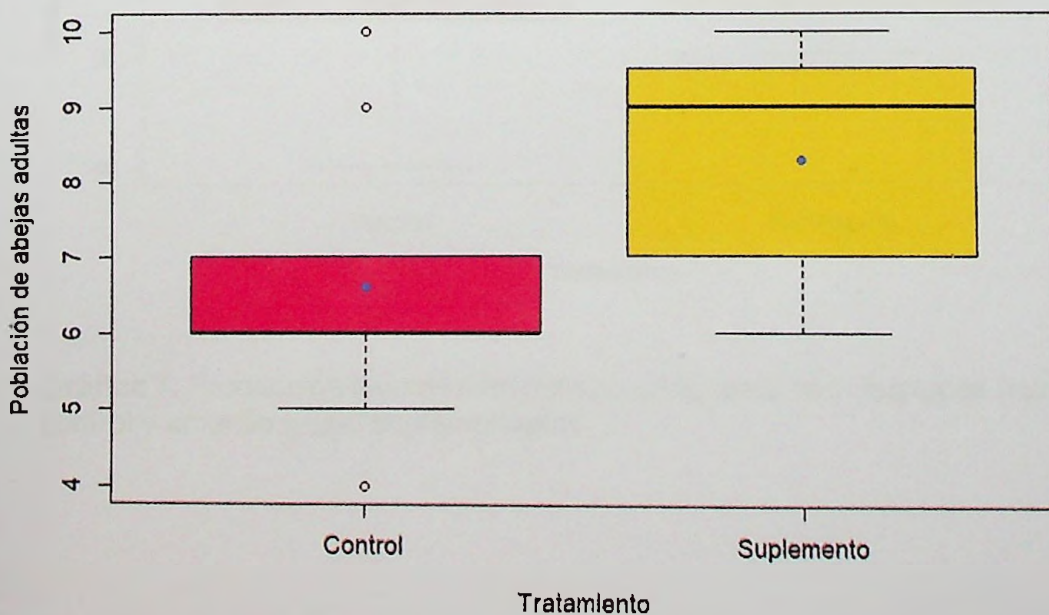


Gráfico 5. Área de cría medida en cm² para ambos grupos (rojo grupo control y amarillo grupo suplementado) en cada instancia de observación del ensayo.

6.2. Análisis de la población adulta

Al finalizar el experimento, se observó que la población de abejas adultas fue menor en las colmenas sin suplementación en comparación con las colmenas suplementadas, como se ve en el gráfico 6. Los promedios de población fueron $6,6 \pm 1,7$ para el grupo sin suplementación y $8,2 \pm 1,5$ para el grupo suplementado. El análisis estadístico utilizando la prueba de Mann-Whitney arrojó un valor del estadístico "U" de 26, lo cual corresponde a un valor de $p = 0,0403$. Este valor de p es menor que el umbral de significancia de 0,05, lo que nos permite rechazar la hipótesis nula. En consecuencia, podemos concluir que la suplementación tuvo un efecto positivo y significativo en la población de abejas adultas, aumentando su número al final del experimento en comparación con el grupo que no recibió suplementación.

Población de abejas adultas según tratamiento

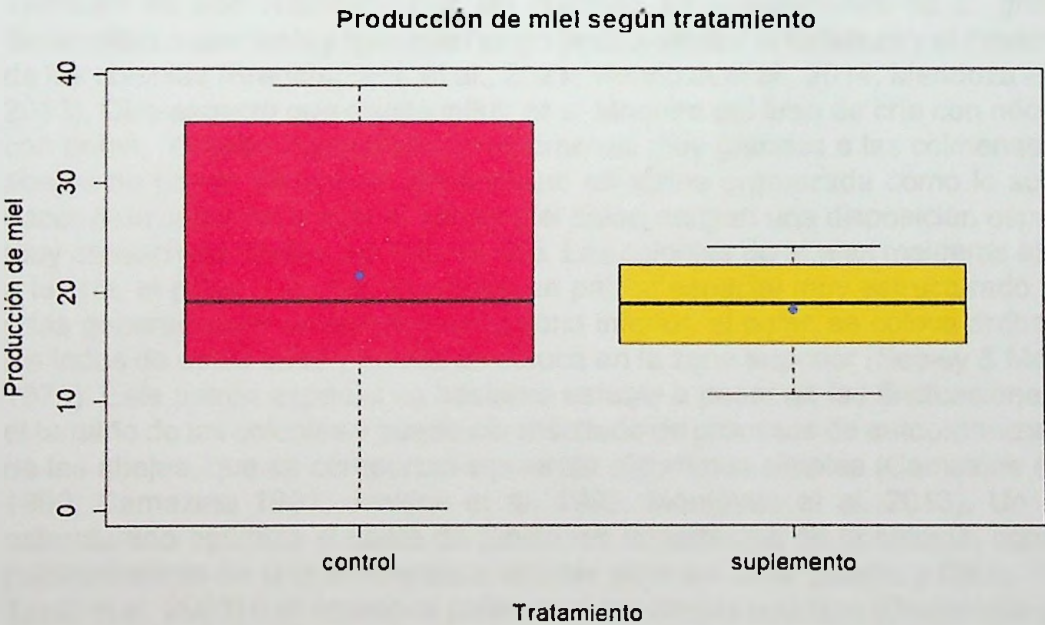


Gráfica 6. Población de abejas adultas estimadas por número de calles de abejas, para ambos grupos (rojo grupo control y amarillo grupo suplementado) al finalizar el ensayo .

6.3. Análisis de la producción de miel

La producción de miel de las colonias que recibieron suplementación con polen polifloral fue similar a la de las colonias no suplementadas ($18,3 \pm 4,87$ y $22,0 \pm 13,8$ Kg, respectivamente). Tras corregir la variable de producción de miel utilizando el logaritmo, debido a que no cumplía con el supuesto de homogeneidad de varianza, el ANOVA arrojó un valor de $p = 0,6287$. Al ser este valor mayor que 0,05, no podemos rechazar la hipótesis nula, Grafico 9.

Este resultado sugiere que no tenemos evidencia suficiente para afirmar que el suplemento proteico genera un efecto significativo en la producción de miel. Es importante destacar que, si bien las diferencias numéricas podrían sugerir un patrón, el análisis estadístico no encontró diferencias significativas entre los grupos.



Gráfica 7. Producción total de miel medido en Kg para ambos grupos (rojo grupo control y amarillo grupo suplementado).

7. DISCUSIÓN

Las colmenas de ambos grupos fueron ingresadas al campo forestal con similares poblaciones de abejas adultas y área de cría, registrándose en la siguiente visita un crecimiento importante en el área de cría operculada en ambos grupos debido al estímulo generado por la gran oferta de néctar y de polen existente en ese momento, lo que hace que las colmenas en vez de reducir el área de cría como ocurre naturalmente en esa época inicialmente lo hayan aumentado y luego, en las semanas siguientes el área de cría fue disminuyendo en ambos grupos hasta valores inferiores a los registrados al inicio del ensayo. Branchicella et al. (2021) encontraron diferencias en el área de cría de colmenas localizadas en montes de *E. grandis* suplementadas con polen polifloral. Sin embargo, la cuantificación del área de cría en ese ensayo fue realizada por métodos subjetivos, los que están sujetos a una mayor cantidad de error que el método utilizado en el presente trabajo. Viera (2021), en condiciones de trabajo similares al de nuestro ensayo, no encontró diferencias significativas en la cría de colonias suplementadas y sin suplementar.

La reducción del área de cría no fue afectada por el tratamiento con tortas de polen respecto al control, ésta pudo verse afectada por varios factores entre ellos el estacional ya que la floración del *E. grandis* comienza a fines del verano e inicio del otoño que es el momento en el que las colonias reducen el área de cría para prepararse para la invernada. Otro factor puede ser que la falta de calidad de la proteína del polen ocasione que las abejas reduzcan el área de cría como mecanismo compensatorio para mantener la calidad de la misma (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

También ha sido reportado que las colonias en forestaciones de *E. grandis* desarrollan nosemosis y que este hongo podría afectar la fortaleza y el desarrollo de las colonias (Branchicella, et al., 2021; Mendoza et al., 2014, Mendoza et al., 2013). Otro aspecto que puede influir es el bloqueo del área de cría con néctar y con polen. Al estar ingresando en volúmenes muy grandes a las colmenas, las abejas no tienen tiempo de almacenarlo en forma organizada como lo suelen hacer normalmente, donde el néctar y el polen ocupan una disposición espacial muy conservada dentro del nido de cría. Las colonias de abejas melíferas alojan a la cría, el polen y la miel siguiendo un patrón espacial muy estructurado. Las crías generalmente se colocan en la zona inferior, el polen se coloca arriba y a los lados de estas crías y la miel se coloca en la zona superior (Seeley & Morse, 1976). Este patrón espacial es bastante estable a pesar de las fluctuaciones en el tamaño de las colonias y puede ser resultado de procesos de autoorganización de las abejas, que se comportan siguiendo algoritmos simples (Camazine et al. 1990; Camazine 1991; Jenkins et al. 1992; Montovan et al. 2013). Un nido estructurado optimiza el coste de funciones importantes de la colonia, como el mantenimiento de una temperatura estable para las crías (Starks y Gilley 1999; Tautz et al. 2003) o el acceso al polen para las abejas nodrizas (Crailsheim et al. 1992), lo que finalmente se traduce en un mejor crecimiento y reproducción de la colonia, por otra parte al ocupar con néctar y polen las celdas que encuentren vacías en la zona donde la reina va a realizar la postura de huevos, termina afectando dicha postura y por ende el área ocupada por la cría (Juri et al, 2022).

Respecto a la población de abejas adultas, las colmenas suplementadas con tortas de polen cuando finalizó el ensayo tenían una mayor población que las colmenas sin suplementar ($8,3 \pm 1,6$ y $6,6 \pm 1,8$ calles de abejas respectivamente), por lo que la suplementación tuvo un efecto significativo sobre la población de abejas adultas que debido a que ambos grupos comenzaron el ensayo con poblaciones similares de abejas adultas y a lo largo del ensayo no presentaron diferencias significativas en el Área de Cría, es posible suponer que esta mayor población de abejas adultas se debe a una mayor sobrevivencia de las abejas suplementadas, lo que coincide con Brodschneider y Crailsheim, (2010) y con Branchicella et al., (2019). Este efecto podría continuar amplificándose en las semanas siguientes al retiro de las colmenas de la forestación, lo que fue reportado por Branchicella et al. (2019), que encontraron que el estrés nutricional tuvo efectos en la colonia a largo plazo pues la población de abejas no se recuperó en primavera, como en el caso de las abejas suplementadas.

La producción de miel, si bien tuvo una media superior en las colonias no suplementadas con tortas de polen ($22,0 \pm 13,8$ kg) respecto al grupo suplementado ($18,3 \pm 4,9$ kg), estas diferencias no fueron significativas. Viera (2021), en condiciones similares a nuestro ensayo encontró una tendencia marginal a una mayor producción de miel en las colmenas suplementadas. Por otra parte, como puede apreciarse en la figura 9, las medianas son muy similares pero la variabilidad en la producción en las colmenas suplementadas es mucho menor. El tener un apiario con las colmenas homogéneas es algo que facilita los manejos tanto en las cosechas como en el volumen de material que hay que aportar durante la floración y luego para acondicionarse para el traslado cuando se van a retirar del campo forestal.

8. CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas en la cantidad de abejas adultas al final del ensayo en las colmenas suplementadas. Este hecho es muy favorable para los manejos que le siguen al retiro de las colonias del campo forestal y el cierre de las colonias hasta la primavera. Una población mayor de abejas en la colmena implica una mayor resistencia al estrés del transporte, adaptarse mejor a la nueva locación y llevar adelante una mejor invernada. Las colonias sin suplementar tienen una menor duración de vida de abejas adultas, debido posiblemente a una nutrición más pobre durante su etapa larvaria. Este factor de estrés nutricional puede causar que muchas de esas colonias no logren sobrevivir al invierno.

Por lo anterior, consideramos que suplementar con tortas de polen a las colmenas que se trasladan a campos forestales para explotar la floración del *E. grandis*, si bien no mejora la producción de miel, facilita los manejos al tener colonias más homogéneas desde el punto de vista productivo, y además permite tener una mayor población de abejas adultas, lo que es importante cuando se retiran estas colonias al final de la floración y comienza la invernada.

Considerando las pérdidas de colonias que suelen darse en Uruguay, el aporte de tortas de polen puede considerarse como un manejo simple y de bajo costo,

ya que se utiliza un recurso que suele desperdiciarse cuando se funden los cuadros negros de las colmenas y su distribución a las colonias se puede acoplar a los manejos de rutina en las forestaciones, por lo antes expuesto es que sugiere implementar esta práctica dentro de los manejos de las colonias que se trasladan para explotar la floración del *E. grandis*.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aizen, M., & Harder, L. (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current Biology* 19, 915-918.
- Aguirre, E., Durán, V., Gorga, L., Hernández, E., Branchiccela, B., Fernández, E., Soares de Lima, J. M., Costa, M., & Ferraro, B. (2022). Caracterización y diagnóstico de las cadenas de carne porcina, carne aviar y apicultura. *INIA Serie Técnica*, (263).. <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.263>
- Antúñez, K., Invernizzi, C., Mendoza, Y., Van Engelsdorp, D., & Zunino, P. (2017). Honeybee colony losses in Uruguay during 2013–2014. *Apidologie* 48, 364-370.
- Branchiccela, B., Castelli, L., Corona, M. Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Martínez de la Escalera, G., Mendoza, Y., Santos, E., Silva, C., Zunino, P., & Antúñez, K. (2019). Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. *Scientific Report*, 9, 10156. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46453-9>
- Branchiccela, B., Castelli, L., Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Mendoza, Y., Santos, E., & Antúñez, K. (2021). 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>
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie* 41, 278-294. <https://doi.org/10.1051/apido/2010012>
- Camazine, S. (1991). Self-organization pattern formation on the combs of honey bee colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 28, 61-76. <https://doi.org/10.1007/BF00172140>

- Camazine, S., Sneyd, J., Jenkins, M.J., & Murray, J.D. (1990). A mathematical model of self-organized pattern formation on the combs of honey bee colonies. *Journal of Theoretical Biology*, 147, 553-571. [https://doi.org/10.1016/S0022-5193\(05\)80264-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5193(05)80264-4)
- Colin, T., Bruce, J., Meikle, W.G., & Barron, A.B. (2018). The development of honey bee colonies assessed using a new semi-automated brood counting method: CombCount. *PLoS One*, 13(10), 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205816>
- Crailsheim, K., Schneider, L., Hrassnigg, N., Buhlmann, G., Brosch, U., Gmeinbauer, R., & Schoffmann, B. (1992). Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): dependence on individual age and function. *Journal of Insect Physiology*, 38, 409-419. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(92\)90117-V](https://doi.org/10.1016/0022-1910(92)90117-V)
- De Groot, A.P. (1953). Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifica* L.). *Physiologia Comparata et Oecologia*, 3, 197-285.
- Delaplane, K., Van Der Steen, J., & Guzman-Novoa, E. (2013). Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-12.
- Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S. J., Anderson, D. L., Locke, B., Delaplane, K. S., Wauquiez, Q., Tannahill, C., Frey, E., Ziegelmann, B., Rosenkranz, P & Ellis, J. D. (2013). Standard methods for varroa research. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-54.
- División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2022). <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Good beekeeping practices for sustainable apiculture. Roma: FAO.
- Gallai, N., Salles, J., Settele, J., & Vaissière, B. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, 810-821.
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2020). Apicultura en montes de *Eucalyptus* spp. *Revista INIA*, (62), 60-72.
- Invernizzi, C., Santos, E., García, E., Daners, G., Di Landro, R., Saadoun, A., & Cabrer, C. (2011). Sanitary and nutritional characterization of honeybee colonies in *Eucalyptus grandis* plantations. *Archivos de Zootecnia*, 60(232), 1303-1314.
- Jenkins, M.J., Sneyd, J., Camazine, S., & Murray, J.D. (1992). On a simplified model for pattern formation in honey bee colonies. *Journal of Mathematical Biology*, 30, 281-306. <https://doi.org/10.1007/BF00176152>
- Juri, P., Nogueira, E., Salvarrey, S., Branchiccela, B., Bonora, E., Mendoza, Y., & Invernizzi, C. (2022). Cuantificación del "bloqueo de la cría" por polen y néctar en colmenas emplazadas en forestaciones de *Eucalyptus grandis* [Ponencia]. XV Congreso Latinoamericano de Apicultura (FILAPI), Cuzco, Perú.

- Mendoza, Y., Antúnez, K., & Branchiccela, B. (2014). *Nosema ceranae* and RNA viruses in European and Africanized honeybee colonies (*Apis mellifera*) in Uruguay. *Apidologie*, 45, 224-234. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0241-6>
- Mendoza, Y., Antúnez, K., Branchiccela, B., Anido, M., Santos, E., & Invernizzi, C. (2014). *Nosema ceranae* and RNA viruses in European and Africanized honeybee colonies (*Apis mellifera*) in Uruguay. *Apidologie* 45, 224-234. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0241-6>
- Mendoza, Y., Díaz, S., Ramallo, G., & Invernizzi, C. (2012). Incidencia de *Nosema ceranae* durante el invierno en colonias de abejas melíferas retiradas de una forestación de *Eucalyptus grandis*. *Veterinaria*, 48(188), 13-19.
- Mendoza, Y., Harriet, J., Campa, J., Katz, H., Ramallo, G., Díaz-Cetti, S., & Invernizzi, C. (2013). Control de *Nosema ceranae* en colonias de abejas (*Apis mellifera*) en forestaciones de *Eucalyptus grandis*. *Agrociencia (Uruguay)*, 17(1), 108-113.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (2022). <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agriculturapesca/files/documentos/noticias/Datos%20RNPC%202022.pdf>
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2023). *Anuario Estadísticas Agropecuarias*. <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2023/ANUARIO2023WEB.pdf>
- Montovan, K.J., Karst, N., Jones, L.E., & Seeley, T.D. (2013). Local behavioral rules sustain the cell allocation pattern in the combs of honey bee colonies (*Apis mellifera*). *Journal of Theoretical Biology*, 336, 75-86. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2013.07.010>
- Oliver, R. (2021). Honey bee nutrition. En T. Ryan Kane, & C. Faux (Eds.), *Honey Bee Medicine for the Veterinary Practitioner* (pp. 93-123). John Wiley & Sons, Inc.
- Organización para la Agricultura y la Alimentación. (2008). *Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Los polinizadores: su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura*. 3ª Reunión del Órgano Rector, Túnez. <http://www.fao.org/3/a-be104s.pdf>. Fecha de consulta 03/05/21
- Organización para la Agricultura y la Alimentación. (2015). *Crops, weeds and pollinators. Understanding ecological interaction for better management*. <http://www.fao.org/3/a-i3821e.pdf>
- Requier, F., Sibaja Leyton, M., & Morales, C. (2023). *First large-scale study reveals important losses of honey bee and stingless bee colonies in Latin America*. Preprint (Version 1). Research Square <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3378800/v1>

- Seeley, T.D., & Morse, R.A. (1976). The nest of the honey bee (*Apis mellifera* L.). *Insectes Sociaux*, 23, 495-512. <https://doi:10.1007/BF02223477>
- Starks, P.T., & Gilley, D.C. (1999). Heat shielding: A novel method of colonial thermoregulation in honey bees. *Naturwissenschaften* 86, 438-440. <https://doi:10.1007/s001140050648>
- Tautz, J., Maier, S., Groh, C., Rossler, W., & Brockmann, A. (2003). Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, 7343-7347. <https://doi:10.1073/pnas.1232346100>
- Tsuruda, J., Priyadarshini Chakrabarti, & Ramesh, R. (2021). Honey Bee Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 37 (3), 505-519.
- Viera, N. (2021). Administración de polen polifloral como estrategia para mejorar la salud y productividad de colonias de abejas melíferas [Tesis de maestría, Facultad de Agronomía, Universidad de la República]. Colibrí. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/31627/1/VieraLopezNatalia.pdf>

