

Universidad Zamorano
Departamento de Agroindustria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
**Revalorización de residuos de lechuga (*Lactuca sativa*)
como insumo alternativo en la alimentación de colonias de
abejas (*Apis mellifera*)**

Estudiante

Steven Gerardo Figueroa Quintanilla

Asesores

Blanca Carolina Valladares Sevilla, M.Sc

José Oscar Murillo Vargas, M.Sc

Honduras, noviembre 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA ACOSTA MARCHETTI

Directora del Departamento de Agroindustria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos.....	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Metodología.....	11
Ubicación.....	11
Materiales.....	11
Tratamientos Experimentales.....	11
Fase 1. Preparación del Alimento.....	12
Caracterización Físicoquímica de los Alimentos Formulados en Este Estudio.....	12
Análisis Físicos.....	12
Color.....	12
Análisis Químicos.....	13
Fase 2. Adaptación de las Colmenas.....	13
Fase 3. Valoración Efecto de los Tratamientos en las Colmenas.....	14
Pecoreo o Abejeo.....	14
Consumo de Alimento.....	14
Presencia de Diarrea.....	14
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	14
Resultados y Discusión.....	16
Color.....	16
Grados Brix.....	17
Potencial de Hidrógeno (pH).....	18

	4
Comportamiento de Pecoreo la Colmena	20
Consumo del Alimento en las Colmenas	21
Sanidad de la Colmena	22
Conclusiones	24
Recomendaciones	25
Referencias	26
Anexos	30
Anexo A Descripción la variedad lechuga utilizada.	30

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos para obtener 1.5 litros de alimento tipo energético.....	11
Cuadro 2 Valores de color en diferentes alternativas de alimento energético para colonias de abejas	16
Cuadro 3 Resultado de grados Brix en diferentes alternativas de alimento energético para colonias de abejas	18
Cuadro 4 Valores de pH en diferentes alternativas de alimento energético para colonias de abejas ...	19
Cuadro 5 Resultados del pecoreo (abejas/min) en colmenas luego de consumir diferentes tipos de alimentos.....	20
Cuadro 6 Resultados del consumo de alimento por colonias de abejas con diferentes alternativas de alimento	21

Índice de Anexos

Anexo A Descripción la variedad lechuga utilizada.....	30
Anexo B Valor nutricional de la lechuga romana.....	31
Anexo C Tonalidades de los tratamientos en el hunter LAB.....	32
Anexo D Costos variables para la producción de medio litro de cada tipo de alimento por colmen..	33
Anexo E Resultado de la correlación entre actividad de pecoreo y consumo de alimento	34

Resumen

La apicultura enfrenta desafíos relacionados con la escasez de recursos alimenticios naturales, especialmente en épocas críticas. Al mismo tiempo, los residuos de la producción de alimentos agrícolas como los de lechuga romana representan una oportunidad para ser aprovechados bajo un enfoque de economía circular. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de lechuga romana en la alimentación de abejas (*Apis mellifera*), considerando su impacto en el comportamiento de las colonias, y caracterizar física y químicamente un alimento formulado con lechuga destinado a la alimentación de abejas. En estudio se utilizó un diseño experimental Bloques Completos al Azar (BCA), con tres repeticiones y tres tratamientos: un control (alimento agua y azúcar), un tratamiento con lechuga + agua + azúcar, y un tercer tratamiento con lechuga + agua + azúcar + polen. Los análisis realizados en la fase 1, fueron color, pH y grados Brix y en la fase 2, se asignó un período de adaptación de tres semanas con respecto al alimento, para la fase 3, se evaluó la sanidad de colmena, el pecoreo y el consumo del alimento brindado. Se concluyó que el uso de residuos de lechuga en la alimentación de abejas mantuvo la sanidad de la colmena, aunque redujo el consumo de alimento y la actividad de pecoreo. Asimismo, disminuyó el pH, la luminosidad y la coloración, pero mantuvo los valores de grados Brix del alimento. Se recomienda evaluar el impacto de este alimento en la producción de productos de la colmena.

Palabras clave: color, grados brix, pecoreo, pH.

Abstract

Beekeeping faces challenges related to the scarcity of natural food resources, especially during critical periods. At the same time, agricultural by-products such as romaine lettuce residues represent an opportunity to be utilized under a circular economy approach. The aim of this study was to evaluate the effect of romaine lettuce in the feeding of honeybees (*Apis mellifera*), considering its impact on colony behavior, as well as to physically and chemically characterize a lettuce-based feed formulated for bees. The experiment was conducted using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three repetitions and three treatments: a control (sugar and water), a treatment with lettuce + sugar + water, and a third treatment with lettuce + sugar + water + pollen. Phase 1 analyses included color, pH, and °Brix. In Phase 2, colonies underwent a three-week adaptation period to the feed, while in Phase 3, colony health, foraging activity, and feed consumption were evaluated. The results showed that the use of lettuce residues in bee feeding maintained colony health but reduced feed consumption and foraging activity. Additionally, it decreased pH, luminosity, and color intensity, while maintaining °Brix values. It is recommended to further assess the impact of this feed on hive product yields.

Keywords: brix degrees, color, foraging, pH.

Introducción

La apicultura es la actividad dedicada a la crianza de las abejas con el objetivo de producir diferentes productos que las abejas son capaces de elaborar y recolectar como: la miel, polen, jalea real y la cera). Esta actividad no solo genera valor económico, sino que desempeña un rol clave en la seguridad alimentaria mundial al garantizar la polinización de diversos cultivos (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2021). Según Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) (Settele et al., 2014), la abeja es el polinizador más extendido a nivel mundial, y más de 80 millones de colmenas producen unos 1,6 millones de toneladas de miel al año.

La revalorización de residuos agrícolas es una práctica sostenible que consiste en transformar los residuos generados en procesos agrícolas en recursos integrándolos nuevamente al ciclo de producción en lugar de ser eliminados (P. González, 2024). Esta estrategia forma parte esencial de la economía circular, ya que permite reducir el impacto ambiental, genera valor agregado y fomenta la sostenibilidad en los sistemas agroalimentarios (Mirabella et al., 2014). En este contexto, los residuos de lechuga (*Lactuca sativa*) de la Planta Postcosecha en Zamorano podría aprovechar esta oportunidad de uso de lechugas descartadas para preparar un alimento para abejas (*Apis mellifera*), que podrían utilizar en épocas de escasez de alimento natural para abejas. Por lo anterior, usar residuos de lechuga para alimentar abejas podría fortalecer la seguridad alimentaria y mantener la biodiversidad (Klein et al., 2007).

La salud de las colonias de abejas depende de la calidad de su alimentación, una dieta adecuada aporta los nutrientes esenciales para el desarrollo de las abejas, fortalece su sistema inmunológico y mejora su capacidad para enfrentar factores de estrés ambientales (Brodschneider y Crailsheim, 2010). Cuando la alimentación es deficiente o desequilibrada, las colonias pueden volverse más susceptibles a enfermedades y parásitos, lo que pone en riesgo su supervivencia (Nicolson, 2009).

Cambios en la alimentación pueden modificar el comportamiento de pecoreo, la

comunicación eficiente productiva de la colonia (Lajad, 2024). Además, una nutrición inadecuada afecta la cohesión social y la actividad general de la colonia, reduciendo su productividad (Corona et al., 2023). Por ello, es esencial explorar diversas fuentes alimenticias que aseguren la salud y sostenibilidad esto según (Rajkumar et al., 2023). Las fuentes vegetales de alimento, tanto naturales como artificiales, favorecen la supervivencia de las abejas sobre todo en épocas críticas, la alimentación artificial es vital para enfrentar el estrés climático y la escasez floral de uso de agroquímicos (Amro et al., 2016).

Esta investigación podría contribuir con el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente al ODS 12: Producción y consumo responsables, que promueve el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales y la reducción de residuos. Al revalorizar los residuos de lechuga como un insumo alternativo en la alimentación de colonias de, se fomenta una producción más sostenible, minimizando el desperdicio agroindustrial y generando la oportunidad de aprovechamiento para alimento para abejas (Moran, 2015).

Asimismo, se vincula con el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, al apoyar la conservación de las abejas, organismos clave para la polinización y el equilibrio de los ecosistemas. Este enfoque sostenible busca no solo reducir el impacto ambiental de los residuos agrícolas, sino también fortalecer la biodiversidad y la salud de los ecosistemas para el bienestar de las generaciones presentes y futuras (FAO, 2019). Para este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

Evaluar el efecto del uso de lechuga romana en la alimentación de abejas (*Apis mellifera*), considerando su impacto en el comportamiento de las colonias.

Caracterizar física y químicamente un alimento formulado a base de lechuga romana y destinado a la alimentación de abejas (*Apis mellifera*).

Metodología

Ubicación

El estudio se realizó con colmenas de la planta Apícola de Zamorano en el apiario de Zona 3, ubicado en el Valle de Yeguaré, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán a una altura a 800 msnm, con temperatura máxima de 32 °C y mínima de 19 °C. Los análisis físico-químicos de la materia prima se llevó a cabo en la planta Apícola el cual se evaluó pH y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos en Zamorano (LAAZ) donde se evaluó color y grados brix.

Materiales

Las materias primas utilizadas en el estudio fueron: agua, azúcar de caña, polen y residuos de lechuga (*Lactuca sativa*). Para este estudio se utilizó específicamente la variedad de lechuga romana (Anexo A) y esta última fue recolectada como residuo de la planta postcosecha de la Universidad Zamorano.

Tratamientos Experimentales

Se establecieron tres tratamientos experimentales (Cuadro 1), los cuales se aplicaron 500 g a cada colmena, una vez por semana durante un período total de seis semanas. Este período incluyó tres semanas de adaptación de las colmenas y luego tres semanas destinadas a la recolección para análisis de los datos correspondientes:

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos para obtener 1.5 litros de alimento tipo energético

Tratamientos	Agua (L)	Azúcar (Kg)	Extracto de lechuga (L)	Polen (Kg)
T1: Agua + azúcar (Control)	0.9	1.8	0	0
T2: Lechuga + agua + azúcar	0.25	1.8	0.65	0
T3. Lechuga + agua + azúcar + polen	0.25	1.8	0.65	0.09

Fase 1. Preparación del Alimento

La alimentación energética tradicional de sostén o mantenimiento se elaboró en la planta Apícola de Zamorano y se trabajó una proporción de 2 porciones de azúcar por 1 porción de agua y se utiliza principalmente para conservar las colmenas en condiciones estables (Buña y Pinguil, 2017). Este alimento es especialmente útil en épocas de marcada escasez de néctar y polen, ayudando a prevenir la disminución de la población dentro de la colmena y, con ello, una caída significativa en la productividad durante la temporada de cosecha (Suarez Cala, 2021). Esta proporción azúcar: agua da como resultado un jarabe con mayor contenido de humedad, diferente al de la miel natural, pero suficiente para sostener a la colmena. Es recomendable precalentar el agua a 50 °C antes de añadir el azúcar, lo anterior permite una mezcla homogénea que se obtiene al continuamente mezclar durante unos 15 minutos hasta asegurar su disolución completa (Vaquero).

Para los tratamientos que incluían extracto de lechuga, los residuos de lechuga recolectados fueron licuados para obtener el extracto, el cual se mezcló con agua y, posteriormente, se incorporó al alimento de mantenimiento.

Caracterización Físicoquímica de los Alimentos Formulados en Este Estudio

A cada tratamiento se le realizaron los siguientes análisis en tres repeticiones.

Análisis Físicos

Color.

La determinación del color se realizó mediante un método fotográfico digital indirecta, utilizando un photo estudio accesorio marca Puluz, el cual proporcionó un entorno de iluminación controlada con luz blanca neutra, eliminando sombras y reduciendo la influencia de factores externos. Las fotografías de las muestras se capturaron con una cámara de teléfono móvil de una Samsung Note 9, asegurando una distancia fija, un ángulo perpendicular y un fondo blanco estandarizado para mantener la consistencia entre tratamientos. Se empleó la aplicación Color Assistant para extraer los valores promedio de los componentes RGB (Red, Green, Blue) directamente de las imágenes

capturadas. Para cada tratamiento, los valores RGB se obtuvieron en distintas zonas de la muestra y se promediaron con el fin de representar con mayor precisión el color de cada alimento.

Posteriormente, los valores RGB fueron convertidos al sistema de color Hunter Lab utilizando la herramienta en línea ColorMine. Esta herramienta realiza una conversión basada en modelos matemáticos que simulan la percepción humana del color y permiten estimar los valores L, a y b del sistema Hunter Lab.

Los resultados se expresaron en los parámetros L, a* y b*; el parámetro L (luminosidad) varía de 0 a 100, donde un valor bajo (0–50) indica oscuridad y un valor alto (51–100) indica claridad. Los valores de a* (rojo-verde) varía de -60 a +60, donde los valores positivos representan tonalidades rojas y los negativos tonalidades verdes; mientras que b* (amarillo-azul) también va de -60 a +60, indicando amarillo con valores positivos y azul con valores negativos.

Análisis Químicos

Sólidos solubles (°Brix).

Se determinaron siguiendo el método oficial AOAC 983.17, utilizando 5 ml de cada tratamiento, por triplicado por tratamiento. Se realizó usando el refractómetro digital el sper scientific 300053 que medió valores de 0 a 90% de sólidos solubles.

pH.

Se midió utilizando un potenciómetro starter300 previamente calibrado con soluciones estándar. Se limpió con agua destilada el electrodo antes de poder introducirlo a una muestra y antes de para obtener la lectura de pH, también bajo el método AOAC 983.17.

Fase 2. Adaptación de las Colmenas

Se seleccionaron 9 colmenas del apiario de Zamorano, Zona 3, la selección se basó en el nivel de actividad (pecoreo), sanidad de colmena y se aseguró que todas las colmenas contaran con reinas de la misma edad (dos meses). Previo a toma de datos se debió cumplir con un periodo de adaptación que consistió en un lapso de tres semanas durante el cual cada colmena recibió su respectivo tratamiento una vez por semana, permitiendo un proceso de adaptación paulatina al nuevo alimento,

considerando también el cambio generacional dentro de las colmenas.

Fase 3. Valoración Efecto de los Tratamientos en las Colmenas

Durante esta fase del estudio se llevaron a cabo las siguientes evaluaciones:

Pecoreo o Abejeo

La cuantificación del número de abejas que entraban y salían de cada colmena durante un minuto se conoce como pecoreo o abejeo. Esta medida se utilizó como indicador de actividad, productividad y sanidad. En las colmenas sanas se considera una actividad de pecoreo buena, cuando los valores son mayores a 50 abejas/minuto, mientras que valores por debajo de este número, indica posibles problemas relacionados con sanidad o falta de alimento en la colmena, por lo que deben ser solucionados (Vázquez et al., 2012).

Consumo de Alimento

Se determinó el consumo total después de 24 horas de haber aplicado el alimento (500 g de alimento/colmena). Si el consumo no alcanzaba el 100%, se retiraba el alimentador, se medía su peso y se restaba el peso del alimentador vacío para calcular el porcentaje de alimento consumido se utilizó la siguiente ecuación.

$$X = \frac{\text{Gramos de alimento no consumido}}{\text{Gramos totales de alimento aplicado}} \times 100 \quad [1]$$

$X = \%$ de alimento consumido por las abejas

Este método permite obtener una estimación más precisa del consumo real de alimento, ya que considera el tiempo que las abejas tienen para alimentarse y la cantidad de alimento que realmente han consumido.

Presencia de Diarrea

Dos días luego de alimentar las colmenas se inspeccionaron visualmente el área externa e internas de las colmenas en busca de heces claras en los bordes de las celdillas o manchas amarillas/marrones en la piquera, indicativos de diarrea.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con tres tratamientos

(Cuadro 1) y tres repeticiones por tratamiento, totalizando 9 unidades experimentales. El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el software Statistical Analysis System (SAS), versión 9.4. La separación de medias se realizó por el método de Duncan, estableciendo un nivel de significancia del 5%.

Resultados y Discusión

Color

El Cuadro 2 muestra diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en los valores de color entre las diferentes alternativas de alimento. La adición de lechuga disminuyó la luminosidad y coloración amarilla, pero incrementó la coloración verde.

Cuadro 2

Valores de color en diferentes alternativas de alimento energético para colonias de abejas

Tratamiento	L Media \pm DE [€]	a* Media \pm DE [€]	b* Media \pm DE [€]
Agua + Azúcar (Control)	53.28 \pm 0.68 ^a	0.23 \pm 0.32 ^a	7.45 \pm 0.35 ^a
Agua + Azúcar + Lechuga	10.18 \pm 0.13 ^c	-2.01 \pm 0.14 ^b	2.49 \pm 0.37 ^c
Agua + Azúcar + Lechuga + Polen	20.17 \pm 0.26 ^b	-3.83 \pm 0.53 ^c	5.82 \pm 0.27 ^b
C.V. (%)	1.61	20.62	6.66

Nota. DE[€] = Desviación estándar. Medias en la misma columna con letras diferentes (a, b, c) indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

La luminosidad (L) disminuyó en los tratamientos que incluyen lechuga, y aún más cuando no se incluyó polen. El alimento control reflejó una solución clara, transparente, pero la incorporación de residuos de lechuga generó soluciones más opacas. Estos resultados pudieron estar relacionados con la presencia de clorofila, flavonoides y otros compuestos fenólicos presentes en la matriz vegetal esto debido a sus propiedades pigmentantes y a reacciones químicas que sufren durante el procesamiento (A. M. González, 2023). Durante el procesamiento, sufren reacciones como oxidación (formación de quinonas y pigmentos pardos), degradación térmica (como la conversión de clorofila en feofitina), lo que oscurece la matriz alimentaria (Gonzalez et al., 2021).

Los valores de "a*" disminuyeron al incorporar lechuga y polen, desplazándose hacia tonalidades verdes. Este cambio se atribuye principalmente a la presencia de clorofila en la lechuga, en contraste con el color casi neutro del tratamiento control (Kokkinidou y Peterson, 2016). Acorde con (Fennema, 2017), en este estudio el desplazamiento hacia tonalidades verdes podríamos atribuirlo a la clorofila presente en la matriz vegetal. Durante el procesamiento, en ambientes sometidos a calor, la clorofila pierde Mg^{2+} y se convierte en feofitinas, produciendo una tonalidad verde-oliva.

El tratamiento con "Agua + Azúcar + Lechuga + Polen" presentó valores más verdes en "a*" debido a que el polen puede contener compuestos naturales que contribuyen a la estabilidad y mayor intensidad del color verde. El polen es una fuente de pigmentos vegetales y antioxidantes, como polifenoles y flavonoides, que podrían ayudar a preservar el color verde generado principalmente por la clorofila contenida en la lechuga durante el procesamiento (Marhuenda et al., 2020). Además, el polen puede influir en la capacidad antioxidante y retardar la degradación de la clorofila, manteniendo tonalidades verdes más intensas (Cheng et al., 2024).

Los valores de "b" también disminuyeron con la incorporación de lechuga, el control presentó una tonalidad amarillenta, asociado común en soluciones azucaradas mientras que en los tratamientos con lechuga podría relacionarse con la presencia de pigmentos vegetales (verdes y rojizos). En este estudio los pigmentos vegetales podrían haber modificado la tonalidad general, provocando que la solución sea menos amarilla y más oscura (Chen et al., 2019). Este comportamiento coincide con la investigación por (Arias-Giraldo y López-Velasco, 2019), quienes destacan que la pérdida de estabilidad de pigmentos vegetales es una de las principales de las variaciones en matrices alimentarias.

En el tratamiento con agua, azúcar, lechuga y polen, los valores de b* disminuyeron respecto al control, lo que indica una reducción en la tonalidad amarilla característica de las soluciones azucaradas. Sin embargo, este valor registrado en el tratamiento con solo lechuga, lo que sugiere que la adición de polen atenuó parcialmente la pérdida de color amarillo. Este efecto puede atribuirse a la presencia de pigmentos del polen, que equilibraron la influencia de los pigmentos vegetales de la lechuga, generando una solución con menor amarillamiento que el control, pero con mayor intensidad que el alimento con únicamente lechuga.

Grados Brix

El Cuadro 3 muestra que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), lo que indica que la inclusión de lechuga y polen no afectó la concentración de sólidos solubles totales en el alimento de las abejas.

Cuadro 3**Resultado de grados Brix en diferentes alternativas de alimento energético para colonias de abejas**

Nota. DE^ε = Desviación estándar. Medias en la misma columna con letras iguales "a" indican que no se encuentra diferencias

Tratamientos	Brix Media ± DE ^ε
Agua + Azúcar (Control)	85.76 ± 0.98 ^a
Agua + Azúcar + Lechuga	85.10 ± 1.32 ^a
Agua + Azúcar + Lechuga + Polen	85.43 ± 0.95 ^a
C.V. (%)	1.45

estadísticamente significativas (P>0.05).

Los grados Brix son un indicador del contenido de sólidos solubles, especialmente azúcares como la sacarosa, glucosa y fructosa, que son fundamentales en la nutrición de las abejas, ya que estas necesitan fuentes ricas en carbohidratos para mantener su metabolismo energético (La Rosa et al., 2015). La consistencia en los valores Brix observados sugiere que la adición de residuos de lechuga no diluyó la concentración de azúcares disponibles, lo cual fue beneficioso desde un punto de vista que se aseguró el consumo de dicha alternativa de alimento (Ballesteros, 2022).

La ausencia de diferencias en los grados Brix sugiere que la inclusión de lechuga no alteró la concentración de sólidos solubles totales en el alimento. Esto puede explicarse porque el jarabe base presentaba una concentración elevada de azúcares, lo que confiere un efecto amortiguador frente diluciones, haciendo que pequeñas variaciones no resulten detectables en el análisis. La lechuga, aunque se caracteriza por su alto contenido de humedad también contiene sólidos solubles como minerales, ácidos orgánicos y compuesto fenólicos, los cuales pudieron contribuir a equilibrar el efecto diluyente (Paray et al., 2021). Por lo tanto, la cantidad de adición de lechuga pudo mantener la concentración de azúcares similares a los del control, sin provocar diferencias significativas entre tratamientos.

Potencial de Hidrógeno (pH)

El Cuadro 4 muestra que hubo diferencias estadísticamente significativas (P<0.05) en los valores de pH en las diferentes alternativas de alimento para abejas, siendo el alimento con lechuga más polen el que obtuvo mayor disminución del pH en comparación con el alimento control.

Cuadro 4*Valores de pH en diferentes alternativas de alimento energético para colonias de abejas*

Nota. DE[€] = Desviación estándar. Medias en la misma columna con letras diferentes (a, b, c), indican diferencias estadísticamente

Tratamiento	pH Media ± DE [€]
Agua + Azúcar (Control)	6.14 ± 0.24 ^a
Agua + Azúcar + Lechuga	5.66 ± 0.08 ^b
Agua + Azúcar + Lechuga + Polen	5.03 ± 0.18 ^c
C.V. (%)	2.80

significativas (P<0.05).

Esta tendencia descendente en el pH podría explicarse por qué la lechuga presenta un pH cercano a 5.5–6.5, por tanto, al incorporarse a la mezcla azucarada, posiblemente contribuyó a reducir el pH registrado en los tratamientos (Llorach et al., 2004).

El polen posee una notable capacidad fermentable gracias a su composición rica en carbohidratos (azúcares reductores), proteínas, aminoácidos esenciales y una amplia variedad de compuestos fenólicos como flavonoides y ácidos fenólicos (Cheng et al., 2024). Durante los procesos de fermentación, distintas especies de bacterias ácido-lácticas pueden metabolizar estos azúcares presentes en el polen, transformándolos en ácidos orgánicos principalmente ácido láctico lo que provoca una acidificación del medio (Min et al., 2022). Además, la fermentación mejora la biodisponibilidad de nutrientes, libera compuestos antioxidantes y degrada potenciales alérgenos según (Almeida-Muradian et al., 2005), incrementando el valor nutricional y funcional del polen destacando que el polen tiene un rango de pH de 4.5 a 5.1 (Campos et al., 2008). Desde el punto de vista de la nutrición apícola, el pH del alimento es un factor importante, ya que puede influir en la palatabilidad, conservación y estabilidad del producto ofrecido a las abejas.

Un pH bajo inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos a un pH de 6.5 puede estar presente bacterias como *Paenibacillus larvae* y *Melissococcus plutonius* y hongos del género *Nosema* que logran infectar abejas dentro del intestino (DeGrandi-Hoffman et al., 2009). Sin embargo, es importante mantener el pH del alimento dentro de un rango aceptable, entre 4.5 y 6, ya que, aunque las abejas consumen productos naturalmente ácidos como la miel, prefieren soluciones con una acidez moderada. Un pH demasiado bajo podría afectar su aceptación, especialmente si se trata de una fuente artificial de alimento (Nicolson, 2009).

Comportamiento de Pecoreo la Colmena

El Cuadro 5 muestra que hubo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en la actividad de pecoreo entre los tratamientos, encontrando que el pecoreo fue aún menor cuando se adiciono la lechuga sin polen. De acuerdo con la metodología descrita por (Vásquez y Olofsson, 2009), en este estudio todos los tratamientos registraron valores inferiores a 50 abejas/min, lo cual podría sugerir la presencia de factores que limitaron la actividad de las colonias, asociado ya sea a condiciones de sanidad o a la disponibilidad y aceptación del alimento suministrado.

Cuadro 5

Resultados del pecoreo (abejas/min) en colmenas luego de consumir diferentes tipos de alimentos.

Tratamiento	Pecoreo Media \pm DE [€]
Agua + Azúcar (Control)	46.44 \pm 23.59 ^a
Agua + Azúcar + Lechuga	35.22 \pm 24.11 ^b
Agua + Azúcar + Lechuga + Polen	48.33 \pm 16.88 ^a
C.V. (%)	27.74

Nota. DE[€] = Desviación estándar. CV = coeficiente de variación. Medias en la misma columna con letras diferentes (a, b), indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$).

En el presente estudio, la evaluación se realizó en zona 3 del valle del Yeguaré, un área que se caracteriza por la presencia de cultivos intensivos y con escasa flora disponible en los alrededores. Estas condiciones ambientales representan un riesgo sanitario importante, pues limitan la disponibilidad de fuentes naturales de néctar y polen, y aumentan la exposición de agroquímicos (Sánchez, 2018).

El monitoreo realizado mostró valores de pecoreo por debajo del umbral considerado saludable (>50 abejas/min) en todos los tratamientos reflejando posibles limitantes en salud y capacidad de las colonias para mantener el un comportamiento natural óptimo (Vásquez et al., 2012). Por lo tanto, la composición del alimento, así como la reducción de la presión ambiental por pesticidas y la restauración de la diversidad floral, son factores clave para mejorar la sanidad apícola, la resiliencia de las colonias y su contribución a la conservación de ecosistemas.

En términos generales, el tratamiento que incluyó lechuga y polen presentó niveles de pecoreo similares al tratamiento control, lo que podría sugerir que la inclusión de polen podría atenuar

los efectos negativos del extracto de lechuga con respecto a la actividad pecoreadora pues mantuvo esta actividad con respecto a las colonias con tratamiento (Di Pasquale et al., 2013).

El alimento de agua, azúcar y extracto de lechuga mostró la menor actividad de pecoreo entre los tratamientos evaluados indicando que la inclusión de lechuga sin un alimento apícola adicional no favorece en la actividad recolectora de las abejas. Esto podría deberse a que la lechuga, por sí sola, no aporta los nutrientes necesarios para estimular un comportamiento activo por parte de las abejas (Ivars, 2024).

La baja actividad de pecoreo observada en los tres tratamientos puede explicarse por factores tanto internos como externos en la colmena. Entre estos factores destaca temperatura ambiental, humedad que influyen directamente en la disposición de las abejas para volar y recolectar alimentos (Mull et al., 2022). Temperaturas superiores a 30 °C limita el número de abejas entrando y saliendo de la colmena y en mayo 2025 (Accuweather, 2025), fue el rango de temperaturas reportadas durante el tiempo que se implementó este estudio.

Asimismo, factores propios de la colmena, como el tamaño y la salud de la población de abejas, también afectan la actividad de pecoreo (Aparist, 2024). Colonias con poblaciones reducidas o con problemas sanitarios presentan menor capacidad para mantener altos niveles de pecoreo (Sánchez, 2018).

Consumo del Alimento en las Colmenas

El Cuadro 6 muestra hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en el consumo de alimento por parte de las colmenas bajo tres tratamientos ($P < 0.05$), encontrando que las abejas consumieron menos alimento cuando solo se les ofreció agua, azúcar y lechuga.

Cuadro 6

Resultados del consumo de alimento por colonias de abejas con diferentes alternativas de alimento

Tratamientos	Consumo (%) Media \pm DE ^ε
Agua + Azúcar (Control)	100 \pm 0 ^a
Agua + Azúcar + Lechuga	76.33 \pm 36.74 ^b
Agua + Azúcar + Lechuga + Polen	100 \pm 0 ^a
C.V. (%)	19.97

Nota. DE^ε = Desviación estándar. Medias en la misma columna con letras diferentes (a, b), indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Los resultados de este estudio pudieran sugerir que la lechuga solo con azúcar podría reducir la palatabilidad o aceptación del alimento por parte de las abejas, posiblemente por compuestos que no resultan atractivos para ellas (Liao et al., 2020). La lechuga contiene ácidos orgánicos como oxálico, málico y ascórbico, los cuales liberan protones en solución y modifican el equilibrio iónico lo que pudo provocar que probablemente este alimento no fue atractivo para las abejas (Navarro, 2021).

En el estudio realizado por (Al-Ghamdi et al., 2021), probó que ciertas composiciones de alimento afectan la aceptación por parte de las abejas encontrando que las abejas consumieron más los alimentos solo con azúcar en comparación con otros tipos de alimentación que contenían aditivos como extractos de plantas. Al combinar el nuevo alimento con polen es posible que la abeja haya reconocido el sabor del polen, lo cual pudo haberla motivado a consumir una mayor cantidad, por lo consiguiente podría aumentar su aceptación y consumo resultando parecido al control. En una investigación realizada por (Topal et al., 2022), muestran que el polen mezclado con otros ingredientes, como jarabes azucarados o suplementos, es más atractivo y consumido por las abejas comparado con alimentos sin polen.

En este estudio la familiaridad de las abejas con soluciones azucaradas simples pudo favorecer la aceptación y consumo, a diferencia de la lechuga, que no es parte habitual de su dieta. Esto pudo provocar rechazo o desconfianza inicial, en consecuencia, el consumo se redujo en los tratamientos con lechuga (Montgomery, 2015).

Sanidad de la Colmena

La sanidad de las colmenas es un factor determinante para la productividad apícola, ya que de ella depende no solo la supervivencia de las abejas (*Apis mellifera*), sino también su capacidad de pecoreo, la calidad de los productos apícolas y el servicio ecosistémico (Olate-Olave et al., 2021). En este estudio no se observaron signos de diarrea ni la presencia evidente de enfermedades en las colonias evaluadas.

Una posible explicación es que las colonias mantenían un estado sanitario estable al inicio del experimento, lo que probablemente impidió que se reflejaran diferencias significativas en la aparición

de patologías (Forsgren y Fries, 2010). Además, el período experimental fue relativamente corto, lo que reduce la probabilidad de que se manifestaran enfermedades que suelen presentarse a largo plazo como explica en la investigación (Kegley et al., 2024), que los efectos de estresores como pesticidas, patógenos y parásitos pueden tardar semanas o meses incluso en manifestarse.

Otro aspecto para considerar es que, aunque se observaron valores bajos de pecoreo y consumo en algunos tratamientos, estos indicadores por sí mismos no siempre se traducen en manifestaciones inmediatas de enfermedad, sino que reflejan estados subclínicos de estrés o vulnerabilidad que pueden predisponer a infecciones en estas condiciones adversas (Genersch, 2010). Es importante considerar que la calidad y la composición de los alimentos también tienen implicaciones directas en la sanidad general de la colmena. Siendo así al tener una actividad de pecoreo baja como en el caso del tratamiento de agua, azúcar y extracto de lechuga, se pueden volver susceptibles a enfermedades como *Nosema* e infecciones virales (Alaux et al., 2010). Por el contrario, en el tratamiento que se incluyó polen tiene un potencial, al aplicar el alimento un mayor tiempo podría mejorar la salud intestinal y aumentar la resistencia de patógeno, lo que se puede reflejar a largo plazo como una mayor vitalidad de la colmena.

Diversas investigaciones han demostrado que el bajo consumo de alimento y la exposición a plaguicidas actúan en sinergia debilitando a las abejas, reduciendo la respuesta inmunitaria y aumentando la incidencia de patógenos tales como *Nosema spp.* o *Paenibacillus larvae* (Sota y Bacci, 2020). En este contexto, la disponibilidad floral en zona 3 limita el aporte de proteínas provenientes del polen, fundamentales para la inmunocompetencia de la colmena (Alaux et al., 2010). Esto explica, en parte que en los tratamientos se observara con una menor actividad de pecoreo y menor consumo de alimento en el caso del tratamiento de agua + azúcar + lechuga, lo que puede interpretarse como signo de vulnerabilidad sanitaria.

Conclusiones

El uso de residuos de lechuga en la alimentación de abejas mantuvo la sanidad de la colmena, disminuyó el consumo de alimento y la actividad de pecoreo. Sin embargo, al incluir polen junto con la lechuga, se mantuvo el consumo del alimento en comparación al alimento de mantenimiento.

El uso de lechuga disminuyó el pH, la luminosidad, la coloración rojiza y amarilla, pero mantuvo los valores en grados brix del alimento para mantenimiento de colonias de abejas.

Recomendaciones

Monitorear el impacto del alimento con lechuga en parámetros como la producción de productos de la colmena, la supervivencia de las colonias y la resistencia a enfermedades durante períodos más prolongados.

Se recomienda evaluar la incorporación de diferentes porcentajes de polen en el alimento formulado con lechuga, con el fin de analizar su efecto en aquellos factores que en el presente estudio no mostraron resultados favorables.

Se recomienda ampliar el período de adaptación del alimento por lo menos durante un mes de alimento para evaluar si esto favorece una mejora en el comportamiento de pecoreo y en el consumo por parte de las abejas.

Referencias

- Accuweather. (2025). *Temperaturas registradas en mayo*.
<https://www.accuweather.com/es/hn/villa-de-san-francisco/188003/may-weather/188003>
- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D. y Le Conte, Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*, 6(4), 562–565. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0986>
- Al-Ghamdi, A. A., Abou-Shaara, H. F. y Ansari, M. J. (2021). Effects of sugar feeding supplemented with three plant extracts on some parameters of honey bee colonies. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2076–2082. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.050>
- Almeida-Muradian, L. B., Pamplona, L. C., Coimbra, S. y Barth Ortrud Monika (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(1), 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.10.008>
- Amro, A., Omar, M. y Al-Ghamdi, A. (2016). Influencia de diferentes dietas proteínicas sobre el consumo, la cría de cría y los parámetros de calidad de las abejas en condiciones de aislamiento. *Academic Journals*, 40(4), 468-475.
- Apiarist. (2024). *The size of a hive*. <https://theapiarist.org/the-size-of-a-hive/>
- Arias-Giraldo, S. y López-Velasco, D. M. (2019). Reacciones químicas de los azúcares simples empleados en la industria alimentaria. *Lámpsakos*(22), 123–136.
<https://doi.org/10.21501/21454086.3252>
- Ballesteros, C. (2022). Alimentos de origen vegetal: aprovechamiento de sus subproductos.: Revisión bibliográfica de las fuentes proteicas en la alimentación y desarrollo de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.). https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Gonzalez-Mendoza-2/publication/366485254_Metabolitos_Bioactivos_de_Trichoderma_para_el_Control_de_Hongos_Postcosecha_en_Frutas_y_Hortalizas/links/63a34f5b5ed88950503f432c/Metabolitos-Bioactivos-de-Trichoderma-para-el-Control-de-Hongos-Postcosecha-en-Frutas-y-Hortalizas.pdf
- Brodschneider, R. y Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3), 278–294. <https://doi.org/10.1051/apido/2010012>
- Buña y Pinguil. (2017). *“Efecto de la alimentación artificial en abejas *Apis mellifera* mediante la utilización de leche en polvo desnatada y jarabe de azúcar”* [Tesis]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador.
<https://dspace.epoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/c8d5ffc3-9075-4914-aff6-e33843b140c5/content>
- Campos, M. G. R., Bogdanov, S., de Almeida-Muradian, L. B., S., T., M., Frigerio, C., F. y F. (2008). Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2), 154–161.
https://www.researchgate.net/publication/228349366_Pollen_composition_and_standardisation_of_analytical_methods
- Chen, Z., Han, Y., Ning, K., Luo, C., Sheng, W., Wang, S., Fan, S., Wang, Y. y Wang, Q. (2019). Assessing the performance of different irrigation systems on lettuce (*Lactuca sativa* L.) in the greenhouse. *PLoS One*, 14(2), e0209329. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209329>
- Cheng, Y., Ang, B., Xue, C., Wang, Z [Zhenyu], Yin, L., Wang, T., Chen, Q., Wang, Z [Zhaojun], Zeng, M., Zhang, W., Chen, J. y He, Z. (2024). Insights into the fermentation potential of pollen: Manufacturing, composition, health benefits, and applications in food production. *Trends in Food Science & Technology*, 143, 104245.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104245>
- Corona, M., Branchiccela, B., Alburaki, M., Palmer-Young, Evan C., Madella, S., Chen, Y. y Evans, J. D. (2023). Decoupling the effects of nutrition, age, and behavioral caste on honey bee physiology, immunity, and colony health. *Frontiers in Physiology*, 14, 1149840.

- <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1149840>
- Di Pasquale, Garance, Salignon Marion, Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Suchail, S., Brunet, J.-L. y Alaux, C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: Do pollen quality and diversity matter? *PLoS One*, 8(8), e72016.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072016>
- fatsecret. (2025). *Base de datos de alimento y contador de calorías*.
<https://www.fatsecret.es/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/lechuga>
- Fennema, O. R. (2017). Comportamiento de la clorofila en el procesamiento de alimentos (Cap. 8). *Revista De Química*. <https://es.scribd.com/document/491165333/Fennema-cap08-Pigmentos-y-Otros-Colorantes-pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *The state of food and agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288f-dc78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Bees and other pollinators: A critical contribution to food security and biodiversity*. <https://www.fao.org/pollination/en/>
- Forsgren, E. y Fries, I. (2010). Comparative virulence of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in individual European honey bees. *Veterinary Parasitology*, 170(3-4), 212–217.
<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.02.010>
- Genersch, E. (2010). American Foulbrood in honeybees and its causative agent, *Paenibacillus larvae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103 Suppl 1, S10-9.
<https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.015>
- Gonzalez, R. E., Soto Vargas, V. C. y Lanza Volpe, M. (2021). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de diferentes genotipos de lechuga. *Revista Del Foro De La Alimentación, La Nutrición Y La Salud*, 3(1), 17–24.
<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/11926?locale-attribute=en>
- González, A. M. (2023). *Valorización de subproductos en la industria hortofrutícola, materia prima para nuevos procesos productivos: La cadena agroalimentaria es, en ocasiones, poco eficiente, al generar restos procedentes de la transformación y de la comercialización, por eso se recomienda la valorización mediante tecnologías para obtener productos de alto valor añadido*. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/subproductos-industria-hortofruticola-materia-prima-nuevos-procesos-productivos>
- González, P. (2024). *Por qué la lechuga es verde*. <https://www.diariouno.com.ar/sociedad/por-que-la-lechuga-es-verde-n1335209>
- Ivars, J. (2024). *La suplementación proteica en las abejas: [Guía completa]*.
<https://www.latiendadelapicultor.com/blog/la-suplementacion-proteica-en-las-abejas-guia-completa/?srsltid=AfmBOooveBH0ZqY8h4lfAOS1WfCbgaZYNOX2PrTaH5IU9oyUYqHaYdW2>
- Kegley, S. E., Radford, R., Brown, T. J., Anderson, J., Cox, D., Ellis, S. y Marcy, G. W. (2024). Longitudinal Analysis of Honey Bee Colony Health as a Function of Pesticide Exposure. *Agronomy*, 14(11), 2505. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112505>
- Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. y Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings. Biological Sciences*, 274(1608), 303–313.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kokkinidou, S. y Peterson, D. G. (2016). Identification of compounds that contribute to trigeminal burn in aqueous ethanol solutions. *Food Chemistry*, 211, 757–762.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.117>
- La Rosa, L. A. de, Alvarez-Parrilla, E., González-Aguilar y G. A. (2015). Frutas, hortalizas y granos como fuentes de antioxidantes y compuestos bioactivos.
https://www.researchgate.net/publication/277891626_Antioxidant_activity_and_protection_of_some_selected_bioactive_components_in_fruits_and_vegetables_In_Spanish

- Lajad, R. (2024). *Respuestas comportamentales de la abeja Apis mellifera frente a cambios en la calidad del polen: evaluación del recurso, efecto de las experiencias y transferencia de información* [Tesis de pregrado]. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n7572_Lajad.pdf
- Liao, C., Xu, Y., Sun, Y., Lehnert, M. S., Xiang, W., Wu, J. y Wu, Z. (2020). Feeding behavior of honey bees on dry sugar. *Journal of Insect Physiology*, 124, 104059. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2020.104059>
- Llorach, R., Tomás-Barberán, F. A. y Ferreres, F. (2004). Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 5109–5116. <https://doi.org/10.1021/jf040055a>
- Marhuenda, J., Perez, S., Victoria-Montesinos, D., Abellán, M. S., Caturla, N., Jones, J. y López-Román, J. (2020). A Randomized, Double-Blind, Placebo Controlled Trial to Determine the Effectiveness a Polyphenolic Extract (Hibiscus sabdariffa and Lippia citriodora) in the Reduction of Body Fat Mass in Healthy Subjects. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/foods9010055>
- Min, Gu, J., Wu, H., Rauf, A., Emran, T. B., Khan, Z., Mitra, S., Aljohani, A. S. M., Alhumaydhi, F. A., Al-Awthan, Y. S., Bahattab, O., Thiruvengadam, M. y Suleria, H. A. R. (2022). Phytochemicals, Nutrition, Metabolism, Bioavailability, and Health Benefits in Lettuce—A Comprehensive Review. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/antiox11061158>
- Mirabella, N., Castellani, V. y Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.051>
- Montgomery, D. C. (2015). Consumo y producción sostenibles: Desarrollo sostenible. *Design and Analysis of Experiments (8th Ed.)*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Moran, M. (2015). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles: Consumo y producción sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Mull, A., Gunnel, J., Hanse, S., Ramirez, R. y Walker, A. (2022). Factors Contributing to Bee Decline. <https://extension.usu.edu/planthealth/research/factors-contributing-to-bee-decline>
- Navarro, R. (2021). *Lechuga: propiedades, beneficios y valor nutricional*. atida, mifarma. <https://www.atida.com/es-es/blog/lechuga-propiedades-beneficios-y-valor-nutricional>
- Nicolson, S. W. (2009). Water homeostasis in bees, with the emphasis on sociality. *The Journal of Experimental Biology*, 212(Pt 3), 429–434. <https://doi.org/10.1242/jeb.022343>
- Olate-Olave, V. R., Verde, M., Vallejos, L., Perez Raymonda, L., Cortese, M. C. y Doorn, M. (2021). Bee Health and Productivity in Apis mellifera, a Consequence of Multiple Factors. *Veterinary Sciences*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/vetsci8050076>
- Paray, B. A., Kumari, I., Hajam, Y. A., Sharma, B., Kumar, R., Albeshr, M. F., Farah, M. A. y Khan, J. M. (2021). Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 1167–1176. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.053>
- Rajkumar, A., Astha, B., Amarjeet, S. S., Ashish, R., Ashish, K. y SK Gharde (2023). Bee nutrition and artificial food. *Pharma Innovation*, 12(6): 1635-1641. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue6/PartS/12-6-59-378.pdf>
- Rijk Zwaan. (2025). *Maximus RZ (41-95)*. <https://www.rijkszwaan.mx/lechuga/MAXIMUS-RZ-41-95-prdLS10336-ctgCrops.lettuce>
- Sánchez, A. (2018). *Factores que reducen la población de abejas (Apis mellifera) en zonas tropicales* [Tesis]. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/286064103.pdf>
- Settele, Adam J. Vanbergen, Simon G Potts, Vera Imperatriz-Fonseca, Hien T Ngo, Jacobus C Biesmeijer, Thomas D Breeze, Lynn V Dicks, Lucas A Garibaldi, Rosemary Hill y Josef (2014).

- Resumen del informe para los responsables de la formulación de políticas de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos. https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/pdfs/SPM_Pollination_ES.pdf
- Sota, M. y Bacci, M. (2020). Enfermedades de las abejas. *Manual De Precedimientos*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_enfermedades_abejas_senasa_abril2020.pdf
- Suarez Cala, M. (2021). *Alimentación Proteica para Abejas (Apis Mellifera): Investigación de dos dietas proteicas para desarrollo de núcleos y colmenas de abejas (Apis mellífera)* [Tesis]. Universidad Industrial de Santander, España. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/a1538cb4-7a86-48cc-8464-271bce316454/content>
- Topal, E., Märgäoan, R., Bay, V., Takma, Ç., Yücel, B., Oskay, D., Düz, G., Acar, S. y Kösoğlu, M. (2022). The Effect of Supplementary Feeding with Different Pollens in Autumn on Colony Development under Natural Environment and In Vitro Lifespan of Honey Bees. *Insects*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/insects13070588>
- Vaquero, P. V. *Guía técnica de Nutrición Apícola*. <https://osiap.org.mx/senasica/sites/default/files/nutricion%20apicola.pdf>
- Vásquez, A. y Olofsson, T. C. (2009). The lactic acid bacteria involved in the production of bee pollen and bee bread. *Journal of Apicultural Research*, 48(3), 189–195. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.48.3.07>
- Vázquez, R., Martínez, R., Ortega, N. y Maldonado, W. (2012). Manual técnico de apicultura abeja (*Apis mellifera*) (1a ed.). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/32817>

Anexos

Anexo A

Descripción la variedad lechuga utilizada.

Ficha técnica	
Nombre de la variedad	MAXIMUS RZ 41-95
Tipo de variedad	Romaine/ romana
Línea de productos	Sin línea
Resistencias (HR)	BL:29,39,32,33EU/BL7,8US
Resistencias (IR)	Rs (ex Ss)
Descripción	Variedad de lechuga tipo Cos o romana de color verde. Es un material muy versátil, que puede ser usado a lo largo del año ya que bajo condiciones de calor muestra gran tolerancia contra el bolting y el tip burn

Nota. Adaptado de (Rijk Zwaan, 2025).

Anexo B

Valor nutricional de la lechuga romana

Info. Nutricional	
Tamaño de la Porción	100 g
<hr/>	
	Por porción
<hr/>	
Energía	71 kJ
	17 kcal
Proteína	1,23g
Carbohidratos	3,28g
Fibra	2,1g
Azúcar	1,19g
Grasa	0,3g
Grasa Saturada	0,039g
Grasa Poliinsaturada	0,16g
Grasa Monoinsaturada	0,012g
Colesterol	0mg
Sodio	8mg
Potasio	247mg
<hr/>	

Nota. Adaptado de (fatsecret, 2025)

Anexo C

Tonalidades de los tratamientos en el hunter LAB

**Agua + zúcar
(Control)**



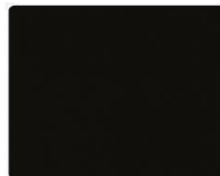
$L = 53.3$
 $a = 0.2$
 $b = 7.5$

**Agua + Azúcar
+ Lechuga + Polen**



$L = 20.2$
 $a = -3.8$
 $b = 5.8$

**Agua + Azúcar
+ Lechuga**



$L = 10.2$
 $a = -2.0$
 $b = 2.5$

Anexo D

Costos variables para la producción de medio litro de cada tipo de alimento por colmena

Ingredientes	Cantidad utilizada	Costo unitario (L/\$)	Costo parcial (L)	Costo parcial (\$)
Tratamiento 1				
Agua	0.084 L	0.00/0.00	0.00	0.00
Azúcar	0.6 kg	28/1.08	16.80	0.64
Total			16.80	0.64
Tratamiento 2				
Agua	0.084 L	0.00/0.00	0.00	0.00
Azúcar	0.6 kg	28/1.08	16.80	0.64
Extracto de lechuga	0.25 L	8.36/0.32	2.09	0.08
Total			18.89	0.72
Tratamiento 3				
Agua	0.084 L	0.00/0.00	0.00	0.00
Azúcar	0.6 kg	28/1.08	16.80	0.64
Extracto de lechuga	0.25 L	8.36/0.32	2.09	0.08
Polen	0.03 kg	992.08/33.27	29.76	1.14
Total			48.65	1.86

Nota. Tasa de cambio 26.17; Tratamiento 1: Agua+ Azúcar; Tratamiento 2: Agua+ Azúcar +Extracto de lechuga; Tratamiento 3: Agua+ Azúcar + Extracto de lechuga + Polen

Anexo E

Resultado de la correlación entre actividad de pecoreo y consumo de alimento

Coeficientes de correlación Pearson, N = 27		
	Pecoreo	Consumo
Pecoreo	1	0.53847
		0.0038
Consumo	0.53847	1
	0.0038	