



¿Pueden las leguminosas ser una alternativa económica y sostenible en la nutrición apícola para mejorar la producción de colmenas?

¿Can legumes be an economical and sustainable alternative in bee nutrition to improve hive production?

Nikol Siche^{1*}; César Eduardo Honorio-Javes¹

¹ Escuela de Ingeniería Zootecnista, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, Perú.

* Autor correspondiente: nsichei@unitru.edu.pe (N. Siche).

ORCID de los autores:

N. Siche: <https://orcid.org/0000-0002-7174-8337>

C. E. Honorio-Javes: <https://orcid.org/0000-0002-8917-7085>

RESUMEN

La apicultura es fundamental para la polinización de cultivos y la producción de miel, pero enfrenta desafíos relacionados con la nutrición de las abejas, especialmente en épocas de escasez floral. Las leguminosas representan una posible alternativa económica y sostenible para suplir las necesidades nutricionales de las colmenas, debido a su alto contenido en proteínas y su rol en la mejora de la calidad del suelo. Este artículo explora el potencial de las leguminosas en la dieta apícola, analizando su impacto en la salud y productividad de las colmenas, así como su viabilidad como una solución sostenible. A través de una revisión de estudios recientes, se evalúan los beneficios y limitaciones de las leguminosas en la nutrición apícola, proponiéndolas como una alternativa que puede contribuir al desarrollo sustentable de la apicultura.

Palabras clave: Leguminosas; nutrición apícola; *Apis mellifera*; sostenibilidad; producción de colmenas.

ABSTRACT

Beekeeping is essential for crop pollination and honey production, yet it faces challenges related to bee nutrition, especially during periods of floral scarcity. Legumes represent a potential economical and sustainable alternative to meet the nutritional needs of colonies due to their high protein content and role in soil quality improvement. This article explores the potential of legumes in bee diets, analyzing their impact on colony health and productivity, as well as their viability as a sustainable solution. Through a review of recent studies, the benefits and limitations of legumes in bee nutrition are evaluated, proposing them as an alternative that can contribute to the sustainable development of beekeeping.

Keywords: Legumes; bee nutrition; *Apis mellifera*; sustainability; hive production.

Recibido: 26-10-2024.

Aceptado: 16-12-2024.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

La apicultura desempeña un papel crucial en la producción agrícola a nivel mundial debido a la polinización y a la producción de miel, cera y otros productos apícolas (De Sousa Gomes et al., 2019). Sin embargo, una de las limitaciones que afecta directamente la salud y productividad de las colmenas es la disponibilidad de fuentes nutricionales adecuadas y constantes (Reyes & Cano, 2022; Chávez et al., 2022). Las abejas necesitan de una dieta rica en proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales para mantener sus funciones metabólicas y su capacidad reproductiva (Misiewicz et al., 2023; Iorizzo et al., 2024). Durante periodos de baja disponibilidad de polen, como el invierno o la sequía, las abejas suelen experimentar desnutrición, lo que las hace vulnerables a enfermedades y reduce la producción

de miel (OMSA, 2010; El-Seedi et al., 2024).

La búsqueda de fuentes alternativas de alimento que sean nutritivas, sostenibles y económicas ha llevado a la investigación sobre el uso de leguminosas en la apicultura (Da Costa et al., 2024). Las leguminosas, por sus características nutricionales y su capacidad para mejorar la calidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno, se presentan como una alternativa viable (Shepel et al., 2023; Shankar et al., 2024). Se destaca aquí el valioso esfuerzo de la comunidad científica, que ha encabezado investigaciones de gran relevancia para abordar este desafío (Da Silva et al., 2019; De Souza et al., 2020; De Souza Zangirolami & De Oliveira Santos, 2022). Esto queda demostrado en la amplia cantidad de estudios que se han publicado con el paso del tiempo (Figura 1).

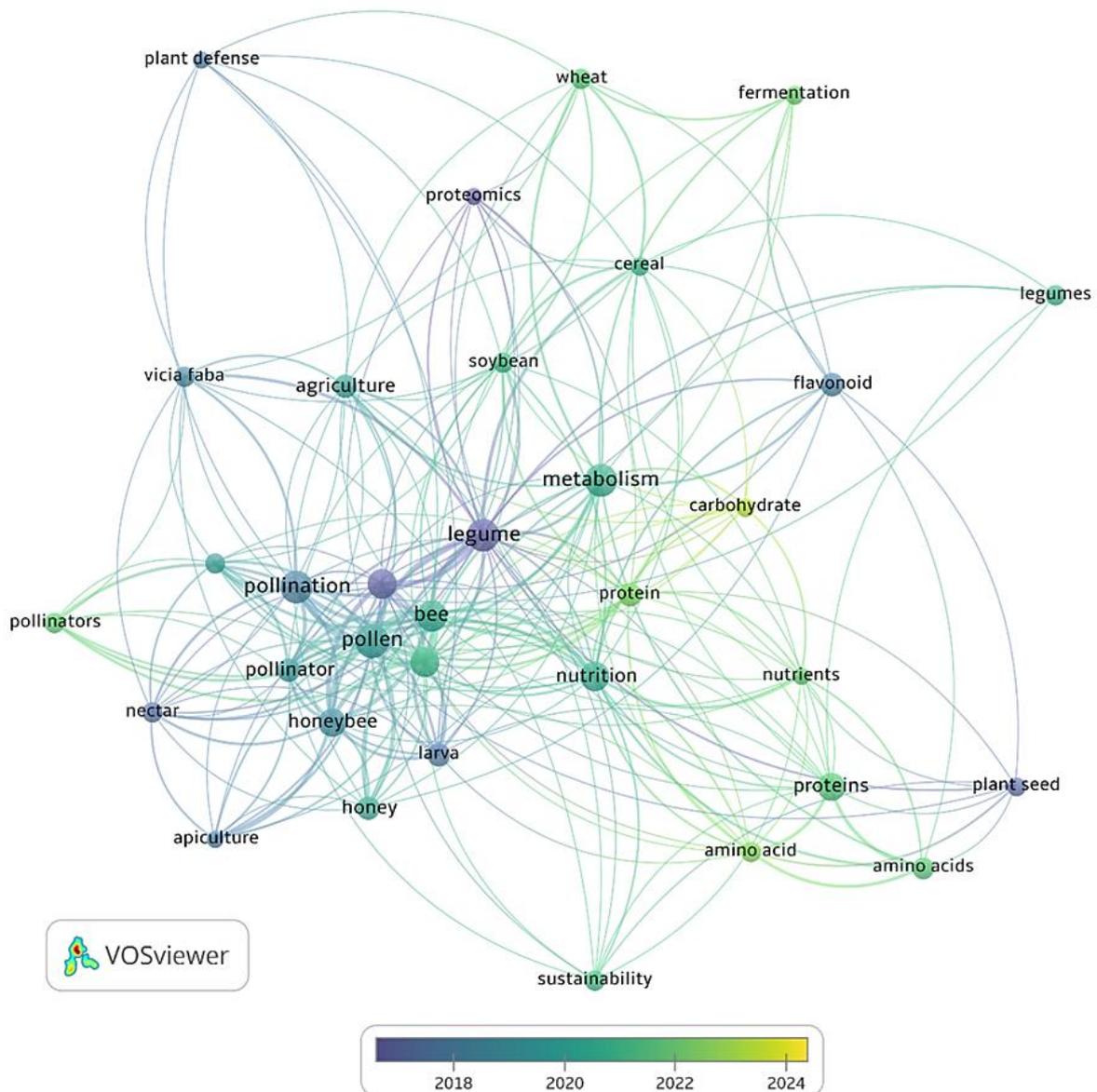


Figura 1. Mapa bibliográfico utilizando VOSviewer y metadata de la base de datos Scopus (Article title, Abstract, Keywords: *Apis mellifera*, nutrition, legumes).

Requerimientos nutricionales de *Apis mellifera*

Apis mellifera requiere una dieta equilibrada que incluya carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales (Júnior et al., 2023). Los carbohidratos son principalmente obtenidos del néctar, que las abejas transforman en miel, mientras que el polen es la fuente principal de proteínas (Wijayati et al., 2019). Estas proteínas son cruciales para el desarrollo de larvas y la producción de jalea real, lo que a su vez afecta la salud y productividad de la colonia (Núñez et al., 2017; Medina et al., 2018). Los requerimientos proteicos para las abejas son significativos, ya que se estima que necesitan al menos un 20-25% de proteína cruda en su dieta para mantener un crecimiento y desarrollo óptimos (Pokajewicz et al., 2024).

Además, como se detalla en la Figura 2, los requerimientos de aminoácidos esenciales también deben considerarse, ya que juegan un papel clave en el desarrollo y funcionamiento metabólico de las abejas. Las abejas también requieren lípidos, que son esenciales para la formación de membranas celulares y la producción de energía (Chau & Rehan, 2024; Pokajewicz et al., 2024). Las vitaminas y minerales, aunque requeridos en cantidades menores, son igualmente importantes para diversas funciones metabólicas y para el sistema inmunológico de las abejas (Nicolson et al., 2022).

La nutrición tiene un impacto directo en la salud y productividad de las colmenas (Calderón-Fallas et al., 2024). Una dieta deficiente puede resultar en una disminución en la esperanza de vida de las abejas, así como en una reducción en la capacidad reproductiva de la reina (Núñez et al., 2017). Un estudio realizado por Cala (2021), demostró que las colonias que recibieron suplementos proteicos elaborados con harina de zapallo experimentaron un notable incremento en el área destinada a las crías y produjeron más miel, en comparación con aquellas que no fueron suplementadas.

La suplementación proteica es especialmente crítica durante períodos de escasez floral (Nicolson et al., 2022). Es fundamental proporcionar suplementos durante el otoño para preparar a las abejas para el invierno y durante la primavera para evitar baches causados por la falta de polen (Sonmez et al., 2023; Ramello et al., 2024; Iorizzo et al., 2024; El-Seedi et al., 2024; Braglia et al., 2024). La falta de nutrientes esenciales puede llevar a un desarrollo deficiente de las glándulas hipofaríngeas responsables de producir jalea real, afectando así el crecimiento larval y la salud general de la colonia (Cala, 2021).

Además, estudios recientes han mostrado que una dieta rica en proteínas no solo mejora el crecimiento poblacional, sino que también potencia la producción de miel (Medina et al., 2018). Las dietas que contienen harina de frijol generan un aumento significativo en la cantidad de polen recolectado y consumido por las abejas (Martins et al., 2023; Torretta et al., 2024).

Potencial nutricional de las leguminosas

Estudios han demostrado que las leguminosas, como la alfalfa, el trébol, la arveja, la soja, el mani, el haba, el garbanzo y la lenteja, presentan un perfil nutricional sobresaliente para la alimentación de las abejas, gracias a su alto contenido en proteínas y aminoácidos esenciales (Tabla 1). Estas plantas pueden contener entre un 18% y un 40% de proteínas, dependiendo de la especie y las condiciones de cultivo, lo que las convierte en una fuente rica y accesible de nutrientes (Doi et al., 2023; Misiewicz et al., 2023; Vieira et al., 2024). Este contenido proteico es crucial para el crecimiento y fortalecimiento de las colonias de abejas, que necesitan aminoácidos esenciales, como la lisina y la metionina, para la producción de proteínas en sus cuerpos y la creación de jalea real, un alimento crítico para las larvas (Zaluski et al., 2020; Langlands et al., 2021).

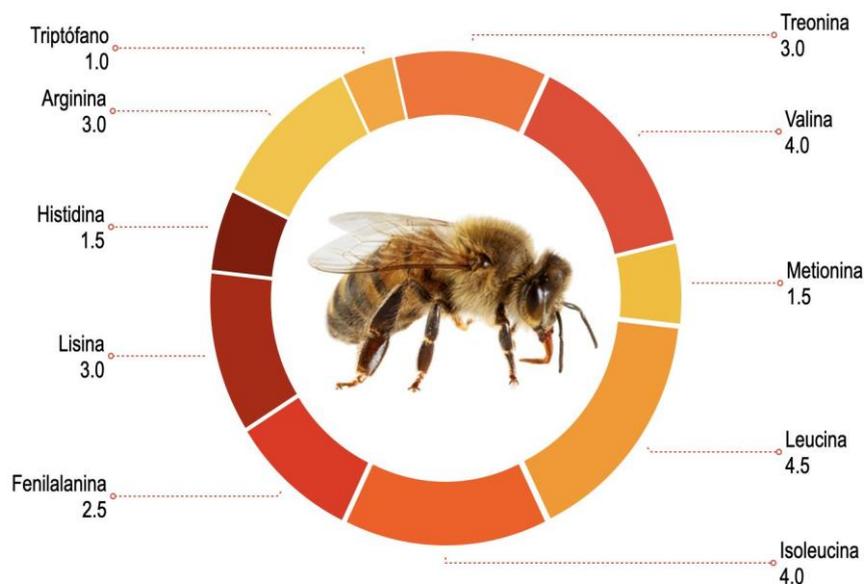


Figura 2. Requerimientos de aminoácidos esenciales expresados en (%) para la *Apis mellifera*.

Tabla 1
Composición nutricional de **leguminosas** según diferentes estudios

Leguminosa	Proteínas (%)	Aminoácidos esenciales	Lípidos (%)	Referencia
Alfalfa	20-23	Lisina, metionina	2-4	(Ahmad et al., 2021)
Trébol	18-20	Valina, leucina	3.4	(Núñez et al., 2017)
Arveja	25-30	Lisina, triptófano	5-6	(Núñez et al., 2017)
Soja	36-40	Lisina, Leucina	18-20	(Rodríguez et al., 2015)
Maní	25-28	Ácido G., leucina	45-50	(Rodríguez et al., 2015)
Haba	26-28	Lisina, Leucina	1-2	(Montero et al., 2012)
Garbanzo	19-23	Leucina, Lisina	5-6	(Pastor & Alcalá, 2024)
Lenteja	24-26	Lisina Leucina	1-2	(Pastor & Alcalá, 2024)

Las leguminosas son excelentes fuentes de aminoácidos como la lisina y la metionina, que son limitantes en otros tipos de forrajes y esenciales para el desarrollo larval y la salud general de las abejas. Su inclusión en la dieta de las abejas contribuye a mejorar su capacidad productiva al optimizar la producción de miel y otros subproductos apícolas (Núñez et al., 2017; Langlands et al., 2021). Estas plantas aportan carbohidratos complejos, que, aunque no reemplazan al néctar, pueden ayudar a las abejas a mantener sus niveles de energía durante períodos de escasez floral (Al-Kahtani et al., 2020).

En cuanto a los lípidos, las leguminosas contienen ácidos grasos esenciales como los omega-3, que no solo contribuyen a la salud general de las abejas, sino que también refuerzan su sistema inmunológico, mejorando su resistencia a enfermedades comunes. En épocas críticas de escasez de recursos néctar-poliníferos, las leguminosas pueden ser clave para mantener la salud y productividad de las colmenas, ofreciendo una solución viable y sostenible para los problemas nutricionales en la apicultura (Langlands et al., 2021).

Beneficios ambientales y sostenibilidad de las leguminosas

Las leguminosas aportan importantes beneficios ecológicos y agronómicos (Figura 3) que promue-

ven la sostenibilidad agrícola. Uno de sus mayores aportes es la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo, proceso realizado en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*. Este proceso no solo enriquece el suelo de forma natural, sino que reduce la necesidad de fertilizantes químicos, disminuyendo así la contaminación tanto del suelo como de las aguas subterráneas (Zaluski et al., 2020; Alshukri & Talib, 2021).

Además, el cultivo de leguminosas mejora la estructura y la materia orgánica del suelo, incrementando su capacidad para retener agua y nutrientes. Esto resulta beneficioso para los cultivos que siguen en la rotación y para el ecosistema agrícola en general (Oskay, 2019; Zaluski et al., 2020). Al incluir leguminosas en la rotación de cultivos, se previene la erosión y se favorece la biodiversidad del sistema, creando un entorno agrícola más resiliente y saludable.

Otra ventaja clave es la reducción de la huella de carbono, al requerir menos insumos externos y mejorar la fertilidad del suelo de manera natural, las leguminosas contribuyen a una agricultura con menores emisiones de carbono. De esta forma, su incorporación no solo beneficia la salud de las abejas en apicultura, sino que también impulsa prácticas sostenibles que favorecen el equilibrio ecológico y promueven la salud integral del ecosistema (Zaluski et al., 2020).

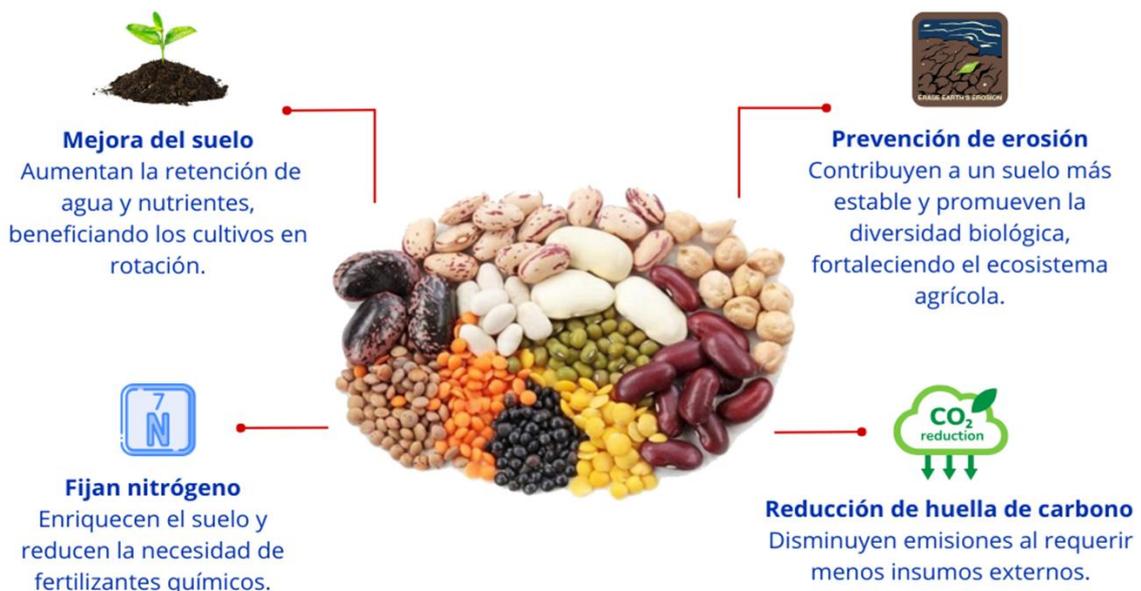


Figura 3. Beneficios ambientales y sostenibilidad de las leguminosas.

Avances apícolas con suplementos a base de Leguminosas

Las leguminosas, como la soja, lentejas y garbanzos, son reconocidas por su alto contenido proteico, que varía entre el 19% y el 40% según la especie (Ahmad et al., 2021; Pastor & Alcalá, 2024). Este perfil nutricional es comparable al de otros suplementos alimenticios utilizados en apicultura, como la miel, el polen y los suplementos comerciales a base de proteínas.

Como se muestra en la Tabla 1, la proteína de las leguminosas es rica en aminoácidos esenciales, aunque generalmente carece de metionina y cisteína, aminoácidos azufrados que son limitantes en estas fuentes vegetales (Kokkorou et al., 2025). Sin embargo, su combinación con cereales puede resultar en un perfil proteico más completo, lo que podría beneficiar la salud de las colonias apícolas (Pastor & Alcalá, 2024).

Investigaciones han demostrado que las dietas suplementadas con leguminosas, como harina de soja o lenteja, son bien aceptadas por las abejas y contribuyen a un aumento significativo en la cantidad de huevos puestos y en la población general dentro de las colmenas (Núñez et al., 2017; Langlands et al., 2021) (Tabla 2). Estos hallazgos sugieren que integrar leguminosas en la alimentación apícola no solo es económicamente viable, sino también una estrategia eficaz para mejorar el rendimiento reproductivo y productivo de las abejas.

Tabla 2

Principales investigaciones de la utilización de leguminosas en la dieta de *Apis mellifera*

Tipo de leguminosas	Resultado	Referencia
Soja	Aumento del número de huevos producidos en la población de abejas adultas en las colmenas, mayor aceptabilidad del alimento, mayor producción de polen y consumo de alimento.	(Montero et al., 2012; Rodríguez et al., 2015; Núñez et al., 2017; Ahmad et al., 2021; Pastor & Alcalá, 2024)
Maní	Desempeño positivo en la producción de la colmena.	(Rodríguez et al., 2015)
Haba	Aumento del número de larvas y la cantidad de pupas.	(Montero et al., 2012)
Garbanzo	Mayor aceptación y palatabilidad	(Pastor & Alcalá, 2024)
Lenteja	Mejor desempeño general de la colmena.	(Pastor & Alcalá, 2024)

Los estudios indican que las colmenas alimentadas con suplementos a base de leguminosas muestran mejoras tanto en la producción de miel como en la salud general de las colonias en comparación con aquellas que reciben solo azúcares o polen convencional. Las leguminosas son generalmente más económicas que muchos suplementos comerciales para abejas. En Perú, donde se cultivan diversas leguminosas, los costos asociados a su

producción y procesamiento son relativamente bajos (Ríos et al., 2018; Pastor & Alcalá, 2024). Esto proporciona una ventaja relevante para los apicultores que buscan reducir gastos sin comprometer la calidad nutricional. En contraste, los suplementos comerciales pueden tener precios elevados debido a procesos de fabricación complejos y la necesidad de importar ingredientes (Tiong et al., 2025). Esto puede limitar su accesibilidad para pequeños apicultores en regiones rurales.

La disponibilidad local de leguminosas facilita su acceso para los apicultores. En muchas comunidades rurales del Perú, estas plantas son cultivadas tradicionalmente y están integradas en el sistema agrícola local, lo que permite un suministro constante durante todo el año (Ríos et al., 2018).

Limitaciones y desafíos en el uso de leguminosas para la nutrición apícola

Aunque las leguminosas ofrecen numerosos beneficios como suplemento nutricional para las abejas, su uso también presenta ciertos desafíos. Uno de ellos es la disponibilidad estacional y la variabilidad en su composición nutricional, muchas leguminosas se producen solo en determinadas épocas del año, lo cual puede limitar su disponibilidad constante para la apicultura (Bogo et al., 2019; Ghosh et al., 2020; Darwish et al., 2022; Baky et al., 2023). Además, la composición de nutrientes puede variar según la especie y las condiciones de cultivo, afectando la consistencia de los beneficios.

Otro desafío importante son los antinutrientes. Algunas leguminosas contienen compuestos como taninos y fitatos, que pueden reducir la digestibilidad y la absorción de nutrientes en las abejas, limitando el aporte nutricional que se espera de estos suplementos (Al-Kahtani et al., 2020; Bakour et al., 2022).

Los costos de procesamiento también representan una barrera. Aunque las leguminosas suelen ser accesibles en términos económicos, convertirlas en suplementos fácilmente digeribles y accesibles para las abejas requiere procesos adicionales, lo cual incrementa los costos de producción y puede dificultar su implementación generalizada (Lamontagne-Drolet et al., 2019; Mišek et al., 2021; Mora-Adames et al., 2021).

Tendencias y futuro de la investigación en nutrición apícola sostenible

En los últimos años, ha crecido el interés por explorar alternativas sostenibles en la nutrición apícola, y varias tendencias prometedoras están marcando esta área de investigación (Pamminger et al., 2019; Russo et al., 2019). Una de ellas es el desarrollo de dietas formuladas que combinan leguminosas con otras fuentes naturales, buscando maximizar el valor nutricional y reducir los costos de suplementación en la apicultura (Tawfik et al., 2022). Estas dietas formuladas permiten aprovechar los beneficios de las leguminosas mientras se equilibra la dieta de las abejas para mejorar su salud y productividad.

Otra tendencia es la realización de estudios de campo a largo plazo (Vaudo et al., 2024). Hasta ahora, la mayoría de las investigaciones se han realizado en entornos controlados y de corto plazo, por lo que estudios a lo largo de varios ciclos de vida apícola serían fundamentales para validar los efectos beneficiosos observados en laboratorio y entender el impacto real en la salud de las colmenas (Vaudo et al., 2020).

El uso de subproductos de leguminosas representa una alternativa económica y sostenible. Aprovechar la cáscara y otros subproductos, que suelen desecharse, podría abrir la puerta a suplementos de bajo costo que ofrezcan beneficios nutricionales sin incrementar significativamente el precio de producción.

La aplicación de biotecnología en la mejora de leguminosas es un área con gran potencial. Mediante técnicas de modificación genética, sería posible optimizar el perfil nutricional de las leguminosas y reducir los antinutrientes presentes en ellas, facilitando así su uso en la apicultura y haciendo que estos suplementos sean más efectivos para la salud y el desarrollo de las abejas. Con base en la Figura 1 y 5, incorporar leguminosas en el ámbito apícola conlleva retos significativos, tanto ahora como en el futuro, en aspectos sociales, industriales, ambientales y de investigación científica (Tabla 3). Cada uno de estos desafíos tiene un grado diferente de complejidad, lo que

demanda un enfoque multifacético para superar las barreras actuales y anticipar los obstáculos futuros. Además, es necesario un esfuerzo continuo en investigación para identificar variedades de leguminosas que maximicen los beneficios nutricionales para las abejas y sean económicamente viables, asegurando su aceptación a largo plazo en la industria.

Consideraciones prácticas para la implementación de leguminosas en la apicultura

La implementación de leguminosas en la apicultura ha despertado interés en los últimos años, ya que ofrece la posibilidad de mejorar la nutrición de las abejas y reducir la dependencia de suplementos comerciales. Sin embargo, este proceso requiere algunas consideraciones prácticas para garantizar que realmente sea beneficioso y viable (Matos et al., 2014; Souza et al., 2023).

Uno de los primeros pasos es la selección de las leguminosas adecuadas. Plantas como el frijol, la soja, entre otros (Montero et al., 2012; Rodríguez et al., 2015; Núñez et al., 2017; Ahmad et al., 2021; Pastor & Alcalá, 2024), tienen un buen aporte de proteínas y aminoácidos esenciales que pueden mejorar la salud de las abejas. Aun así, no todas las leguminosas son igual de atractivas para *Apis mellifera*, por lo que es útil probar diferentes especies en campo para ver cuáles resultan más aceptables y efectivas (Vieira et al., 2024).

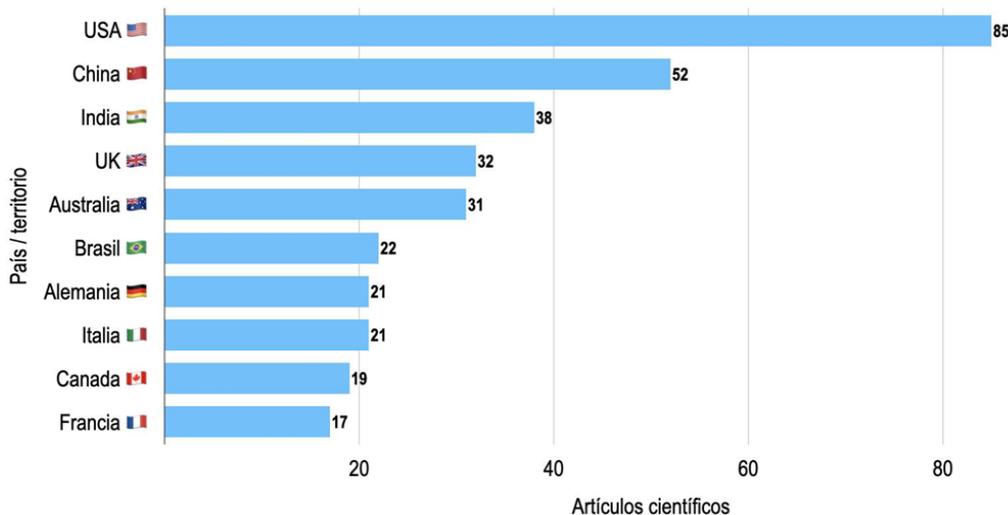


Figura 5. Distribución geográfica de publicaciones científicas hasta el 2024. Datos obtenidos de la base de datos Scopus, con criterios de búsqueda: título del artículo, resumen, y palabras clave “legumes OR nutrition OR *Apis mellifera*”.

Tabla 3

Desafíos actuales y futuros de la implementación de leguminosas en la apicultura

Nivel	Desafíos actuales	Desafíos futuros
Social	Acceso limitado de apicultores a suplementos de leguminosas por falta de distribución y estacionalidad.	Educar a apicultores sobre el uso de leguminosas y promover políticas de apoyo para la apicultura sostenible.
Industrial	Altos costos de procesamiento y falta de sistemas económicos para aprovechar subproductos.	Mejorar tecnologías de procesamiento y desarrollar dietas combinadas de leguminosas y otros suplementos.
Ambiental	Dependencia de cultivos específicos puede afectar la biodiversidad y el uso de recursos.	Usar subproductos para reducir residuos y fomentar cultivos sostenibles de leguminosas.
Científico	Variabilidad en la composición nutricional y presencia de antinutrientes que afectan digestibilidad.	Usar biotecnología para mejorar el perfil nutricional y reducir antinutrientes; realizar estudios a largo plazo en campo.

La formulación de la dieta es otro aspecto crucial. Aunque las leguminosas son ricas en proteínas, es necesario balancearlas con otros nutrientes para cubrir todas las necesidades de las abejas (Davodpour et al., 2019). Una dieta que sea exclusivamente de leguminosas podría provocar problemas digestivos o deficiencias nutricionales, por lo que es importante que se combinen adecuadamente con otras fuentes de nutrientes (Brodschneider & Gratzner, 2021; Zhang et al., 2021). Al mezclar leguminosas con ingredientes adicionales, como carbohidratos, se puede lograr una dieta completa que mejore el rendimiento de las colmenas.

Otro paso importante es el procesamiento de las leguminosas. Para que las abejas puedan aprovechar al máximo los nutrientes, las leguminosas suelen molerse hasta obtener una harina fina, lo que facilita su digestión (Mogren et al., 2020). Además, algunos estudios sugieren que aplicarles un tratamiento térmico leve puede mejorar aún más su digestibilidad y reducir factores antinutricionales, es decir, compuestos que interfieren en la absorción de nutrientes (Choi, 2021; Tsuruda et al., 2021; Džugan et al., 2023; Souza et al., 2023). A partir de esta harina, se pueden elaborar tortas proteicas específicas para las abejas, siguiendo los pasos descritos en la Figura 6.

El almacenamiento adecuado también es fundamental. Las leguminosas absorben fácilmente la humedad, lo que podría hacerlas propensas a desarrollar moho o fermentarse, lo cual sería perjudicial para las abejas (Mogren et al., 2020; Ntarelli et al., 2023). Almacenarlas en un lugar seco y revisar regularmente su calidad ayuda a evitar este problema, asegurando que las abejas reciban un alimento seguro y en buen estado.

Una vez que se implementan las leguminosas en la alimentación, es necesario observar cómo responde la colmena. Revisar indicadores como la tasa de postura de la reina, la longevidad de las abejas obreras y la producción de miel puede dar

una idea de si las leguminosas están teniendo el efecto deseado. Estos indicadores permiten ajustar la dieta si es necesario y asegurarse de que la suplementación realmente está beneficiando a las abejas (Paray et al., 2020; Poyraz et al., 2023).

Finalmente, es importante considerar el costo de implementar leguminosas. Aunque estas pueden reducir la necesidad de suplementos comerciales, el proceso de cultivo, procesamiento y almacenamiento implica una inversión. Evaluar estos costos en relación con los beneficios obtenidos permite determinar si el uso de leguminosas es viable económicamente para cada apicultor (Ranneh et al., 2021).



Figura 6. Pasos para la elaboración de tortas proteicas con leguminosa para *Apis mellifera*.

CONCLUSIONES

Las leguminosas representan una alternativa prometedora y sostenible para la nutrición apícola. Su alto contenido en proteínas, aminoácidos esenciales y lípidos beneficia directamente la salud y productividad de las colmenas, especialmente en periodos de escasez de recursos florales. Además, sus beneficios ecológicos, como la fijación de nitrógeno y la mejora de la calidad del suelo, contribuyen a la sostenibilidad agrícola y a la

reducción de la huella ambiental de la apicultura. Sin embargo, aún se deben superar desafíos relacionados con su disponibilidad, procesamiento y la presencia de antinutrientes para lograr su implementación efectiva. Es necesario fomentar investigaciones que optimicen el uso de las leguminosas en la apicultura, promoviendo así un enfoque sustentable en la nutrición apícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S., Khan, K. A., Khan, S. A., Ghramh, H. A., & Gul, A. (2021). Comparative assessment of various supplementary diets on commercial honey bee (*Apis mellifera*) health and colony performance. *Plos One*, 16(10). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258430>
- Al-Kahtani, S. N., Taha, E., Khan, K. A., Ansari, M. J., Farag, S. A., Shawer, D. M. B., & Elnabawy, E. M. (2020). Effect of harvest season on the nutritional value of bee pollen protein. *Plos*

- One*, 15(12). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241393>
- Alshukri, B. M., & Talib, M. (2021). Reduced deformed wing virus of *Apis mellifera* L. nurses by high fat diets under laboratory conditions. *Journal of Plant Protection Research*, 61(1), 57–62. doi: <https://doi.org/10.24425/jppr.2021.136269>
- Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaid, D., Ghouzi, A. E., Es-Safi, I., Mechate, H., & Lyoussi, B. (2022). Bee bread as a promising source of bioactive molecules and functional properties: An

- Up-To-Date Review. *Antibiotics*, 11(2), 203. doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics11020203>
- Baky, M. H., Abouelela, M. B., Wang, K., & Farag, M. A. (2023). Bee Pollen and Bread as a Super-Food: A Comparative review of their metabolome composition and quality assessment in the context of best recovery conditions. *Molecules*, 28(2), 715. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules28020715>
- Braglia, C., Alberoni, D., Di Gioia, D., Giacomelli, A., Bocquet, M., & Bulet, P. (2024). Application of a robust MALDI mass spectrometry approach for bee pollen investigation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 416(19), 4315–4324. <https://doi.org/10.1007/s00216-024-05368-9>
- Bogo, G., Bortolotti, L., Sagona, S., Felicioli, A., Galloni, M., Barberis, M., & Nepi, M. (2019). Effects of Non-Protein amino acids in nectar on bee survival and behavior. *Journal of Chemical Ecology*, 45(3), 278–285. doi: <https://doi.org/10.1007/s10886-018-01044-2>
- Brodtschneider, R., & Gratzner, K. (2021). The FAO Guideline on Good Beekeeping Practices for Sustainable Apiculture. *Bee World*, 98(4), 144. doi: <https://doi.org/10.1080/0005772x.2021.1981664>
- Cala, M. (2021). Investigación de dos dietas proteicas para desarrollo de núcleos y colmenas de abejas (*Apis mellifera*) en Hato Santander año 2021 [Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/9783>
- Calderón-Fallas, R. A., Van Veen, J. W., Olate-Olave, V. R., Verde, M., Doorn, M., Vallejos, L., & Orozco-Delgado, J. V. (2024). Africanized honey bee colonies in Costa Rica: first evidence of its management, brood nest structure and factors associated with varroa mite infestation. *Experimental and Applied Acarology*, 92(3), 369–384. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00897-x>
- Chau, K. D., & Rehan, S. M. (2024). Nutritional profiling of common eastern North American pollen species with implications for bee diet and pollinator health. *Apidologie*, 55(1). <https://doi.org/10.1007/s13592-023-01054-4>
- Choi, J. (2021). Nutrition, Safety, Health Functional Effects, and Availability of Honeybee (*Apis mellifera* L.) Drone Pupae. *Insects*, 12(9), 771. <https://doi.org/10.3390/insects12090771>
- Chávez, J. P. A., Cruz, M. V. C., Cedeño, E. D. P., & Moreira, J. S. M. (2022). Suplementación de levadura de Cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) dentro de la alimentación proteica en abejas (*Apis mellifera*) en el cantón Quininde parroquia Rosa Zárate. *Tierra Infinita*, 8(1), 108–119. <https://doi.org/10.32645/26028131.1156>
- Da Costa, M. M., Brito, E. R., Santos, J. a. D., Modesto, V. C., Lima, M. V. D. S., Pinheiro, E. E. G., Farias, L. D. S., Silva, I. P., Da Silva, S. M. P. C., De Carvalho, C. a. L., & Da Silva Sodré, G. (2024). Influência da suplementação alimentar na prevalência de parasitos e patógeno em colônias de *Apis mellifera* africanizada. *Scientia Plena*, 20(5). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.058002>
- Da Silva, R. A., De Araújo, T. S., De Andrade, A. B. A., Coelho, M. S., & De Oliveira, G. L. G. (2019). Fontes energéticas sobre a longevidade de *Apis mellifera* L. em condições controladas. *ACTA Apícola Brasílica*, 7. <https://doi.org/10.18378/aab.v7i0.7545>
- Darwish, A., El-Wahed, A. A., Shehata, M., El-Seedi, H., Masry, S., Khalifa, S., Mahfouz, H., & El-Sohaimy, S. (2022). Chemical profiling and nutritional evaluation of bee pollen, bee bread, and royal jelly and their role in functional fermented dairy products. *Molecules*, 28(1), 227. <https://doi.org/10.3390/molecules28010227>
- Davodpour, R., Sobhanardakani, S., Cheraghi, M., Abdi, N., & Lorestani, B. (2019). Honeybees (*Apis mellifera* L.) as a Potential Bioindicator for Detection of Toxic and Essential Elements in the Environment (Case Study: Markazi Province, Iran). *Archives Of Environmental Contamination And Toxicology*, 77(3), 344–358. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00634-9>
- De Sousa Gomes, R. V. R., Rocha, L. B., De Miranda, M. E., De Lima Filho, E. N., De Albuquerque, J. G. S. S., & Sombra, D. S. (2019). Manutenção de colônias *Apis mellifera* no período de escassez de alimento. *Revista Verde De Agroecologia E Desenvolvimento Sustentável*, 14(3), 458–463. <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i3.6486>
- De Souza Zangirolami, M., & De Oliveira Santos, O., Junior. (2022). Organização, necessidades nutricionais e suplementação artificial para abelhas *Apis Mellifera*. *Research Society and Development*, 11(9). <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31453>
- De Souza, E. P., Degrande, P. E., Guazina, R. A., & Alves, V. V., Junior. (2020). Exposure of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to pollen grains of soybean plants (*Glycine max* L.) originated from treated seeds. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 87. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000392019>
- Doi, I., Deng, W., & Ikegami, T. (2023). Spontaneous and information-induced bursting activities in honeybee hives. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37785-8>
- Džugan, M., Sidor, E., Mišek, M., & Tomczyk, M. (2023). The possibility of using Bee drone brood to design novel dietary supplements for apitherapy. *Applied Sciences*, 13(8), 4687. <https://doi.org/10.3390/app13084687>
- El-Seedi, H. R., El-Wahed, A. a. A., Salama, S., Agamy, N., Altaleb, H. A., Du, M., Saeed, A., Di Minno, A., Wang, D., Daglia, M., Guo, Z., Zhang, H., & Khalifa, S. a. M. (2024). Natural Remedies and Health; A review of bee pollen and bee bread impact on combating diabetes and obesity. *Current Nutrition Reports*. <https://doi.org/10.1007/s13668-024-00567-3>
- Ghosh, S., Jeon, H., & Jung, C. (2020). Foraging behaviour and preference of pollen sources by honey bee (*Apis mellifera*) relative to protein contents. *Journal of Ecology and Environment*, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s41610-020-0149-9>
- Iorizzo, M., Albanese, G., Letizia, F., Testa, B., Di Criscio, D., Petrarca, S., Di Martino, C., Ganassi, S., Avino, P., Pannella, G., Aturki, Z., Tedino, C., & De Cristofaro, A. (2024). Diversity of plant pollen sources, microbial communities, and phenolic compounds present in bee pollen and bee bread. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34517-x>
- Júnior, D. J. D. M., Da Silva, E. M., Aguiar, I. F., De Alcântara, J. F. A., Barbosa, E. A., Neves, J. M. G., & De Oliveira, A. M. (2023). Alimentação proteica alternativa na manutenção e desenvolvimento de colmeias de abelhas *Apis mellifera*. *Recital - Revista De Educação Ciência E Tecnologia De Almenara/MG*, 5(1), 75–86. <https://doi.org/10.46636/recital.v5i1.317>
- Kokkorou, M., Spinelli, S., Dinnella, C., Pierguidi, L., Wollgast, J., Maragkoudakis, P., & Monteleone, E. (2025). Co-creating innovative and accepted legume-based dishes for school canteens with adolescents in a low socioeconomic area. *Food Quality and Preference*, 123(105343). <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105343>
- Lamontagne-Drolet, M., Samson-Robert, O., Giovenazzo, P., & Fournier, V. (2019). The Impacts of Two Protein Supplements on Commercial Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Colonies. *Journal of Apicultural Research*, 58(5), 800–813. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1644938>
- Langlands, Z., Du Rand, E., Crailsheim, K., Yusuf, A., & Pirk, C. (2021). Prisoners receive food fit for a queen: Honeybees feed small hive beetles protein-rich glandular secretions through trophallaxis. *Journal of Experimental Biology*, 224(2). <https://doi.org/10.1242/jeb.234807>
- Martins, A. C., Proença, C. E. B., Vasconcelos, T. N. C., Aguiar, A. J. C., Farinasso, H. C., De Lima, A. T. F., Faria, J. E. Q., Norrana, K., Costa, M. B. R., Carvalho, M. M., Dias, R. L., Bustamante, M. M. C., Carvalho, F. A., & Keller, A. (2023). Contrasting patterns of foraging behavior in neotropical stingless bees using pollen and honey metabarcoding. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41304-0>
- Matos, V. R., Alencar, S. M., & Santos, F. A. (2014). Pollen types and levels of total phenolic compounds in propolis produced by *Apis mellifera* L. (Apidae) in an area of the Semiarid Region of Bahia, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 86(1),

- 407-418. <https://doi.org/10.1590/0001-376520142013-0109>
- Medina, C. E., Guzmán, E., Saldivar, S., & Aguilera, J. (2018). Effect of three energy-protein diets on the population and honey production of honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Nova Scientia*, 10(20), 01-12. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1110>
- Milek, M., Grabek-Lejko, D., Stepień, K., Sidor, E., Mołoń, M., & Dżugan, M. (2021). The enrichment of honey with Aronia melanocarpa fruits enhances its in vitro and in vivo antioxidant potential and intensifies its antibacterial and antiviral properties. *Food & Function*, 12(19), 8920-8931. <https://doi.org/10.1039/d1fo02248b>
- Misiewicz, A., Mikołajczyk, Ł., & Bednarska, A. J. (2023). Floral resources, energetic value and pesticide residues in provisions collected by *Osmia bicornis* along a gradient of oilseed rape coverage. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39950-5>
- Mogren, C. L., Benítez, M., McCarter, K., Boyer, F., & Lundgren, J. G. (2020). Diverging landscape impacts on macronutrient status despite overlapping diets in managed (*Apis mellifera*) and native (*Melissodes desponsa*) bees. *Conservation Physiology*, 8(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/coaa109>
- Moniruzzaman, M., Khalil, M. I., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2013). Physicochemical and antioxidant properties of Malaysian honeys produced by *Apis cerana*, *Apis dorsata* and *Apis mellifera*. *BMC Complementary And Alternative Medicine*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-43>
- Montero, A., Martos, A., & Chura, J. (2012). Dietas artificiales en la crianza de la abeja melífera, *Apis mellifera* L. *Anales Científicos*, 73(1), 1-5. <https://doi.org/10.21704/ac.v73i1.863>
- Mora-Adames, W. I., Fuenmayor, C. A., Benavides-Martín, M. A., Algecira-Enciso, N. A., & Quicazán, M. C. (2021). Bee pollen as a novel substrate in pilot-scale probiotic-mediated lactic fermentation processes. *LWT*, 141, 110868. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110868>
- Natarelli, N., Gahoonia, N., Maloh, J., & Sivamani, R. K. (2023). Clinical efficacy of topical or oral soy supplementation in Dermatology: a Systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(12), 4171. <https://doi.org/10.3390/jcm12124171>
- Nicolson, S. W., Human, H., & Pirk, C. W. W. (2022). Honey bees save energy in honey processing by dehydrating nectar before returning to the nest. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20626-5>
- Núñez-Torres, O. P., Almeida-Secaira, R. I., Rosero-Peñaherrera, M. A., & Lozada-Salcedo, E. E. (2017). Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2), 95-103. <https://doi.org/10.36610/j.saa.2017.040200095>
- OMSA. (2010, 27 de abril). Los problemas de salud de las abejas dependen de múltiples factores. Organización Mundial de Sanidad Animal. <https://www.woah.org/es/los-problemas-de-salud-de-las-abejas-dependen-de-multiples-factores/>
- Oskay, D. (2019). Effects of diet composition on consumption, live body weight and life span of worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(6), 4421-4430. https://doi.org/10.15666/aer/1906_44214430
- Pamminger, T., Becker, R., Himmelreich, S., Schneider, C. W., & Bergtold, M. (2019). Pollen report: quantitative review of pollen crude protein concentrations offered by bee pollinated flowers in agricultural and non-agricultural landscapes. *PeerJ*, 7. <https://doi.org/10.7717/peerj.7394>
- Paray, B. A., Kumari, I., Hajam, Y. A., Sharma, B., Kumar, R., Albeshr, M. F., Farah, M. A., & Khan, J. M. (2020). 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>
- Pastor, F. J., & Alcalá, K. (2024). Tortas alimenticias para abejas (*Apis mellifera* L.) como opción para alimentar en épocas críticas. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 16(1), Artículo e1043. <https://doi.org/10.24188/recia.v16.n1.2024.1043>
- Pokajewicz, K., Lamaka, D., Hudz, N., Adamchuk, L., & Wiecezorek, P. P. (2024). Volatile profile of bee bread. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57159-y>
- Poyraz, F., Yalmanci, D., İspirli, H., & Dertli, E. (2023). Characterization of Bee Bread Produced with Defined Starter Cultures Mimicking the Natural Fermentation Process. *Fermentation*, 9(2), 174. <https://doi.org/10.3390/fermentation9020174>
- Ramello, P. J., Almada, V., Ashworth, L., Alvarez, L. J., & Lucia, M. (2024). Bee size increases pollen deposition in *Cucurbita maxima* (Cucurbitaceae) crops. *Apidologie*, 55(2). <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01065-9>
- Ranneh, Y., Akim, A. M., Hamid, H. A., Khazaa, H., Fadel, A., Zakaria, Z. A., Albuja, M., & Bakar, M. F. A. (2021). Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5>
- Reyes, S. E., & Cano, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 24(1). <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>
- Rodríguez, A., Gadea, L., Landero, J., & Hernández, A. (2015). Evaluación de tres suplementos alimenticios en la producción de *Apis mellifera* en la Agropecuaria los Potrerillos - Jinotega. *Revista Científica de la UNAN-León*, 6(2), 1-8. <https://doi.org/DOI:10.5377/universitas.v6i2.13867>
- Russo, L., Vaudo, A. D., Fisher, C. J., Grozinger, C. M., & Shea, K. (2019). Bee community preference for an invasive thistle associated with higher pollen protein content. *Oecologia*, 190(4), 901-912. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04462-5>
- Ríos, I., Acosta, E., Samudio, E., Hruska, A., & Gregolin, A. (2018). Beneficios nutricionales, agroecológicos y comerciales de las legumbres. *Revista chilena de nutrición*, 45(1), 8-13. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182018000200008>
- Shankar, M., Gowthami, R., Tripathi, K., Deepak, D. A., Raghavendra, K. V., & Agrawal, A. (2024). Unveiling reproductive biology, phenology, and pollen viability in *Lathyrus* species to enhance crop improvement. *Genetic Resources and Crop Evolution*. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02180-3>
- Shaw, K., Theron, G., Adedoja, O., Bester, C., & Geerts, S. (2023). The importance of wild pollinators for indigenous crop pollination: The case of *Cyclopia* (honeybush). *South African Journal of Botany*, 161, 281-292. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.08.015>
- Shepel, O. L., Aseeva, T. A., Kondrat'eva, A. Y., Khorniyak, M. P., & Gainudinova, N. A. (2023). Screening of Soybean Genetic Diversity for Breeding under Extreme Conditions of the Middle Amur Region. *Russian Agricultural Sciences*, 49(S2), S271-S281. <https://doi.org/10.3103/s1068367423080165>
- Sonmez, E., Kekecoglu, M., Sahin, H., Bozdeveci, A., & Karaoglu, S. A. (2023). Comparing the biological properties and chemical profiling of chestnut bee pollen and bee bread collected from Anatolia. *Brazilian Journal of Microbiology*, 54(3), 2307-2317. <https://doi.org/10.1007/s42770-023-00980-w>
- Souza, E. P., Degrande, P. E., Barbosa, V. O., Alves, V. V., Junior, & Malaquias, J. B. (2023). Temporal dynamics of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) during flowering in indeterminate soybean (*Glycine max*). *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 95(4). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320191214>
- Tawfik, A. I., Ahmed, Z. H., Abdel-Rahman, M. F., & Moustafa, A. M. (2022). Effect of some bee bread quality on protein content and antioxidant system of honeybee workers. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43(1), 93-105. <https://doi.org/10.1007/s42690-022-00888-2>
- Tiong, A., Crawford, S., de Campo, L., Ryukhtin, V., Garvey, C., Batchelor, W., & van 't Hag, L. (2025). Legume protein gelation: The mechanism behind the formation of homogeneous and fractal gels. *Food Hydrocolloids*,

- 159(110639).
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110639>
- Tsuruda, J. M., Chakrabarti, P., & Sagili, R. R. (2021). Honey Bee Nutrition. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 37(3), 505–519.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2021.06.006>
- Torretta, J. P., Basilio, A. M., Haedo, J. P., & Marrero, H. J. (2024). Nesting Biology of *Megachile (Chrysosarus) jenseni* (Hymenoptera: Megachilidae) in Two Contrasting Pampean Agroecosystems: A Potential Pollinator for Alfalfa? *Neotropical Entomology*. <https://doi.org/10.1007/s13744-024-01169-y>
- Vaudo, A. D., Dyer, L. A., & Leonard, A. S. (2024). Pollen nutrition structures bee and plant community interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(3).
<https://doi.org/10.1073/pnas.2317228120>
- Vaudo, A. D., Tooker, J. F., Patch, H. M., Biddinger, D. J., Coccia, M., Crone, M. K., Fiely, M., Francis, J. S., Hines, H. M., Hodges, M., Jackson, S. W., Michez, D., Mu, J., Russo, L., Safari, M., Treanore, E. D., Vanderplanck, M., Yip, E., Leonard, A. S., & Grozinger, C. M. (2020). Pollen protein: lipid macronutrient ratios may guide broad patterns of bee species floral preferences. *Insects*, 11(2), 132.
<https://doi.org/10.3390/insects11020132>
- Vieira, A. L. C., Pataca, L. C., Oliveira, R., & Schlindwein, C. (2024). Fields of flowers with few strikes: how oligolectic bees manage their foraging behavior on *Calibrachoa elegans* (Solanaceae). *The Science of Nature*, 111(3).
<https://doi.org/10.1007/s00114-024-01912-w>
- Wijayati, N., Hardjono, D. S., Rahmawati, M., & Kurniawati, A. (2019). Formulation of winged bean seeds as pollen substitute for outgrowth of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Physics Conference Series*, 1321(2), 022040.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022040>
- Zaluski, R., Bittarello, A. C., Vieira, J. C. S., Braga, C. P., Padilha, P., Fernandes, M., Bovi, T., & Orsi, R. (2020). Modification of the head proteome of nurse honeybees (*Apis mellifera*) exposed to field-relevant doses of pesticides. *Scientific Reports*, 10(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-59070-8>
- Zhang, G., St Clair, A. L., Dolezal, A. G., Toth, A. L., & O'Neal, M. E. (2021). Can Native Plants Mitigate Climate-related Forage Dearth for Honey Bees (Hymenoptera: Apidae)? *Journal Of Economic Entomology*, 115(1), 1-9.
<https://doi.org/10.1093/jee/toab202>