





**Nutrición animal**

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

# Efecto de suplemento proteico sobre la postura y la población de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) comerciales ubicadas en paisaje polifloral

Effect of protein supplement on the posture and population of commercial honey bee (*Apis mellifera*) colony located in landscape polyfloral

 Yhann Vallenas-Sánchez<sup>1\*</sup>  Cesar Eduardo Honorio-Javes<sup>1</sup>  
 Víctor Valdivia-Camargo<sup>2</sup>  Juan Carlos Rodríguez-Soto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

<sup>2</sup> Importaciones Pecuarias S.A.C., Arequipa, Perú.

\*Autor de correspondencia: Yhann Vallenas-Sánchez. Laboratorio de reproducción y sanidad animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. [angelovsanchez@gmail.com](mailto:angelovsanchez@gmail.com)

Recibido: 31 de mayo de 2022  
Aprobado: 23 de enero de 2023  
Publicado: 03 de marzo de 2023

Editor temático: Stefania Gutierrez, Fundación Calima, Cali, Colombia.

Para citar este artículo: Vallenas-Sánchez, Y., Honorio-Javes, C. E., Valdivia-Camargo, V., & Rodríguez-Soto, J. C. (2023). Efecto de suplemento proteico sobre la postura y la población de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) comerciales ubicadas en paisaje polifloral. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2), e3058. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol24\\_num2\\_art:3058](https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:3058)

**Resumen:** El cambio climático y la pérdida de hábitat natural reducen la cantidad y la diversidad de polen, contribuyendo con la desnutrición de las abejas, lo que conlleva a menor postura, disminución en la población de abejas y un bajo desempeño productivo. Ante esta realidad, se utilizan dietas artificiales con el objetivo de reducir el impacto negativo de la escasez de polen. En el presente estudio se escogieron 16 colonias de abejas (*Apis mellifera*) comerciales instaladas en un paisaje polifloral, dichas colonias recibieron dos tratamientos (T0: sin suplemento proteico y T1: con suplemento proteico Prosise®) y ambos tratamientos contenían jarabe de azúcar como estimulante (1 kg azúcar/1 kg de agua) y dos tiras de Wangs®, con 40 mg de tau-fluvalinato por cada tira como preventivo contra varroasis. El uso del suplemento proteico aumentó significativamente ( $p < 0,01$ ) el número de panales con cría ( $11,88 \pm 0,83$ ) y la población de abejas ( $31297,50 \pm 2779,30$ ), respecto a las colonias que no fueron suplementadas ( $9,88 \pm 1,13$ ) y ( $22230,00 \pm 2143,70$ ), respectivamente. Nuestros resultados indican que Prosise® aumenta la cría y la población de colonias de abejas comerciales en paisaje polifloral. Además, se recomienda evaluar la digestibilidad, la vida útil, el efecto sobre la producción de miel y el acopio de polen. Adicionalmente, para una mayor precisión en la formulación de la dieta, se aconseja evaluar el aporte nutricional del polen disponible y cubrir las deficiencias con la dieta artificial, no obstante, es más complicado de realizar en paisajes poliflorales que en cultivos monoflorales.

**Palabras clave:** apicultura, apiaceae, abejas, alimentación complementaria, alimentación de abejas, dieta artificial.

**Abstract:** Climate change and the loss of natural habitat reduce the amount and diversity of pollen, contributing to bee malnutrition, which leads to lower posture, decreased bee population and low productive performance. Faced with this reality, artificial diets are used in order to reduce the negative impact of pollen scarcity. In the present study, 16 colonies of commercial bees (*Apis mellifera*) installed in polyfloral landscape were chosen. These colonies received two treatments (T0: without protein supplement and T1: with Prosise® protein supplement). Both treatments received sugar syrup as a stimulant (1kg sugar/1kg of water) and two strips of Wangs®, with 40mg of tau fluvalinate per strip as a preventive against varroasis. The use of the protein supplement increased significantly ( $p < 0.01$ ) the number of frames with brood ( $11.88 \pm 0.83$ ) and population of bees ( $31297.50 \pm 2779.30$ ) compared to the colonies that were not supplemented ( $9.88 \pm 1.13$ ) and ( $22230.00 \pm 2143.70$ ) respectively. Our results indicate that Prosise® increases the breeding and population of commercial bee colonies in polyfloral landscape. In addition, it is recommended to evaluate digestibility, shelf life, the effect on honey production, pollen collection. In addition, for greater precision in the formulation of the diet, it is advisable to evaluate the nutritional contribution of the available pollen and cover the deficiencies with the artificial diet. However, it is more complicated to carry out in polyfloral landscapes than in monofloral ones.

**Keywords:** beekeeping, *Apis mellifera*, bee, bee feeding, supplementary feeding, nutrition, artificial diet.



## Introducción

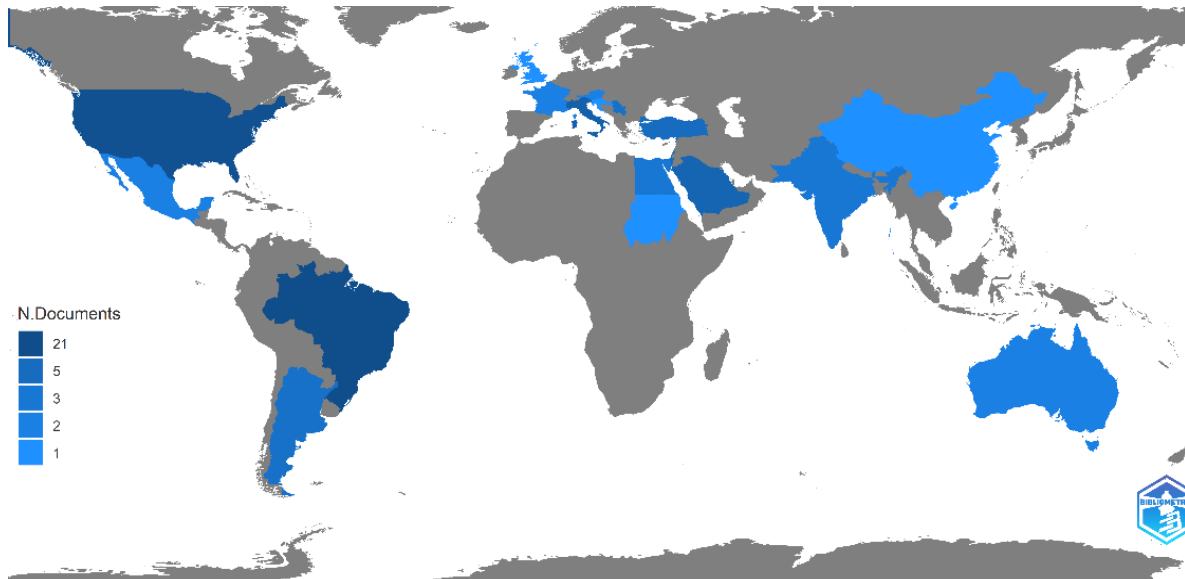
La abeja melífera (*Apis mellifera* L.) tiene un rol importante en la polinización de plantas silvestres y cultivos destinados para el consumo humano (Hristov et al., 2020), se estima que las abejas polinizan el 87,5 % de las plantas (Ollerton et al., 2011). Del mismo modo, las abejas proporcionan miel, polen, pan de abeja y jalea real para la alimentación y la salud humana (Korošec & Bertonec, 2020; Nainu et al., 2021; Bakour et al., 2022). La producción de miel tuvo un crecimiento constante antes de la pandemia por COVID-19 (Attia et al., 2022) y, actualmente, se tienen 94 millones de colmenas registradas en el mundo, donde China es el mayor productor de miel a nivel mundial con 448 mil toneladas FAO/STAT (2022).

El aumento de temperatura en verano, la reducción de precipitaciones (Vercelli et al., 2021; Zhang et al., 2022) y la pérdida del hábitat natural (Naug, 2009; Branchiccela et al., 2019) reducen la diversidad y la cantidad de polen disponible para las abejas. Asimismo, la floración no es constante durante todo el año (DeGrandi-Hoffman et al., 2018) y existen especies florales cuyo polen tiene bajo aporte proteico (Höcherl et al., 2012; Pasquale et al., 2013, 2016; DeGrandi-Hoffman et al., 2021). Adicionalmente, la limitación del traslado de colmenas a zonas geográficas con mayor cantidad y diversidad de floración imposibilita maximizar la producción de miel y suministrar una buena calidad de polen, como ocurrió por la emergencia sanitaria de COVID-19 (Attia et al., 2022). Todo lo anterior contribuye al déficit nutricional de las abejas, el cual conlleva a un menor desarrollo de sus glándulas hipofaríngeas (Pasquale et al., 2016; Ahmad, Khan, Khan & Li, 2021), una menor expresión de vitelogenina (Pasquale et al., 2016), una menor longevidad de las abejas (Wang et al., 2014; Pasquale et al., 2016; Yang et al., 2017), una reducción de la población de la colonia (Mattila & Otis, 2006), un menor desempeño productivo (Ullah et al., 2021) y una mayor susceptibilidad a patógenos (Piou et al., 2018; Negri et al., 2019).

Ante este escenario, se han evaluado diversas dietas artificiales en varios países (figura 1), con la finalidad de cubrir los requerimientos nutricionales de las abejas. Diferenciándose entre estas, los suplementos proteicos (Mortensen et al., 2019) que se utilizan cuando hay ingreso de polen a la colmena cubren parcialmente los requerimientos nutricionales y los sustitutos proteicos, empleados cuando no hay fuente de polen (Noordyke & Ellis, 2021), deben cubrir los requerimientos nutricionales (De Groot, 1953) de las abejas en su totalidad. Asimismo, se han elaborado dietas artificiales con un ingrediente proteico (Sereia et al., 2010; Manning, 2016) y con una mezcla de ingredientes (Lima et al., 2017; Paiva et al., 2019; Tawfik et al., 2020; Ahmad, Khan, Khan, Ghramh et al., 2021; Ullah et al., 2021). Las dietas que mezclan insumos tienden a cubrir de manera más eficiente los requerimientos de proteína, aminoácidos y otros nutrientes, por ello, se han estudiado diversos insumos con distintos niveles de inclusión para formular dietas artificiales. No obstante, Sereia et al. (2010), Ahmad, Khan, Khan, Ghramh et al. (2021), Canché-Collí et al. (2021), Tawfik et al. (2020) y Ullah et al. (2021) no reportaron el aporte de proteína y Li et al. (2012) y Moreira et al. (2021) no reportaron aminoácidos en las dietas.

En cuanto a dietas comerciales, se han reportado niveles de proteína desde 14,7 % hasta 48,5 % (Manning, 2016; Mortensen et al., 2019; Ricigliano et al., 2022) y pocos estudios han reportado los niveles de aminoácidos (Manning, 2016; Ricigliano et al., 2022). De igual manera, escasos trabajos se realizaron en condiciones de crianza comercial (Mortensen et al., 2019; Ahmad, Khan, Khan, Ghramh et al., 2021).

El objetivo del presente trabajo se enfocó en emplear un suplemento proteico comercial, el cual se formuló considerando el aporte de aminoácidos para aumentar la postura y la población de colonias de abejas comerciales ubicadas en paisajes poliflorales, lo cual impacta positivamente en la rentabilidad de las colmenas y la economía de los apicultores, además, favorece los efectos positivos de las abejas en el medioambiente y la salud humana. Según la revisión realizada, nuestro estudio es el primer reporte peruano de dietas artificiales comerciales en la base de datos Scopus. Asimismo, es el tercero a nivel mundial que considera el aporte de aminoácidos.



**Figura 1.** Producción científica entre 2017-2022 por país con un criterio de búsqueda de los términos “*Apis mellifera*”, “honey bee”, “artificial diet”, “nutrition”, “feed”

Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus

## Materiales y métodos

### Ubicación

El presente estudio se realizó durante febrero y abril (verano-otoño) del 2021 en el apiario “Abejas del Norte”, ubicado en el centro poblado Menocucho del distrito de Laredo, a una altura de 764 m s.n.m., bajo condiciones climáticas de la costa peruana durante las estaciones verano-otoño (tabla 1) y en paisaje polifloral con aporte de néctar y polen (tabla 2). Según el historial del apiario, los apicultores tenían 29 años de experiencia y la floración presente era suficiente para el crecimiento y el mantenimiento de las colmenas, mas no para la producción de miel, por lo que los apicultores hacían trashumancia.

## Animales estudio

Se escogieron 16 colonias de abejas (*Apis mellifera*) de un total de 60 colonias comerciales instaladas en el paisaje polifloral, sin signos de enfermedad, las cuales se mantuvieron en colmenas Langstroth estándar. Se cambiaron reinas hijas de línea Mama Ocllo® de un año de edad por reinas carniolas vírgenes de la línea genética Mama Ocllo® después de siete días de orfandad, destruyendo las cúpulas reales que se formaron en ese periodo. Dichas colonias se distribuyeron en dos tratamientos (T0 y T1) de ocho colonias, las cuales fueron uniformizadas según población, panales con cría (sellada y no sellada) y panales de miel. Ambos tratamientos recibieron un litro de jarabe de azúcar (1 kg de azúcar/1 kg de agua), en alimentador de plástico dentro de cada colmena, como estimulante cada catorce días y dos tiras de Wangs® con 40 mg de tau-fluvalinato por cada tira, como preventivo contra varroasis. La diferencia entre tratamientos fue que T0 no recibió suplemento proteico (Prosise®) y T1 sí lo recibió.

**Tabla 1.** Condiciones climáticas durante el estudio

Mes	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
Febrero	27,20	18,31	91,60	0,00
Marzo	27,12	19,54	93,76	0,07
Abril	24,64	17,05	93,33	0,03

Fuente: Senamhi/DRD (2021).

**Tabla 2.** Floración presente en el área de estudio

Nombre común	Nombre científico	Aporte
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Polen y néctar
Charamusco	<i>Encelia farinosa</i>	Polen y néctar
Chilco	<i>Baccharis latifolia</i>	Polen
Pájaro bobo	<i>Tessaria absinthioides</i>	Polen

Fuente: Elaboración propia

## Alimentación

El suplemento proteico semisólido Prosise® se formuló combinando diferentes insumos (levadura de cerveza, proteína aislada de soya, suero de leche, polen polifloral, probióticos, premezcla de vitaminas y minerales y jarabe de azúcar) con el programa Space Animal Nutrition

v. 1.5 para alcanzar un 23 % de proteína cruda (tabla 3). El alimento se suministró a razón de 200 g/colonia cada 14 días (figura 3).

**Tabla 3.** Aporte nutricional del suplemento proteico comercial (Prosise®)

Macronutriente	%
Proteína cruda	23,00
Grasa cruda	1,50
Fibra cruda	1,36
Aminoácidos	%
Leucina	2,64
Arginina	2,49
Lisina	2,08
Histidina	1,95
Valina	1,77
Fenilalanina	1,69
Isoleucina	1,64
Treonina	1,33
Metionina	0,58
Triptófano	0,47

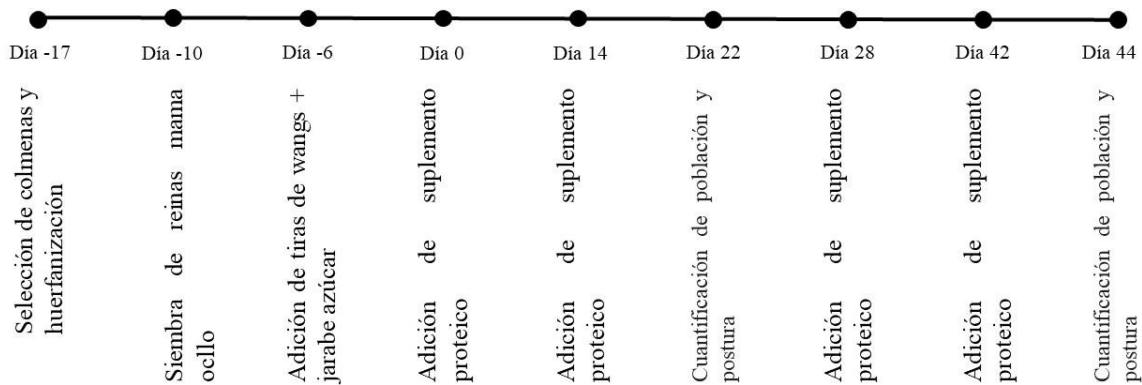
Fuente: Elaboración propia

### Estimación de la población de abejas nodrizas

La población media de abejas melíferas se midió por el número de panales cubiertos con abejas. La población de abejas melíferas adultas se estimó cada 22 días (figura 2) a las 10 a. m., midiendo el número total de panales completamente cubiertos por abejas. Por inspección visual, se consideró que un panal completamente cubierto de cada lado tenía 2430 abejas según Delaplane et al. (2013).

### Estimación de la postura

La postura de la reina se midió cada 22 días a las 10 a. m., por el número de panales con celdas abiertas (de huevo a larva) y selladas (de pupa a adulto) y estos panales con cría se cuantificaron cada 22 días (figura 2).



**Figura 2.** Diagrama metodológico y cronograma del estudio

Fuente: Elaboración propia

### Análisis estadístico

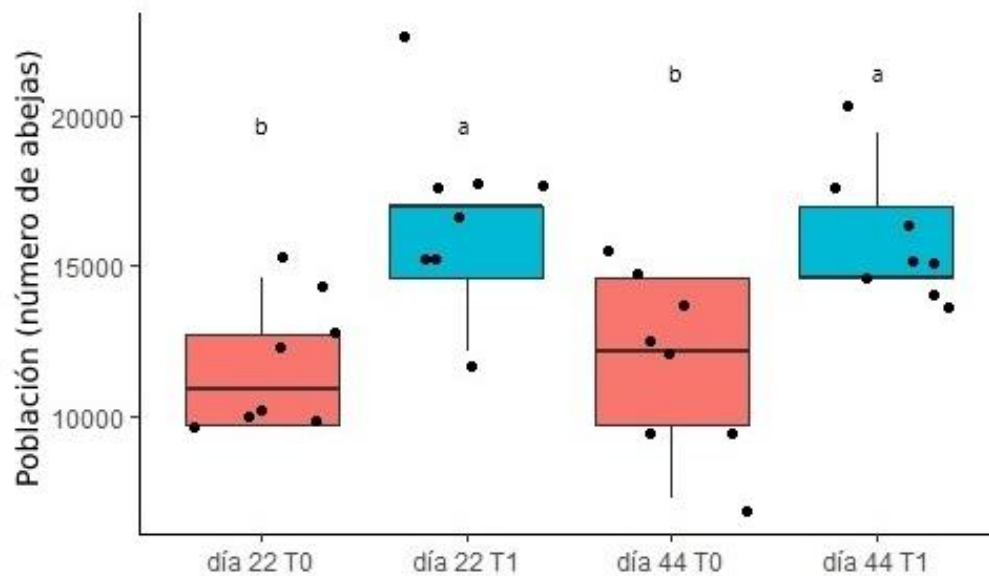
El área de cría de obreras selladas y la población de abejas melíferas se compararon entre los tratamientos. Los resultados se calcularon como (media  $\pm$  error estándar) por el *software* R Studio (versión 2022.02.0) y la diferencia significativa se estimó usando la prueba t de Student entre dos grupos independientes.

### Resultados

Los factores climatológicos en el periodo de nuestro estudio se encontraron dentro de lo aceptable, sin embargo, el cambio de estación (verano-otoño) que es acompañado con menos horas de luz pudo acentuar los efectos de la pasta proteica. Del mismo modo, anteriormente se describió que el aumento de la humedad relativa puede reducir el pecoreo de las abejas (Clarke & Robert, 2018), lo cual pudo tener un efecto aditivo al del suplemento proteico. Respecto a la floración presente en el área de estudio, esta fue suficiente para el mantenimiento y el desarrollo de las colmenas, pero no para la cosecha de miel o polen.

#### Estimación de la población de abejas nodrizas

En la figura 4 se evidencia que la población de colonias de abejas comerciales alojadas en paisaje polifloral difirió estadísticamente en los días 22 y 44 del estudio ( $p = 0,0017$  y  $p = 0,0044$ ), entre el grupo al que se le suministró suplemento proteico ( $16402,5 \pm 1000,86$  y  $15795,0 \pm 649,44$ ) y el grupo control ( $11542,5 \pm 761,54$  y  $11846,25 \pm 967,38$ ).



**Figura 4.** Efecto de suplemento proteico sobre la población de abejas en paisaje polifloral (febrero-abril). Notas aclaratorias: Los datos con letras diferentes indican una diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) por la prueba t de Student, donde T0: jarabe de azúcar y T1: jarabe de azúcar + suplemento proteico (200 g/15 días).

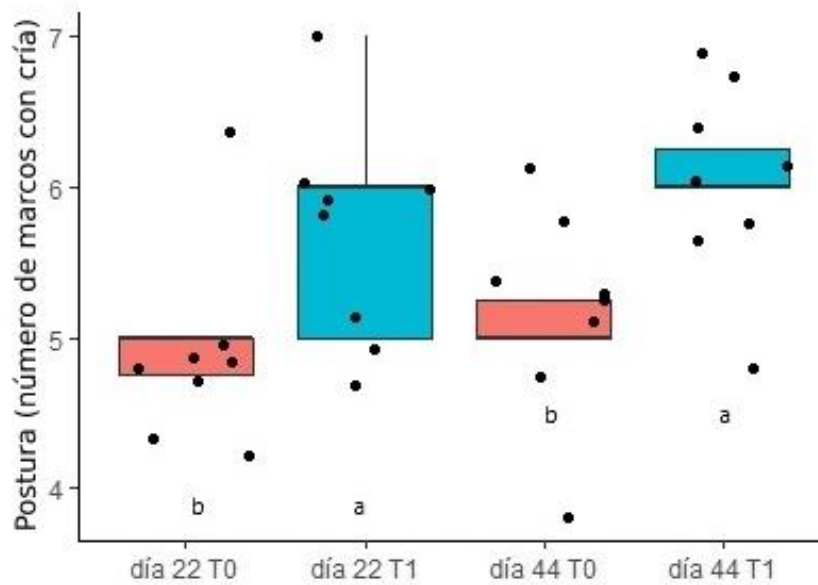
Fuente: Elaboración propia

### Estimación de la postura

En la figura 3 se muestra que en los días 22 y 44 del estudio, el uso del suplemento proteico aumentó significativamente ( $p = 0,0213$  y  $p = 0,0075$ ) el número de panales con postura ( $5,75 \pm 0,25$  y  $6,13 \pm 0,23$ ) en colonias de abejas comerciales alojadas en paisaje polifloral, respecto a las colonias que no fueron suplementadas ( $4,88 \pm 0,23$  y  $5,13 \pm 0,23$ ).

### Discusión

El nivel de proteína en la dieta está relacionado directamente con el tamaño de las glándulas hipofaríngeas de las abejas nodrizas (Omar et al., 2017; Camilli et al., 2021), dado que dichas glándulas se encargan de producir jalea real para alimentar a la reina y las larvas (Ahmad, Khan, Khan & Li, 2021), por lo que es posible que esto haya incrementado tanto la postura de la reina como el nivel de proteína en hemolinfa (De Jong et al., 2009) de las abejas obreras, algo que está estrechamente relacionado con el tiempo de vida (Manning, 2016). Así, lo anterior puede explicar el incremento en población y panales con cría.



**Figura 3.** Efecto de suplemento proteico sobre la postura en paisaje polifloral (febrero - abril)  
 Notas aclaratorias: Los datos con letras diferentes indican una diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) por la prueba t de Student, donde T0: jarabe de azúcar y T1: jarabe de azúcar + suplemento proteico (200 g/15 días).

Fuente: Elaboración propia

Nuestros resultados concuerdan con Ricigliano et al. (2022), quienes compararon el aporte de proteína y aminoácidos esenciales (AAE) de diversas dietas comerciales y demostraron que el aporte de aminoácidos es más importante que el aporte proteico. El porcentaje de leucina de la dieta evaluada en nuestro estudio representa el 15,87 % de los AAE totales, cumpliendo con lo descrito por Ricigliano et al. (2022), donde se estableció que la leucina debe representar el 16 % del total de AAE presentes en la dieta.

Además, Tawfik et al. (2020) reportaron que un suplemento a base de levadura de cerveza, soya, suero de leche y polen de palmera incrementó ( $p < 0,05$ ) el área de cría ( $557,73 \text{ cm}^2/\text{colonia}$ ) y la población ( $8779,17$  abejas/colonia) de la colonia. De igual modo, Ricigliano et al. (2022) compararon seis dietas artificiales y obtuvieron una mayor población ( $6,40$  panales/colonia) de abejas con las dietas que contenían polen en su formulación. En cuanto a pruebas en colonias comerciales, Ahmad, Khan, Khan, Ghramh et al. (2021) evaluaron diversas dietas artificiales, las cuales aumentaron significativamente ( $p < 0,05$ ) el área de cría ( $227,29 \text{ cm}^2/\text{colonia}$ ) y la población ( $14,54$  panales poblados/colonia) respecto al control (sin dieta artificial) y reportaron mejores resultados con la fórmula compuesta por soya, levadura de cerveza, azúcar en polvo, leche desnatada, polen y jarabe de azúcar. En contraste, Mortensen et al. (2019) reportaron que no existió diferencia estadística significativa ( $p > 0,05$ ) entre el tratamiento control y los tratamientos con dietas artificiales en colmenas comerciales con *Nosema* spp.

Por otro lado, puesto que algunas especies florales carecen de ciertos aminoácidos, los suplementos deberían personalizarse según el polen disponible, con el objetivo de cubrir esas



deficiencias y reducir los costos de alimentación, sin embargo, no es tan factible en paisajes poliflorales por la gran variedad de polen y el poco o nulo conocimiento sobre su aporte de aminoácidos. Dadas estas limitaciones, esta estrategia puede utilizarse en la polinización de monocultivos. Finalmente, las dietas artificiales no deben limitarse en la cantidad de aminoácidos, sino enfocarse en su digestibilidad.

## Conclusiones

Nuestros resultados indican que la suplementación proteica enfocada en aminoácidos aumenta significativamente la cría y la población de colonias comerciales en paisaje polifloral. Para futuros estudios, se recomienda evaluar la digestibilidad de los aminoácidos de la dieta artificial y, de igual modo, evaluar el efecto del suplemento sobre la producción de miel, acopio de polen, vitelogenina, proteína en hemolinfa y microbiota intestinal. En adición, para una mayor precisión en la formulación de la dieta, se aconseja evaluar el aporte nutricional del polen disponible y cubrir las deficiencias con la dieta artificial en polinización de cultivos monoflorales.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Remberta Bermudez Bellina y Fernando Cabrera Jara por facilitar las colmenas y las instalaciones del apiario Abejas del Norte y su asesoría en el manejo de estas para realizar el presente estudio.

## Contribución de los autores

Yhann Vallenás-Sánchez: registro de la información en campo, construcción de bases de datos, análisis de información y elaboración de manuscrito; Cesar Eduardo Honorio Javes: concepción y diseño del estudio, supervisión de actividades, análisis de información y formulación del suplemento proteico Prosise®; Víctor Valdivia Camargo: elaboración del proyecto para acceso a recursos económicos de Innóvate Perú, concepción y diseño del estudio y fabricación del suplemento proteico Prosise®; Juan Carlos Rodríguez-Soto: análisis de información y elaboración de manuscrito.

## Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

## Conflictos de intereses

Cesar Eduardo Honorio Javes es asesor externo en nutrición de la empresa Inpork S. A. C. y Víctor Valdivia Camargo fabrica y distribuye Prosise®. La empresa comercializa el suplemento proteico (Prosise®) y tau-fluvalinato (Wangs®).

## Financiamiento

El presente estudio fue financiado por Fidecom-Innóvate Perú, bajo el código de registro del proyecto PVE-7-P-076-20.

## Referencias

- 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), e0258430. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258430>
- Ahmad, S., Khan, S. A., Khan, K. A., & Li, J. (2021). Novel insight into the development and function of hypopharyngeal glands in honey bees. *Frontiers in Physiology*, *11*, 615830. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.615830>
- Attia, Y. A., Giorgio, G. M., Addeo, N. F., Asiry, K. A., Piccolo, G., Nizza, A., Di Meo, C., Alanazi, N., Al-qurashi, A., Abd El-Hack, M., Khafaga, A., & Bovera, F. (2022). COVID-19 pandemic: Impacts on bees, beekeeping, and potential role of bee products as antiviral agents and immune enhancers. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(7), 9592-9605. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17643-8>
- Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaid, D., El Ghouizi, A., Es-Safi, I., Mechchate, 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. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11020203>
- Branchiccela, B., Castelli, L., Corona, M., Díaz-Cetti, S., Invernizzi, C., Martínez, G., Mendoza, Y., Santos, E., Silva, C., Zunino, P., & Antúnez, K. (2019). Impact of nutritional stress on the honeybee colony health. *Scientific Reports*, *9*(1), 10156. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46453-9>
- Camilli, M. P., Barros, D. C., Justulin, L. A., Tse, M. L., & Orsi, R. O. (2021). Protein feed stimulates the development of mandibular glands of honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Apicultural Research*, *60*(1), 165-171. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1778922>
- Canché-Collí, C., Estrella-Maldonado, H., Medina-Medina, L. A., Moo-Valle, H., Calvo-Irabién, L. M., Chan-Vivas, E., Rodríguez, R., & Canto, A. (2021). Effect of yeast and essential oil-enriched diets on critical determinants of health and immune function in africanized *Apis mellifera*. *PeerJ*, *9*, e12164. <https://doi.org/10.7717/peerj.12164>

- Clarke, D., & Robert, D. (2018). Predictive modelling of honey bee foraging activity using local weather conditions. *Apidologie*, 49(3), 386-396. <https://doi.org/10.1007/s13592-018-0565-3>
- De Groot, A. P. (1953). Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Physiologia Comparata Oecologia*, 3, 197-285.
- De Jong, D., da Silva, E. J., Kevan, P. G., & Atkinson, J. L. (2009). Pollen substitutes increase honey bee haemolymph protein levels as much as or more than does pollen. *Journal of Apicultural Research*, 48(1), 34-37. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.48.1.08>
- DeGrandi-Hoffman, G., Corby-Harris, V., Carroll, M., Toth, A. L., Gage, S., Watkins deJong, E., Graham, H., Chambers, M., Meador, C., & Obernesser, B. (2021). The importance of time and place: nutrient composition and utilization of seasonal pollens by european honey bees (*Apis mellifera* L.). *Insects*, 12(3), 235. <https://doi.org/10.3390/insects12030235>
- DeGrandi-Hoffman, G., Gage, S. L., Corby-Harris, V., Carroll, M., Chambers, M., Graham, H., Watkins, E., Hidalgo, G., Calle, S., Azzouz-Olden, F., Meador, C., Snyder, L., & Ziolkowski, N. (2018). Connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional needs of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Journal of Insect Physiology*, 109, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2018.07.002>
- Delaplane, K. S., van der Steen, J., & Guzman-Novoa, E. (2013). Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-12. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.1.03>
- FAO/STAT. (2022). *Crops and livestock products*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Höcherl, N., Siede, R., Illies, I., Gätschenberger, H., & Tautz, J. (2012). Evaluation of the nutritive value of maize for honey bees. *Journal of Insect Physiology*, 58(2), 278-285. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.12.001>
- Hristov, P., Neov, B., Shumkova, R., & Palova, N. (2020). Significance of apoidea as main pollinators. ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*, 12(7), 280. <https://doi.org/10.3390/d12070280>
- Korošec, M., & Bertonec, J. (2020). The importance of bee products in human nutrition. *Acta agriculturae Slovenica*, 115(2), 223-235. <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.2.632>
- Li, C., Xu, B., Wang, Y., Feng, Q., & Yang, W. (2012). Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (*Apis mellifera* Ligustica). *Apidologie*, 43(5), 576-586. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0126-0>
- Lima, M. V., Soares, K. O., & Evangelista-Rodrigues, A. (2017). Complexo enzimático na alimentação artificial de abelhas africanizadas. *Archivos de Zootecnia*, 66(255), 413-418. <https://doi.org/10.21071/az.v66i255.2518>
- Manning, R. (2016). Artificial feeding of honeybees based on an understanding of nutritional principles. *Animal Production Science*, 58(4), 689-703. <https://doi.org/10.1071/AN15814>
- Mattila, H. R., & Otis, G. W. (2006). Influence of pollen diet in spring on development of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. *Journal of Economic Entomology*, 99(3), 604-613. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.3.604>
- Moreira, I. R., Barros, D. C., Lunardi, J. S., & Orsi, R. O. (2021). Effect of protein supplementation in the bee *Apis mellifera* L. exposed to the agrochemical fipronil. *Sociobiology*, 68(3), e5830-e5830. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v68i3.5830>
- Mortensen, A. N., Jack, C. J., Bustamante, T. A., Schmehl, D. R., & Ellis, J. D. (2019). Effects of supplemental pollen feeding on honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony strength and *Nosema* spp. infection. *Journal of Economic Entomology*, 112(1), 60-66. <https://doi.org/10.1093/jee/toy341>

- Nainu, F., Masyita, A., Bahar, M. A., Raihan, M., Prova, S. R., Mitra, S., Bin Emran, T., & Simal-Gandara, J. (2021). Pharmaceutical prospects of bee products: special focus on anticancer, antibacterial, antiviral, and antiparasitic properties. *Antibiotics*, *10*(7), 822. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070822>
- Naug, D. (2009). Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biological Conservation*, *142*(10), 2369-2372. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.04.007>
- Negri, P., Villalobos, E., Szawarski, N., Damiani, N., Gende, L., Garrido, M., Maggi, M., Quintana, S., Lamattina, L., & Eguaras, M. (2019). Towards precision nutrition: a novel concept linking phytochemicals, immune response and honey bee health. *Insects*, *10*(11), 401. <https://doi.org/10.3390/insects10110401>
- Noordyke, E. R., & Ellis, J. D. (2021). Reviewing the efficacy of pollen substitutes as a management tool for improving the health and productivity of western honey bee (*Apis mellifera*) Colonies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.772897>
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, *120*(3), 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Omar, E., Abd-Ella, A. A., Khodairy, M. M., Moosbeckhofer, R., Crailsheim, K., & Brodschneider, R. (2017). Influence of different pollen diets on the development of hypopharyngeal glands and size of acid gland sacs in caged honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, *48*(4), 425-436. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0487-x>
- Paiva, J. P., Esposito, E., de Moraes, G. I., Franco, T. M., & Moraes, M. M. (2019). Effects of ensiling on the quality of protein supplements for honey bees *Apis mellifera*. *Apidologie*, *50*(4), 414-424. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00661-4>
- Pasquale, G.D., Alaux, C., Conte, Y.L., Odoux, J.-F., Pioz, M., Vaissière, B.E., et al., (2016). Variations in the availability of pollen resources affect honey bee health. *PLOS ONE*, *11*(9), e0162818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162818>
- Pasquale, G. D., Salignon, M., Conte, Y. L., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Suchail, S., Brunet, & 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>
- Piou, V., Tabart, J., Hemptinne, J. L., & Vétillard, A. (2018). Effect of pollen extract supplementation on the varroa tolerance of honey bee (*Apis mellifera*) larvae reared *in vitro*. *Experimental and Applied Acarology*, *74*(1), 25-41. <https://doi.org/10.1007/s10493-017-0198-7>
- Ricigliano, V. A., Williams, S. T., & Oliver, R. (2022). Effects of different artificial diets on commercial honey bee colony performance, health biomarkers, and gut microbiota. *BMC Veterinary Research*, *18*(1), 52. <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03151-5>
- Senamhi/DRD. (2021). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Sereia, M. J., de Toledo, V. V., Faquinello, P., Costa-Maia, F. M., de Castro, S. E., Ruvolo-Takasukuki, M. C., & Furlan, A. C. (2010). Lifespan of Africanized honey bees fed with various proteic supplements. *Journal of Apicultural Science*, *54*(2), 37-49. [https://www.academia.edu/10974478/LIFESPAN\\_OF\\_AFRICANIZED\\_HONEY\\_BEES\\_FED\\_WITH\\_VARIOUS\\_PROTEIC\\_SUPPLEMENTS](https://www.academia.edu/10974478/LIFESPAN_OF_AFRICANIZED_HONEY_BEES_FED_WITH_VARIOUS_PROTEIC_SUPPLEMENTS)
- Space Animal Nutrition. (2021). *Space Animal Nutrition*. <https://www.spaceanimalnutrition.com/>

- Tawfik, A. I., Ahmed, Z. H., Abdel-Rahman, M. F., & Moustafa, A. M. (2020). Influence of winter feeding on colony development and the antioxidant system of the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 59(5), 752-763. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1752456>
- Ullah, A., Shahzad, M. F., Iqbal, J., & Baloch, M. S. (2021). Nutritional effects of supplementary diets on brood development, biological activities and honey production of *Apis mellifera* L. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 6861-6868. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.07.067>
- Vercelli, M., Novelli, S., Ferrazzi, P., Lentini, G., & Ferracini, C. (2021). A qualitative analysis of beekeepers' perceptions and farm management adaptations to the impact of climate change on honey bees. *Insects*, 12(3), 228. <https://doi.org/10.3390/insects12030228>
- Wang, H., Zhang, S. W., Zeng, Z. J., & Yan, W. Y. (2014). Nutrition affects longevity and gene expression in honey bee (*Apis mellifera*) workers. *Apidologie*, 45(5), 618-625. <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0276-3>
- Yang, W., Tian, Y., Han, M., & Miao, X. (2017). Longevity extension of worker honey bees (*Apis mellifera*) by royal jelly: Optimal dose and active ingredient. *PeerJ*, 5, e3118. <https://doi.org/10.7717/peerj.3118>
- Zhang, G., St. Clair, A. L., Dolezal, A. G., Toth, A. L., & O'Neal, M. E. (2022). 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>