



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 24/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>

Páginas: 77 - 85
Recibido 14/12/2025; Aceptado 23/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.190>

Edición Especial: Cosmovisión Andina –2025

Autores:

1. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0004-7585-389X> Edward Condori Puma, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221068@unamba.edu.pe
2. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0000-2459-7014> Guisela Sherly Estrada Aroni, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221073@unamba.edu.pe
3. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0006-9210-6612> Yudith Sharmely Benito Soria, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 231006@unamba.edu.pe
4. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0001-5166-1031> José Wilmar Espinoza Borda, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 231015@unamba.edu.pe
5. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0005-6231-7913> Valery Ponce Valer, estudiante de pre grado de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221034@unamba.edu.pe
6. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0001-4957-8925> Jorge Beltrán Mendoza Cáceres, docente de la Universidad Nacional de Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221034@unamba.edu.pe

acid (EAA) profile. With this data, the amino acid quality will be calculated using the ISO 24382:2023 standard to identify the limiting amino acid. The results are expected to provide the necessary scientific evidence to value Lambrama pollen, promoting its recognition as a strategic nutritional resource and boosting the economic development of beekeepers in the region.

Keywords: Bee pollen, *Apis mellifera*, protein quality, amino acid profile, proximate analysis.

Caracterización proximal y perfil de aminoácidos del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con el perfil palinológico de Lambrama, Apurímac: como un potencial recurso nutricional

Proximate characterization and amino acid profile of bee pollen (*Apis mellifera*) in relation to the palynological profile of Lambrama, Apurímac: as a potential nutritional resource

Edward Condori Puma¹, Guisela Sherly Estrada Aroni², Yudith Sharmely Benito Soria³, José Wilmar Espinoza Borda⁴, Valery Ponce Valer⁵ y Jorge B. Mendoza Cáceres⁶

Resumen. El presente trabajo es la descripción de un poster científico que participará en el FERCYT 2025, aborda la subvaloración del polen apícola (*Apis mellifera*) en el distrito de Lambrama - Apurímac. Actualmente este recurso se comercializa sin sustento científico respecto a su calidad nutricional. El objetivo general de esta investigación es determinar la calidad proteica y el perfil de aminoácidos del polen de Lambrama, vinculándolo a su origen botánico. La metodología propuesta es de tipo descriptivo-analítico. Se recolectarán muestras de polen en una temporada de floración determinada, las cuales se someterán a análisis palinológico, análisis proximal por métodos de la asociación de químicos analíticos oficiales (AOAC) y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para cuantificar el perfil de aminoácidos esenciales (AAE). Con estos datos, se calculará la calidad de aminoácidos usando el patrón ISO24382:2023. para identificar el aminoácido limitante. Se espera que los resultados provean la evidencia científica necesaria para valorizar el polen de Lambrama, promoviendo su reconocimiento como un recurso nutricional estratégico y potenciando el desarrollo económico de los productores apícolas de la región.

Palabras clave: Polen apícola, *Apis mellifera*, calidad proteica, perfil de aminoácidos, análisis proximal.

Abstract. This paper describes a scientific poster that will be presented at FERCYT 2025, addressing the undervaluation of bee pollen (*Apis mellifera*) in the Lambrama district of Apurímac. Currently, this resource is commercialized without scientific support regarding its nutritional quality. The general objective of this research is to determine the protein quality and amino acid profile of Lambrama pollen, linking it to its botanical origin. The proposed methodology is descriptive-analytical. Pollen samples will be collected during a specific flowering season and subjected to palynological analysis, proximate analysis using methods from the Association of Official Analytical Chemists (AOAC), and high-performance liquid chromatography (HPLC) to quantify the essential amino

1 Introducción

La región de Apurímac posee una biodiversidad y un potencial agropecuario significativo; sin embargo, enfrenta desafíos crónicos de seguridad alimentaria y anemia [1]. Paralelamente, la apicultura regional ha sido tradicionalmente subvalorada, orientándose sobre todo a la extracción de miel y relegando productos de alto valor nutricional como el polen apícola.

El polen es reconocido por su alta concentración en proteínas [2], pero su verdadero valor nutricional reside en la calidad de dicha proteína [3], definida por su perfil de aminoácidos esenciales (AAE) y su digestibilidad. Esta composición es un reflejo directo de la flora local [4]. Es así que, en el distrito de Lambrama, el polen deriva de un ecosistema altoandino único, pero hoy en día se comercializa sin criterios técnicos, con base en el peso y no en su calidad nutricional [5]. El eje del problema es la ausencia de datos publicados que caractericen el contenido proteico y perfil de aminoácidos del polen proveniente de la floración del distrito de Lambrama, lo cual ocasiona una subvaloración nutricional y económica del producto. Esta ausencia, limita que los apicultores accedan al mercado de productos apícolas en base a las propiedades nutricionales del polen e impide que este sea recomendado técnicamente en estrategias de diversificación dietética para coadyuvar en la mejora en la alimentación de la población y regional.

La falta de información confiable y verídica acerca del polen apícola genera dos consecuencias negativas:

- Desaprovechamiento nutricional: Apurímac enfrenta desafíos persistentes como la anemia y desnutrición crónica proteica. [1] El polen, es un candidato ideal para complementar dietas deficientes [6], dada su alta concentración proteica. No obstante, en la nutrición humana, la síntesis de proteínas funcionales depende de un perfil de aminoácidos esenciales (AAE) del alimento consumido [7]. La ausencia de la información proximal, AAE y el aminoácido limitante del polen Lambramino, imposibilita la recomendación técnica en estrategias de diversificación dietética.
- Subvaloración económica: Los apicultores locales no pueden acceder a mercados diferenciados (productos con beneficios nutricionales comprobados) porque carecen de la evidencia científica (certificados de composición) que respalden la calidad de su producto.

Los recientes avances en el desarrollo de normas destinadas a describir las propiedades y establecer estándares de calidad del polen apícola representan un aporte importante para evaluar su valor nutricional y ofrecer respaldo técnico a los apicultores. Sin embargo, a pesar de la existencia de estas normas, en la actualidad no se dispone de una caracterización detallada del contenido proximal ni del perfil de aminoácidos esenciales (AAE) del polen apícola en la región.

Si bien se cuenta con una población considerable de apicultores en Apurímac, que buscan acceder a mercados más exigentes, carecen de sustento técnico y científico que contribuya a la valoración de sus productos, en específico del polen apícola.

Por ello, esta investigación tiene como propósito determinar la caracterización proximal y perfil de aminoácidos del polen apícola de Lambrama, identificando, además, su perfil palinológico para confirmar su origen botánico. La investigación incluye la determinación proximal a través de métodos gravimétricos estandarizados y la determinación del perfil de aminoácidos comparado con la muestra patrón de Amino Acid Score (AAS) según la norma ISO24382:2023.

2 Marco teórico

Según Saša Prdun para el 2021 no existía ningún estudio sistemático sobre la caracterización química del polen apícola [8]. No obstante, para el 2023 la organización Internacional de Normalización (ISO) norma las especificaciones técnicas del polen de abeja con la ISO24382:2023, donde se plantea las propiedades nutricionales necesarias para reconocer al polen apícola como producto nutricional de alta calidad.

Tabla1. Rango de Composición Proximal del Polen Apícola en regiones montañosas (g/100 g)

Componente	Rango Reportado (%) multifloral	Rango Reportado (%) Unifloral
Humedad	17.34 ± 0.05	17.63 ± 0.05
Ceniza	2.33 ± 0.01	2.46 ± 0.01
Proteínas	18.09 ± 0.18	19.33 ± 0.28

Lípidos totales	10.60 ± 0.21	11.76 ± 0.13
Azúcares totales	45.42 ± 1.01	45.80 ± 0.60
Fructosa	17.68 ± 0.36	18.82 ± 0.19
Glucosa	14.66 ± 0.59	15.60 ± 0.32
Sacarosa	9.72 ± 0.22	8.54 ± 0.29
Maltosa	2.94 ± 0.17	2.49 ± 0.11
Melecitosa	0.38 ± 0.02	0.27 ± 0.03
Rafinosa	0.16 ± 0.04	0.15 ± 0.05

Fuente: Saša Prdun, Caracterización del polen de abeja: propiedades fisicoquímicas, composición del espacio de cabeza y perfiles espectrales FTIR.

Al igual que la tabla 1 [8] existen muchas investigaciones científicas dando énfasis al estudio y la importancia de las propiedades nutricionales del polen, mismo interés se refleja en la región de Apurímac [9].

3 Antecedentes

Diversos estudios internacionales han evidenciado el alto valor biológico y nutricional del polen apícola, destacando su potencial como fuente proteica natural y su relevancia tanto en la nutrición humana como en la apícola. En Arabia Saudita [10], se analizó el polen apícola de alfalfa, palma datilera, colza, calabaza de verano y girasol, el polen de alfalfa presentó 20,23 g/100 g de proteína cruda y 12,51 g/100 g de aminoácidos totales, mientras que el de palma datilera mostró 42,87% de aminoácidos esenciales, confirmando que la composición proteica depende del origen floral. De manera similar, en Uruguay [11] se comprobó que la calidad proteica del polen varía según la diversidad floral disponible, con contenidos de proteína cruda entre 14,5 % y 41,5 %, lo que garantiza una alimentación equilibrada para las colonias. En Venezuela [12], el análisis químico y fisicoquímico del polen apícola permitió establecer una base de datos para su control de calidad, encontrando que el polen amarillo presentó un 37,32 % de proteínas. Asimismo, investigaciones en Portugal [13] demostraron que la digestibilidad proteica promedio fue del 69 % para el polen, reforzando su valor como suplemento natural de alta calidad.

Por su parte, estudios nacionales han resaltado la calidad nutricional y diversidad botánica del polen apícola peruano. En regiones de la selva central [14], se reportaron contenidos proteicos entre 32,35 % y 42,44 %, siendo el polen de Oxapampa el de mayor valor, lo que evidencia su potencial como fuente natural de proteínas. En Lambayeque [15], la incorporación de polen en dietas de cuyes en etapa de engorde mejoró el aprovechamiento del alimento y el aumento de peso, demostrando su aplicabilidad en la nutrición animal. De igual manera, estudios realizados en El Cafetal, Cayaltí [16], identificaron especies florales dominantes como *Acacia macracantha* y *Prosopis pallida*, con contenidos proteicos entre 13,7 % y 17,3 %. Finalmente, en Ayacucho [17], se caracterizó el polen de 83 especies agrupadas en 33 familias, destacando la diversidad morfológica y estacional de las especies preferidas por *Apis mellifera*, como *Brassica campestris*, *Schinus molle* y *Eucalyptus globulus*. En conjunto, estos estudios reafirman la variabilidad botánica y el valor nutricional del polen apícola nacional, aportando bases científicas para su caracterización y aprovechamiento como recurso alimenticio.

4 Planteamiento del problema

La investigación parte de la subvaloración nutricional y económica del polen apícola en el distrito de Lambrama, Apurímac, el cual se comercializa actualmente sin sustento científico ni criterios técnicos, basándose únicamente en el peso y no en su calidad. Esta situación genera un desaprovechamiento de un recurso con alto potencial para combatir problemas regionales como la anemia y la desnutrición crónica, debido a la ausencia de datos publicados sobre su contenido proteico, perfil de aminoácidos esenciales y la identificación de sus aminoácidos limitante. Ante este panorama, el estudio busca responder a la interrogante general sobre cuál es la caracterización proximal y el perfil de aminoácidos del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con el perfil palinológico en el distrito de Lambrama, como base para su valoración como un recurso nutricional. Específicamente se cuestiona cuál es su composición palinológica y proximal, que calidad tiene su perfil de aminoácidos en comparación con los estándares ISO 24382:2023, y qué características debe poseer para satisfacer las necesidades del mercado consumidor como un subproducto con potencial alimenticio.

5 Objetivos

El objetivo general de este estudio es determinar la caracterización proximal y el perfil de aminoácidos del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con el perfil palinológico en el distrito de Lambrama, con el fin de valorizarlo como un recurso nutricional estratégico en la región de Apurímac. Para alcanzar esta meta, se ha planteado objetivos específicos que incluyen la identificación de composición botánica mediante el análisis de granos de polen y la determinación de su composición proximal (humedad, cenizas, proteínas y grasas). Asimismo, la investigación se propone analizar detalladamente el perfil de aminoácidos y calcular el valor del Amino Acid Score (AAS) frente a los parámetros solicitados por la ISO 24382:20223 para identificar el aminoácido limitante.

Finalmente se busca identificar las características técnicas y nutricionales necesarias para que el polen sea reconocido como un insumo con potencial alimenticio que responda a las demandas del consumidor y fortalezca la economía de los productores apícolas de Apurímac.

6 Método

El estudio seguirá un tipo de investigación básica de nivel descriptivo-analítico, porque se basa en la caracterización y análisis de variables con un enfoque cuantitativo comparativo por ser una investigación no experimental. La metodología se enfocará en medir y caracterizar la composición proximal, perfil AAE y perfil palinológico del polen Apícola de Lambrama, buscando preservar su estado natural. Finalmente, mediante procedimientos analítico se establecerá relaciones entre estas variables y comparará los resultados de AAS con el patrón muestral ISO24382:2023.

6.1 Población y muestra

El total poblacional del polen apícola corbicular será recolectado de colmenas de *Apis mellifera* durante las temporadas de primavera y verano en el distrito de Lambrama. Se utilizará un muestreo no probabilístico intencional de dos etapas, seleccionando treinta apiarios como muestra (N=30) de una población total de 96 apicultores representativos de las zonas agroecológicas de Lambrama 20 apicultores (N=6), Caype 23 apicultores (N=7), Siusay 12 apicultores (N=4), Atancama 15 apicultores (N=5), Marjuni 10 apicultores (N=3), Pichiua 16 apicultores (N=5) del distrito. Se seleccionaron un total de treinta apicultores y se instalarán trampas de polen. El polen recolectado de tres colmenas de cada apicultor se mezclará para formar una muestra compuesta (pool) por apiario formando un total de N=30 muestras compuestas. Este tipo de muestreo permite asegurar que la muestra compuesta capte las variaciones en el perfil palinológico y proximal.

Figura 1. Sectorización de área de aplicación de estudio



6.2 Técnicas e Instrumentos

Técnicas: Muestreo en campo mediante trampas de polen; análisis palinológico (Acetólisis, Microscopía Óptica), la determinación proximal utilizara los métodos oficiales de la Asociación Internacional de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). La proteína cruda se cuantificará mediante el método Kjeldahl (AOAC 984.13), empleando el factor de conversión N x 6.25, se detallan también: humedad (AOAC 934.01), cenizas (AOAC 942.05), grasa o extracto etérico (AOAC 920.39), cuantificación de aminoácidos por métodos de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) y Análisis de Mercado (Análisis documental).

Instrumentos y Equipos: Trampas de polen, GPS, refrigerador, Fichas de recolección, Microscopio óptico, equipo Kjeldahl, mufla, estufa, balanza analítica, equipo Soxhlet, equipo HPLC, estándares de aminoácidos, software estadístico.

Compromiso de Apicultores: Para la ejecución del estudio del perfil palinológico y de aminoácidos de los productos apícolas, se solicitará a los apicultores seleccionados la firma de una Carta de Compromiso que formalizará su participación en el proyecto de investigación.

Mediante este documento, los productores declararán su plena conformidad voluntaria para el uso de las muestras de productos apícolas recolectadas en sus respectivas zonas de trabajo, así como su disposición a colaborar activamente en la obtención de cualquier información adicional que sea necesaria para llevar a cabo el análisis.

Análisis Estadístico: Se utilizará estadística descriptiva (medias, desviación estándar, rangos) para presentar los resultados de los perfiles (palinológico, proximal, aminoácidos esenciales). El cálculo del aminoácido esenciales (AAS) se realizará mediante la fórmula estándar. El análisis principal será descriptivo-comparativo, contrastando los valores de Lambrama con los estándares reportados en la literatura.

Se contará con la ayuda de software como son Agilent Chemstation, Microsoft Excel 2019, Análisis de varianza ANOVA, y otros.

Análisis de riesgos y contingencias:

El desarrollo del estudio podría verse afectado por factores operativos, ambientales y logísticos propios del manejo de colmenas y del análisis de laboratorio. Entre los principales riesgos identificados se considerarán

1. Condiciones climáticas adversas que limiten el acceso a los apiarios o alteren la producción de polen.
Contingencia: reprogramación del muestreo dentro de la misma semana y coordinación previa con los apicultores para garantizar disponibilidad.
2. Baja actividad de las colmenas durante la recolección, lo que podría reducir la cantidad de polen disponible.
Contingencia: incrementar el número de colmenas evaluadas o ampliar la franja horaria de recolección.
3. Fallas en trampas o pérdida accidental de muestras, que podrían comprometer la representatividad del muestreo.
Contingencia: disponer de trampas de reserva y recolectar muestras duplicadas cuando sea posible.
4. Contaminación cruzada o deterioro de muestras durante el traslado o almacenamiento.
Contingencia: emplear contenedores herméticos, control de temperatura (-20°C) y registro documentado de cadena de custodia.
5. Fallas en equipos de laboratorio (HPLC, estufa, Soxhlet, balanzas, etc.) que retrasen los análisis proximales o el análisis de aminoácidos.
Contingencia: coordinar el uso de equipos alternativos dentro de la institución, o reprogramar el análisis priorizando la estabilidad de las muestras congeladas.
6. Riesgos logísticos o de disponibilidad del personal estudiantil, dado que el proyecto es ejecutado por equipos académicos.
Contingencia: cronograma flexible, distribución equilibrada de responsabilidades y supervisión continua del docente asesor.

7 Equipo de trabajo

Se forma una estructura de colaboración horizontal, donde cada especialista aporta su experiencia para un fin común, garantizando que las metodologías de muestreo sean compatibles con las demandas de precisión del laboratorio y que los resultados esperados sean éticamente compartidos con el apicultor Apurimeño.

El investigador Principal: Es la cabeza estratégica del proyecto de investigación, responsable de la dirección general y el aseguramiento del rigor científico. Sus actividades clave incluyen la validación del diseño muestral para las 30 muestras compuestas y la supervisión del cálculo final del Amino Acid Score (AAS). Es el principal enlace con los

apicultores, asegurando la firma de las cartas de compromiso y la gestión de la actualización y publicación del manuscrito de la investigación.

El especialista de campo: Sera el responsable de la ejecución operativa de la Fase 1 de la parte procedimental en el distrito de Lambra, centrándose en la apicultura práctica realizando el mapeo preciso de los 30 apiarios seleccionados con coordenadas GPS y la instalación de trampas de polen. Se encarga de la recolección diaria, limpieza y acondicionamiento de las muestras, asegura principalmente de la cadena de frío.

La especialista en Palinología: Se enfoca en la fase 2, es responsable de ejecutar la técnica de acetólisis de Herdman, un método estándar, para preparar las muestras y asegurar que el estudio de perfil palinológico cumpla con los criterios de clasificación y especificaciones de las normas.

Especialista de Laboratorio Proximal: Se encarga de la fase 3, realizando la caracterización fisicoquímica básica del polen, Ejecutará los análisis proximales por triplicado, cumpliendo estrictamente con los métodos oficiales de la AOAC para los parámetros de humedad, ceniza, proteína cruda y grasa. Verificará constantemente la calibración de los equipos gravimétricos y el uso de materiales de referencia certificada.

Especialista de Laboratorio HPLC: Responsable para la determinación precisa del perfil de aminoácidos esenciales (AAE), el cual implica el desarrollo y validación del método de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC), incluyendo las complejas etapas de hidrólisis y la derivatización pre- columna de los aminoácidos.

8 Procedimiento

Fase 1: Preparación y recolección: Mapeo de las 6 zonas con apiarios, instalación de trampas, recolección diaria de polen corbicular fresco, limpieza y acondicionamiento (secado a <42 °C o congelación a -20 °C).

Fase 2: Análisis Palinológico: Se aplicará el método de acetólisis de Herdman para el análisis de las muestras. Se realizará un conteo e identificación de un mínimo de 500 granos de polen por muestra bajo microscopio óptico, con el objetivo de determinar la flora dominante. Este parámetro permitirá la clasificación del polen apícola según la norma ISO 24382:2023

Fase 3: Análisis proximal: Las muestras se analizarán por triplicado siguiendo los métodos oficiales de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Se determinarán los siguientes parámetros: humedad (AOAC 934.01), cenizas (AOAC 942.05), proteína cruda (AOAC 984.13, Kjeldahl, N x 6.25) y grasa/extracto etérico (AOAC 920.39, Soxhlet). Los carbohidratos totales se calcularán por diferencia.

Fase 4: Análisis de aminoácidos por HPLC: La proteína de las muestras será hidrolizada (ácida y alcalina para la cuantificación de triptófano). Los aminoácidos se cuantificarán mediante Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC). Con los resultados obtenidos, se calculará el Amino Acid Score (AAS) para cada AAE, comparándolo con la muestra patrón ISO24382:2023. El AAE con el AAS más bajo será identificado como el primer aminoácido limitante.

Fase 5: Análisis del potencial de mercado: Se evaluará la viabilidad comercial del polen apícola considerando sus características nutricionales y su composición en aminoácidos esenciales. Con base en los resultados, se propondrá el desarrollo de productos nutricionales derivados del polen apícola, orientados al consumo humano como suplementos o alimentos funcionales.

9 Validación de metodología HPLC-AQC

La validez de metodología de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para la cuantificación de aminoácidos totales en el polen de Lambra se realizará conforme a los lineamientos de las directrices de la Conferencia Internacional sobre amortizaciones (ICH Q2(R1))

La metodología requiere una hidrólisis completa de la matriz de proteínas porque la metodología se enfoca en la determinación de los aminoácidos totales, para lo cual requiere inicialmente la hidrólisis de 17 aminoácidos (Asp, Glu, Ser, His, Gly, Arg, Thr, Ala, Pro, Cys2, Tyr, Val, Met, Lys, Ile, Leu y Phe) mediante el protocolo ácido donde la muestra de polen en polvo (1g) se mezcla con 10mL de HCL 6 mol/L conteniendo 0,5 % de fenol, sellado bajo nitrógeno y calentado a 110 ± 2 °C durante 24 horas. Para la cuantificación de Triptófano se integrará un protocolo complementario de hidrólisis alcalina para su cuantificación. [18]

Los aminoácidos liberados se someterán a derivatización precolumna utilizando el reactivo carbamato de 6-aminoquinil-N-hidroxisuccinimido (AQC), parte de la química AccQ-Tag. Este reactivo confiere a los aminoácidos la hidrofobicidad necesaria para la separación en fase reversa y un cromóforo para su detección. La derivatización se completa calentando la mezcla con el tampón borato y el reactivo AQC a 55 °C durante 10 minutos.

Condiciones cromatográficas Óptimas

La separación se llevará a cabo en un equipo con sistema HPLC (Agilent Serie 1260) con un detector de matriz de diodos (DAD), donde la separación de los 17 aminoácidos se realizará en una columna de fase reversa Agilent Poroshell 120 EC-C18 (50 x 2.1 mm, 2,7 µm). La tecnología de partículas superficialmente porosa de esta columna permitirá lograr una separación rápida con alta eficiencia de pico. [18]

En las fases móviles el disolvente A concentra el eluyente AccQ - Tag Ultra, diluido 10 veces, ajustado a pH 5.05, mientras que el disolvente B 60 % de acetonitrilo (ACN). Logrando la separación final a través del programa gradiente de los 17 aminoácidos dentro de 10 minutos aproximadamente.

Validación del Método (ICH Q2(R1))

- Linealidad y rango: Se evaluará mediante curvas de calibración de cinco niveles de concentración para cada aminoácido, donde los coeficientes de correlación R^2 obtenidos para todos los analitos se sitúan en el rango de 0.9950 a 0.9999 para asegurar que la relación entre la concentración de aminoácidos y la respuesta del detector sea robusta y predecible en los rangos de concentración relevantes para el polen.
- Sensibilidad: Se determinará mediante la relación señal-ruido (S/R) en la cromatografía de la mezcla estandar, para lo cual el Límite de Detección (LOD), calculado en (S/N), tendrá una calibración igual o menor a 0.034 µg/mL y el Límite de Cuantificación (LOQ), calculado en (S/N), tendrá una calibración igual o menor a 0.232 µg/mL
- Precisión: Determinada mediante la Desviación Estandar Relativa (RSD), tomando en cuenta la repetibilidad y la precisión intermedia dentro de los parámetros aceptables.
- Exactitud: Medida mediante el porcentaje de recuperación tras la adición de estándares de muestras de polen pre-analizadas en tres niveles de concentración (50 %, 100 % y 150 %).
- Efecto Matriz: Parámetro crítico para muestras complejas como el polen, se calculará comparando las áreas de los estándares enriquecidos en la muestra con las áreas de los estándares en disolvente puro.

10 Resultados Esperados

Caracterización proximal

Se espera que el polen apícola de *Apis mellifera* recolectado en Lambrama presente un contenido de humedad entre 13 % y 22 %, rango adecuado que asegura la conservación del producto sin favorecer el desarrollo microbiano. El contenido de cenizas se proyecta entre 1.8 % y 2.8 %, lo que evidenciaría una adecuada presencia de minerales esenciales como calcio, potasio y magnesio. En cuanto a las proteínas, se estima un rango de 15 % y 23 %, lo cual resalta el alto valor nutricional del polen y su potencial como fuente de aminoácidos esenciales. Los lípidos totales se esperan entre 6 % y 14.5 %, indicando una proporción favorable de ácidos grasos que contribuyen al aporte energético del producto. En conjunto, estos resultados permitirán caracterizar al polen apícola de Lambrama como un alimento funcional con propiedades nutricionales adecuadas para la elaboración de suplementos nutricionales y alimentos funcionales.

Perfil de aminoácidos

Se espera la presencia de los nueve aminoácidos esenciales, destacando la lisina, leucina y valina. El Amino Acid Score (AAS) se proyecta por encima del 70 % respecto al patrón muestral ISO24382:2023. Además, se anticipa que el aminoácido limitante sea metionina o triptófano, como suele pasar en los pólenes andinos. Estos resultados permitirán valorar el potencial proteico y la biodisponibilidad del polen apícola de Lambrama como fuente alternativa de aminoácidos esenciales.

11 Agradecimiento

Expresamos nuestro agradecimiento al Vicerrectorado de Investigación y a nuestra casa de estudios, la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. Por el apoyo proporcionado para la realización de este trabajo de investigación. De igual forma, agradecemos a nuestros asesores, el Ing. Jorge Mendoza Cáceres y el Dr. Julián Oré Leiva, por su orientación y acompañamiento para el desarrollo del estudio. Esta experiencia nos permitió fortalecer nuestra formación profesional y aprender a trabajar en un equipo multidisciplinario ayudando a tener diferentes enfoques en el desarrollo y aporte del conocimiento de proyectos innovadores, que contribuyen al desarrollo social y económico de la región.

12 Referencia

- [1] Gobierno Regional de Apurímac, «Plan Regional de desarrollo Regional concertado Apurímac al 2030,» Apurímac, 2023.
- [2] M. Thakur y V. Nanda, «Composición y funcionalidad del polen de abeja: una revisión,» ELSEVIER, 2020.
- [3] M. K. Crone y C. M. Grozinger, «El contenido de proteínas y lípidos del polen influye en la resistencia a los insecticidas en las abejas melíferas (*Apis mellifera*),» Experimental Biology, 2021.
- [4] M. A. O. C. M. C. P. N. J. A.-A. N. C. N. Campos, «Métodos estándar para la investigación del polen,» Taylor & francis, 2020.
- [5] Y. Caballero, «Apurímac: la agricultura familiar en tiempos de pandemia.,» La Revista Agraria, 2021.
- [6] R. Kacemi y M. G. Campos, «Translational Research on Bee Pollen as a Source of Nutrients:,» nutrients, 2023.
- [7] O. M. D. L. SALUD, «PATRONES DE PUNTUACIÓN DE AMINOÁCIDOS,» ESN, 1981.
- [8] S. Prdun, L. Svečnjak, M. Valentić y Z. Marijanović, «Characterization of Bee Pollen: Physico-Chemical Properties, Head-space Composition and FTIR Spectral Profiles,» foods, 2021.
- [9] Agro Perú, «Mejoramiento de capacidades en buenas prácticas apícolas y la producción de reinas,» Agraria.PE, 2022.
- [10] E.-K. A. Taha , S. Al-Kahtani y R. Taha, «Protein content and amino acids composition of bee-pollens from major loral sources in Al-Ahsa, eastern Saudi Arabia,» Saudi Journal of Biological Sciences, Vols. %1 de %2Vol. 26, pp. 232–237, 2019.
- [11] E. Santos , I. Invernizzi, E. García, C. Cabrera, R. Di Landro, A. Saadoun y G. Daners, «Contenido de proteína cruda del polen de las principales especies botánicas utilizadas por las abejas melíferas en Uruguay,» Agrociencia, vol. Vol. XIII, n° No. 2, p. pp. 9–13, 2009.
- [12] P. Vit y B. Santiago, «Composición química de polen apícola fresco recolectado en el páramo de Misintá de los Andes venezolanos,» Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Órgano oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición), vol. Vol. 58, n° No. 4, 2008.
- [13] V. Aylanc, S. I. Falcão y M. Vilas-Boas, «Bee pollen and bee bread nutritional potential: Chemical composition and macronutrient digestibility under in vitro gastrointestinal system,» Food Chemistry, vol. Vol. 413, n° 135597, 2023.
- [14] Y. J. Camarena y E. Z. Miranda, «Carotenoides y vitamina C del polen procedente de las ciudades de Tarma, Pichanaki y Oxapampa,» Tarma, Perú, 2017.
- [15] E. C. AMANDA , «POLEN DE ABEJAS, EN LA RACION DE,» Lambayeque — Perú , 2017.
- [16] I. Kelina , C. Saavedra , . I. Consuelo y G. E. Delgado , «Características polínicas y composición química del polen apícola colectado en Cayaltí (Lambayeque - Perú),» scielo.cl, vol. vol. 40, n° no. 1, 2013.
- [17] A. APONTE , «"CARACTERIZACION DEL POLEN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES VEGETALES APICOLAS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL WAYLLAPAMPA 2470 msnm, AYACUCHO",» Ayacucho, Peru , 2012.
- [18] L. Li, X. Zhang, X. Wang, Y. Qiu, W. Li, L. Guo y Q. Shen, «Control de calidad de productos polínicos en el mercado mediante análisis cuantitativo de aminoácidos totales con cromatografía líquida,» Heliyon, p. 10, 2024.
- [19] C. T. . I. 3. 19, «ISO/TC 34/SC 19 :Bee pollen production,» 2025.
- [20] G. J. Kleinschmidt y . A. C. and Kondos, «Influence of crude protein levels on colony production.,» The Australian Beekeeper, vol. 78, p. 36–39, 1976.

Anexo 1. Poster Científico



CARACTERIZACIÓN PROXIMAL Y PERFIL AMINOACÍDICO DEL POLEN APÍCOLA (*Apis mellifera*) EN RELACIÓN AL PERFIL PALINOLÓGICO DE LAMBAMA, APURÍMAC: COMO POTENCIAL RECURSO NUTRICIONAL

Edward Condori-Puma¹, Guisela Sherly Estrada-Aroni², Yudith Sharmely Benito-Soria², José Wilmar Espinoza-Borda², Valery Ponce-Valer² y Jorge B. Mendoza Cáceres² Julián Oré Leiva²

RESUMEN

El polen apícola de Lambama (Apurímac) es un recurso subvalorado, comercializado sin respaldo científico sobre su calidad nutricional. Este estudio busca determinar su composición proximal, perfil aminoacídico y origen botánico, mediante álsis palinológico, análisis proximal (AOAC) y cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Se calculará el Amino Acid Score (AAS) según el patrón muestral ISO24382:2023 para identificar el aminoácido limitante. Los resultados permitirán valorizar el polen como recurso nutricional estratégico y fortalecer la economía de los apicultores locales.

PALABRAS CLAVES

Polen apícola, *Apis mellifera*, calidad proteica, perfil aminoacídico, análisis proximal, Amino Acid Score (AAS).

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica por las siguientes razones:

- Metodológico porque va permitir generar un método que puede ser usado en futuras investigaciones.
- Teórico porque va permitir contrastar los resultados existente.
- Social debido al impacto económico y de información para los apicultores.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Problema general

- ¿Cuál es la caracterización proximal y el perfil aminoacídico del polen apícola (*Apis mellifera*) en relación con su perfil palinológico en el distrito de Lambama, Apurímac, como base para su valorización como recurso nutricional?

Problemas específicos

- ¿Cuál es la composición botánica (perfil palinológico) del polen apícola recolectado en Lambama?
- ¿Cuál es la composición proximal del polen apícola de Lambama?
- ¿Cuál es el perfil aminoacídico del polen apícola de Lambama?
- ¿Cuál es el valor del Amino Acid Score (AAS) del polen de Lambama en comparación con la muestra patrón ISO24382:2023 y cuál es su aminoácido limitante?
- ¿Cuáles son las características que debe tener un subproducto con potencial alimenticio para satisfacer las necesidades del mercado consumidor?

MARCO TEÓRICO

Para el (2023) la organización Internacional de Normalización (ISO) norma las especificaciones técnicas del polen de abeja con la ISO24382:2023.

Tabla1. Rango de Composición Proximal del Polen Apícola en regiones montañosas (g/100 g)

Componente	Rango Reportado (%)
Humedad	13%-22%
Ceniza	1.8%-2.8%
Proteínas	15%-23%
Lípidos totales	6%-14.5%

Fuente: Mamta Thakur. TEÓRICO



HIPOTESIS

- El polen apícola (*Apis mellifera*) recolectado en el distrito de Lambama presenta una composición proximal y un perfil aminoacídico de alta calidad nutricional, relacionados con un perfil palinológico, lo que permite su valorización como recurso alimenticio funcional y potencialmente comercializable.



METODOLOGÍA

Tipo de Investigación: Básica, porque permite enriquecer los conocimientos en las ciencias de las ingeniería agroindustrial

Nivel de Investigación: Descriptivo-Analítico, porque se basa en la caracterización y análisis de la variable

Enfoque de Investigación: Cuantitativo, comparativo. porque se enfoca en la medición y análisis numérico de datos.

Diseño de Investigación: No Experimental, porque se observan y analizan las variables en su estado natural.

Muestra: 3 apiarios en Caype - lambama → (Población censal). durante la temporada de primavera.

Procedimiento:

1. Recolección con trampas de polen.
2. Análisis palinológico (acetólisis, microscopía óptica).
3. Análisis proximal (humedad, cenizas, proteína, grasa, carbohidratos).
4. Perfil aminoacídico por HPLC y cálculo de AAS según patrón ISO24382:2023.ç
5. Evaluación de la viabilidad comercial del polen apícola con base en los resultados, para proponer el desarrollo de productos nutricionales derivados.