

FACULTAD DE FARMACIA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



TRABAJO FIN DE GRADO

ORIGEN Y DIVERSIDAD
DE POLEN APÍCOLA

Autor: Noosin Mungsan

Tutor: Jose Antonio Molina Abril

FEBRERO 2018

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
ABSTRACT	3
2. INTRODUCCIÓN	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 ¿Qué es el Polen?	4
2.3 Método de determinación del origen geográfico del polen apícola	5
3. OBJETIVOS	6
4. MATERIALES Y MÉTODOS	6
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
5.1 ¿Qué es la polinización?	7
5.2 ¿Cómo se extrae el polen apícola?	7
5.3 Apis mellífera como polinizador	9
5.4 Factores que determinan la eficacia polinizadora de Apis mellífera	9
5.5 Factores que afectan la polinización	10
5.6 Nutrición de las abejas	10
5.7 Carencia de polen para la alimentación	11
5.8 Biodiversidad del polen apícola con relación a su valor nutritivo	12
5.9 Propiedades del polen apícola	16
6. CONCLUSIONES	18
7. BIBLIOGRAFÍA	19

1.RESUMEN

Las abejas recogen el polen de los estambres de las plantas humedeciéndolo con saliva, miel y/o néctar y lo transportan a la colmena en las corbículas de sus patas posteriores. A este polen se le conoce como polen apícola o corbicular y constituye el principal alimento proteico tanto para la cría como para la abeja adulta.

Gracias a la diversidad de tipos polínicos en el polen apícola, y a su diferente composición química que depende en gran parte de su origen geográfico, las abejas puede tener una nutrición con un elevado contenido proteico y de calidad. Ello es muy importante no sólo para su desarrollo y supervivencia sino también para una buena polinización de las plantas y por tanto para una adecuada conservación de los ecosistemas y gestión de los agrosistemas.

Además el polen apícola es un producto con beneficios nutricionales y farmacológicos para ser humano. Muestra una gran variedad de propiedades terapéuticas actuando como agente antimicrobiano, antifúngico, antiinflamatorio y analgésico, entre otros.

PALABRAS CLAVE: polen apícola, abejas, nutrición

ABSTRACT

Bees collect the pollen from the plant stamens by moistening it with saliva, honey and / or nectar and transporting it to the hive in the corbicules of their hind legs, this pollen is known as bee or corbicular pollen and constitutes the main food Protein for both breeding and adult bee.

Thanks to the diversity of bee pollen and its different chemical composition that depends largely on its geographical origin, you can have quality nutrition with a high protein content that is important for the development and survival of bees, also for a good Pollination and therefore a conservation of the ecosystem.

In addition, it is a product with many benefits both nutritional for bees and for humanity as pharmacological, with a great variety of therapeutic properties acting as antimicrobials, antifungals, anti-inflammatories, analgesics among others.

KEY WORDS: Bee pollen, bees, nutrition

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Antecedentes

El término polen deriva del latín "*pollen - inis*" y significa "polvo muy fino" o "flor de la harina". Aunque el polen ya era conocido como alimento desde la más remota antigüedad, el primero que lo utilizó como término científico para describir las unidades portadoras de las células sexuales masculinas en las plantas con flores fue Linneo en su obra *Sponsalia Plantarum*, publicada en 1747. No es hasta el siglo XIX cuando empieza el verdadero interés por la morfología polínica y fue cuando el médico inglés Charles Blackley descubrió el mecanismo subyacente de la rinitis alérgica causada por el polen, comúnmente llamada fiebre del heno.

2.2 ¿Qué es el Polen?

Los granos de polen se forman en los sacos polínicos que se sitúan en las anteras de los estambres de las flores. Se presentan en forma de granos microscópicos, y son transportados de unas flores a otras, bien por el aire (polinización anemófila) o bien por los insectos (polinización entomófila)^{4, 5}. Los granos de polen son necesarios para la reproducción de las plantas superiores ya que su objetivo es fecundar a los óvulos para dar lugar a la formación de semillas y asegurar, así, la continuidad de la especie.⁴

La cubierta del grano de polen se llama esporodermis. Esta cubierta se halla constituida por dos capas de composición y estructura diferentes. La pared celular interna se llama intina, mientras que la externa se llama exina. La exina se define por una fuerte resistencia a factores fisicoquímicos.

La morfología de los granos de polen tienen relación con el tipo de polinización que presenta la especie^{2, 6}.

Los pólenes de las especies anemófilas suelen ser de cubierta lisa y están ligeramente ornamentados con el objetivo de ofrecer menor resistencia al aire. Sin embargo, en las especies entomófilas la cubierta del grano de polen suele ser gruesa y

tener estructuras como verrugas y espinas para engancharse a la superficie de los animales polinizadores. Estos granos de polen también suelen presentar en su superficie sustancias oleaginosas que le permiten adherirse unos a otros para ser transportados todos juntos con mayor facilidad y son de mayor tamaño que los granos de polen anemófilos².

La morfología del polen permite la identificación del tipo polínico. Se entiende por tipo polínico el conjunto de caracteres morfológicos que presentan los granos de polen y que son una combinación única, que los hace distinguibles e identificables al microscopio óptico en cuanto a su morfología polínica, pudiendo ser una agrupación de familias (Fam. Chenopodiceae/Amaranthaceae) o géneros similares (Gen. *Plantago*) o una única especie (*Olea europaea* L.).

Los rasgos identificativos del grano de polen se basan en su morfología (forma, tamaño), tipos y disposición de las aberturas (colpos, poros), si las tiene y la ornamentación de la exina.

La mayoría de los pólenes consisten en granos individuales aunque a veces se unen en dos o más granos.

Las abejas recogen polen de las anteras de los estambres de las plantas, lo humedecen con néctar o miel y forman acúmulos, que transportan a la colmena en las corbículas, una especie de cestas que tienen de sus patas posteriores. A este polen así formado se le conoce como polen apícola o polen corbicular y constituye el principal alimento proteico tanto para la cría como para la abeja adulta. Hoy en día este producto está considerado como un complemento dietético en la alimentación humana, y a él también se le atribuyen importantes aplicaciones terapéuticas. Dichas propiedades están relacionadas con su composición química, íntimamente ligada a su vez al origen floral del mismo.

El peso del polen apícola o pelotas de polen es igual a una docena o varias docenas de microgramos, tiene aspecto de un polvillo muy fino que está constituido por gránulos microscópicos de un tamaño medio de 40 μm . (con una amplitud de 2,5-250 μm . según las especies)^{6,7}.

El color del polen es muy variado e incluye: blanco, crema, diferentes tonos de amarillo, naranja y marrón, así como rojo, negro, malva y verde.

El color de carga del polen depende de varios factores, especialmente la presencia de flavonoides, la exposición a la luz solar y al aire, y el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente. La oxidación cambia el color de las cargas más oscuro. El color depende también de las especies de flores.

El polen corbicular por lo general consiste en el polen de una especie. Sin embargo, a veces sucede que las abejas recogen el polen de varias especies botánicas y las mezcla en una misma pelota de polen⁵.

2.3 Método de determinación del origen geográfico del polen apícola

La determinación del origen floral se realiza mediante el análisis microscópico e identificación de los tipos polínicos de los granos de polen presentes en el polen corbicular.

Además la identificación botánica puede permitir la identificación de la procedencia geográfica del producto.

Una iniciativa de investigación internacional "C.S.I. Pollen" tiene como objetivo elaborar un mapa de diversidad de fuentes de polen disponibles para las abejas melíferas en Europa, efectuado por los apicultores. El método que se utiliza se basa en una primera evaluación cromática de los colores de los gránulos de polen apícola.

Este método realizado por un experto con un "ojo sensible", puede ser un buen instrumento para estimar la diversidad real de los tipos palinológicos a los que tienen acceso las abejas. (Conti 2016).

Hay que tener en cuenta no obstante que el número de colores distintos de las pelotas no corresponde al número de tipos palinológicos, por lo tanto las flores de diferentes especies vegetales pueden dar pelotas de polen del mismo color, como también las flores de una especie vegetal pueden dar pelotas de polen de diferentes colores.

3. OBJETIVOS

- Ü Conocer la importancia de la polinización y de la adecuada nutrición de las abejas, que actúan como polinizadores para la conservación de la biodiversidad.
- Ü Analizar la biodiversidad del polen apícola con respecto a su origen geográfico y su calidad nutricional.
- Ü Estudiar el polen apícola en relación a sus propiedades beneficiosas.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de este trabajo se basó en una revisión bibliográfica, se establecieron unos objetivos para realizar la estrategia de búsqueda y se recurrió a bibliografía adaptada en el tema, así como a artículos científicos publicados en español e inglés, encontrados en diferentes bases de datos como De Gruyter, PubMed, Research Gate, Elsevier y también gran parte de información facilitada por el tutor.

Además se han consultado las páginas web de Apolo (observatorio de agentes polinizadores) y COLOSS honey bee research association.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 ¿Qué es la polinización?

La polinización es el transporte de polen desde la antera (parte masculina) de una flor hasta el pistilo (parte femenina) de esa misma u otra flor perteneciente a la misma especie vegetal. Este es un proceso fundamental en la reproducción sexual de las angiospermas o plantas con flores.

Las abejas recogen polen de los estambres de las plantas el cual se adhiere a su cuerpo por cargas electrostáticas. Las abejas se limpian hasta donde alcanza con sus patas humedeciendo el polen con saliva, miel y/o néctar. Durante el vuelo amasan el polen con ayuda de sus patas, compactándolo y dándole la forma de pequeñas bolas de 6 a 8 mg hasta llenar las corbículas –especies de bolsas –de sus patas posteriores. Estos cúmulos polínicos son, en realidad la mezcla de pelotas de polen de diferentes colores que se han recolectado en flores de diversas especies y es transportado a la colmena en las.

A este polen así formado se le conoce con el nombre de polen apícola o polen corbicular y constituye el principal alimento proteico tanto para la abeja adulta como para su cría.

Este se diferencia del polen floral, que constituye el que se encuentra en las anteras de los estambres de la flor en estado bruto, antes de ser recolectado por la abeja^{6, 12, 10, 13}.

Una vez la abeja en la colmena, mete el polen en una de las celdillas que rodea el nido de cría y lo recubre de miel, donde sufre un proceso de transformación fermentativa convirtiéndose en el "pan de abeja" y se conserva gracias al ácido láctico que se origina. El pan de abeja constituye la fuente de proteína básica para la colonia de abejas, los apicultores recogen mediante trampas situadas en la entrada de la colmena las pelotas de polen de las patas de las abejas.

5.2 ¿Cómo se extrae el polen apícola?

La recolección de este producto natural se ha desarrollado en época relativamente reciente. La abeja acumula en su colmena una cantidad de polen superior a sus necesidades inmediatas, por lo que el apicultor puede quitarles esa carga de polen antes de que éstas entren en el interior de la colmena.

Para ello, es necesario obligar a las abejas pecoreadoras a que pasen por un cazapolen colocado en la entrada de la colmena o piquera, éste es un aparato formado por una rejilla de malla pequeña con agujeros del tamaño preciso suficientemente anchas para que una obrera las atraviese y lo bastante estrechas con el fin de desprender el polen pegado en la cara externa de las patas posteriores, que luego cae a un recipiente situado debajo de la trampa, conocido como cesta o cajón de polen. ^{4, 5, 6}

El cajón de polen debe vaciarse periódicamente, dependiendo de la humedad del sitio en que se extraiga. El polen fresco contiene alrededor de un 15% de humedad. La conservación del polen fresco a temperatura ambiente está comprometida debido a la aparición de fermentaciones indeseables y el crecimiento de micotoxinas. Consecuencia de ello sus proteínas, grasas y glúcidos se degradan rápidamente. Por tanto para conservar sus características, usualmente se somete a su secado. Se utilizan hornos especiales a una temperatura máxima de 40° C. El tiempo de secado debe ser tan corto como sea posible a fin de evitar pérdida de vitaminas, hasta que se reduzca la

humedad entre el 5% y el 8%. De esta manera se obtiene el polen de abeja seco. Para poder conservar, prevenir el deterioro y así preservar la máxima calidad del polen hay que mantenerlo fresco refrigerado, o bien secarlo o mezclarlo con azúcar. ^{5,14,15}

El último paso del proceso es limpiar retirando con unas pinzas todas las impurezas y luego envasar el polen seco y limpio. Este se deposita en recipientes herméticos como los de la miel, en sacos de plástico o en bidones, siendo aconsejable el embalaje al vacío. Como almacén está indicado un local seco y frío (por debajo de 15 °C). ^{4,5}

Debido a su alta cantidad de proteínas, si no se almacenan correctamente, puede perder el valor nutritivo de forma rápida, experimentando reacciones de Maillard, es necesario controlar y supervisar los procesos de preparación y almacenamiento, con el fin de asegurar que el producto proporciona a los consumidores todos los nutrientes disponibles, mantiene sus buenas propiedades organolépticas y tiene una buena calidad microbiológica. ¹⁶

Desde el punto de vista microbiológico y sensorial el polen permanece estable hasta un año y medio de almacenamiento a temperatura ambiente, pudiendo aumentar hasta dos años si se mantiene en un lugar fresco, seco y oscuro. ⁵

El color es característico también de las zonas geográficas. Por ejemplo, en el polen recogido en la cornisa Cantábrica predominan los colores crema del eucalipto, amarillo del castaño, gris de la zarzamora y pólenes verdosos de los frutales. ⁷

Las abejas polinizan alrededor de 40.000 especies de plantas. La importancia de la polinización de abejas para la ecología y la agricultura es muy grande. Por tanto, plantas y polinizadores juegan un papel clave, tanto para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres como para la conservación de la biodiversidad. Sin polinizadores, muchas plantas con flores no darían semillas ni frutos, y muchos animales se quedarían sin alimento rompiéndose de este modo la cadena trófica. ^{1,5}

5.3 *Apis mellifera* como polinizador

La abeja doméstica o abeja melífera (*Apis mellifera* L.) fue descrita por Linneo en 1758. Pertenece a la familia Apidae dentro del orden Hymenoptera. Es la especie de abeja con mayor distribución a nivel mundial.

Las abejas melíferas se clasifican como insectos sociales dado que conviven formando colonias y no pueden vivir de manera independiente. En apicultura la colmena se considera como la unidad básica y funcional donde reside la colonia de abejas.⁴

5.4 Factores que determinan la eficacia polinizadora de *Apis mellifera*

§La variedad de plantas que visitan. Las abejas pasan por numerosas especies de plantas, pues visitan las flores metódicamente colectando polen y néctar, sin dañar las flores al alimentarse.

§La constancia o fidelidad.: Cuando una abeja encuentra una fuente de néctar, continúa pecoreando en ese mismo tipo de flor hasta que llena el buche de miel y las patas de polen, descarga en la colmena y vuelve a pecorear a la misma fuente de néctar, por lo que garantiza la polinización de las especies visitadas.

§ La capacidad polinizadora de una colmena. Cuando la abeja vuelve a su colmena cargada de néctar y polen, avisa a sus hermanas del lugar exacto de esa fuente de alimento, esto hace que haya una gran capacidad y eficacia polinizadora.^{7, 17, 18}

§

5.5 Factores que afectan la polinización

El polen es recolectado por las abejas, principalmente, al final del invierno y en primavera. Por la mañana, antes de las 10, es cuando se ven llegar más pecoreadoras cargadas de polen. En ciertas especies la recolección se realiza durante toda la jornada.

§ Factores meteorológicos. Influyen en la recolección del polen. Con el viento las abejas requieren más energía para mantener el rumbo de ida y vuelta. La lluvia, impide a las abejas la salida a pecorear, al mojarlas el peso les dificulta el vuelo pudiéndose ahogar por lo tanto se pierde gran número de ellas. Las bajas temperaturas, por debajo de 10 °C impiden la recolección normal del polen, por lo tanto es en la época de floración cuando las abejas recolectan todo el polen posible.^{4, 18}

§Insecticidas. La aplicación de estos sin tener precaución pueden causar daños no sólo a las abejas melíferas sino también a otros insectos causando en general daños severos a los polinizadores.

§ Por ello, para poder controlar plagas y al mismo tiempo proteger a los polinizadores se debería tener en cuenta algunos aspectos tales como: a) usar insecticidas con la menor toxicidad para las abejas y realizar el mínimo número de aplicaciones, que deberían

emplearse sólo cuando las poblaciones de plagas realmente requieran control; y b) aplicar los insectidas cuando el cultivo esté en floración, aprovechando los días de mucho frío y en horarios en los que las abejas tengan menor actividad. ¹⁸

5.6 Nutrición de las abejas

Una colonia de abejas melíferas es susceptible a la acción de diversos agentes nosógenos, capaces de causar una enfermedad física en la abeja, como por ejemplo la presencia de bacterias, virus, parásitos, la exposición a plaguicidas o la carencia de algún componente nutricional, por lo que es importante una buena calidad nutricional.

El polen recogido de las flores por las abejas les proporciona los nutrientes necesarios para el desarrollo de órganos y tejidos en abejas adultas, también de cuerpos grasos, glándulas hipofaríngeas y un crecimiento de los ovarios de las abejas recién nacidas. Además, la tasa de consumo de proteínas influye en la longevidad de la abeja adulta, la supervivencia y productividad de una colonia, así como también en la inmunidad, la tolerancia a los patógenos y la reducción de la sensibilidad a los pesticidas.

Cada grano de polen encierra sustancias indispensables por lo que llega a ser un compuesto nutricional fundamental para el desarrollo de las larvas y de las abejas jóvenes, también para la actividad de las reinas. ^{5, 11, 19, 20, 21}

El polen constituye el alimento nitrogenado distribuido directamente por las obreras a las larvas (a partir del tercer día después de su nacimiento). Las alimentadoras lo consumen en grandes cantidades con el fin de poder elaborar la jalea que producen con sus glándulas hipofaríngeas. ⁴

La diversidad palinológica evaluada en el polen apícola es una buena medida de la calidad del medio ambiente en que viven las abejas, en relación al alimento que tienen disponible y, en consecuencia, en la calidad de la polinización. ¹¹

Para evaluar la calidad nutricional del polen se ha demostrado que el principal indicador de su calidad es el contenido en proteínas, ya que es el que más afecta al desarrollo de la abeja melífera. ^{4, 19}

5.7 Carencia de polen para la alimentación

Las colonias que enfrentan una baja calidad nutricional del polen o una limitada disponibilidad de un nutriente esencial como el polen en general, o un aminoácido esencial o vitamina en particular, tiene fatales consecuencias. Las obreras jóvenes no llegan, entonces a nutridoras. Su peso disminuye y su existencia se acorta, lo que da lugar a una disminución de la población de la colonia con el probable impacto en la salud de los individuos, provocando la aparición de enfermedades como la "loque europea". También puede influir negativamente en la resistencia de las abejas a la intoxicación por pesticidas. ^{4, 11, 19, 20, 21}

La nutrición de las abejas melíferas tiene muchas amenazas potenciales incluyendo la inanición, la reducción de la diversidad de dietas debido a los monocultivos y los pesticidas traídos a la colonia con los alimentos.

Diferentes estudios plantean la importante cuestión de cómo la capacidad de la abeja para protegerse de los patógenos se ve obstaculizada cuando está desnutrida y cómo esta capacidad puede mejorarse con una nutrición adecuada. ¹⁹

Cuando esto no es posible, se recomienda suplir la falta de polen con la administración en la alimentación de la abeja de sucedáneos como harina de soja, levadura de pan, leche en polvo y yema de huevo. Pero para las abejas, ninguna de estas sustancias tiene el valor del polen.

Aunque no existen informes de que dietas preparadas perjudiquen a las abejas, se ha demostrado la inferioridad en la salud de las abejas o colonias alimentadas exclusivamente con dietas artificiales en comparación con las alimentadas con polen natural. ^{4, 19}

Por lo tanto, el estudio de la influencia del consumo de polen de abeja en su salud requiere tener en cuenta la calidad y la diversidad de sus dietas de polen. ²⁰

5. 8 Biodiversidad del polen apícola con relación a su valor nutritivo

La composición y calidad del polen apícola

dependen fuertemente de la fuente de la planta y el origen geográfico, junto con otros factores como las condiciones climáticas, el tipo de suelo, las abejas y su raza, la edad de la planta, el momento en que se desarrolla el polen, el estado de nutrientes de la

planta, los métodos de extracción del polen y las actividades del apicultor como su manipulación y almacenamiento. ^{6, 22, 23}

La composición química del polen en cuanto a su contenido en aminoácidos y el contenido total de proteínas, varía significativamente según el origen floral, lo que sugiere que algunos son de mejor calidad nutricional que otros, además que es muy práctico para verificar el origen vegetal del polen. ^{4, 11, 21}

Por lo tanto la nutrición equilibrada es mejor apoyada por el cultivo de una diversidad de plantas, una mezcla natural de diferentes pólenes (poliflorales) y aquellas que siendo monoflorales tienen un elevado contenido de proteínas aumentan la supervivencia de las abejas debido al incremento en la actividad de diferentes enzimas. ^{19, 20}

Estas enzimas son: a) la glutatión S-transferasa (GST), importante en la detoxificación de compuestos endógenos y exógenos y pueden ser inducida en el intestino de insectos después de infección bacteriana o del parásito *Nosema ceranae* lo que sugiere un papel protector contra los patógenos de las abejas b) la fenil oxidasa (PO) que juega un papel importante en la inmunidad de insectos mediante la encapsulación de agentes patógenos por lo que se ve incrementada su actividad en el caso de aquellas abejas que ya han sido parasitadas por *Nosema ceranae*, lo que significa una mejora en la inmunidad y un aumento en la supervivencia; y c) la fosfatasa alcalina (ALP) que participan en muchos procesos metabólicos, y sufre un aumento de actividad cuando se trata de abejas sanas, transformándose en una mejora de la actividad metabólica de la abeja.

Otras enzimas, como la vitelogenina o la transferrina, cuya actividad se vincula significativamente por la dietas, se expresan mayormente en aquellas abejas cuya dieta es polifloral. ²⁰

La calidad de la dieta de polen (diferentes pólenes monoflorales) y la diversidad (dieta de polen polifloral) influyen sobre la fisiología de las abejas nodrizas jóvenes y en la tolerancia a la el parásito microsporidio *Nosema ceranae*. ²⁰

Los resultados del tipo de polen proporcionado a las abejas tuvo efectos significativos sobre la fisiología de la abeja, ya que abejas alimentadas con el polen más rico en

proteína presentaron los acinos más desarrollados y el nivel de expresión más alto de *la vitelogenina* y *transferrina* al contrario de abejas alimentadas con una dieta de baja diversidad de polen y contenido en proteínas desarrollaron acinos más pequeños e irregulares de las glándulas hipofaríngeas. Esto confirma que el desarrollo de la glándula hipofaringe está relacionado con el nivel de proteínas en la dieta. ^{11, 20}

La calidad de polen influyó en la tolerancia de las abejas al parásito *Nosema ceranae*, aunque no se ve diferencia en la calidad nutricional para la supervivencia cuando las abejas no están parasitadas, la nutrición de polen aumenta la supervivencia de ambas abejas sanas y parasitadas.

Esto sugiere que la calidad de los nutrientes de polen podría no tener o tener consecuencias limitadas sobre la fisiología de las abejas cuando están sanos, pero podría afectar a su capacidad de tolerar un estrés externo como parásitos. ²⁰

Las abejas son extremadamente sensibles a los pesticidas, debido a una deficiencia en el número de genes que codifican las enzimas de desintoxicación. ²⁴ Las abejas hibernadas, viejas y mal alimentadas son más vulnerables a los pesticidas que las jóvenes, ya que éstas abejas tienen una disminución de la vitelogenina. ²⁴

Tabla 1. Composición detallada del polen de abeja (seco) ^{5, 25}

COMPONENTES PRINCIPALES	CONTENIDO MÍNIMO - MÁXIMO g / 100g de peso seco
Agua	30 - 40
Proteínas	10 - 40
Lípidos	1 - 13
Carbohidratos totales	13 - 55
Fibra dietética, Pectina	0.3 - 20
Ceniza	2 - 6
Indeterminado	2 - 5
MINERALES	mg/kg
Potasio	4000 - 20000
Magnesio	200 - 3000
Calcio	200 - 3000
Fósforo	800 - 6000
Hierro	11 - 170
Zinc	30 - 250
Cobre	2 - 16
Manganeso	20 - 110
VITAMINAS	mg/kg
Beta caroteno	10 - 200
B1; Tiamina	6 - 13
B2; Riboflavina	6 - 20
B3; Niacina	40 - 110
B5; Ácido pantoténico	5 - 20
B6; Piridoxina	2 - 7
C; Ácido ascórbico	70 - 560
H; Biotina	0.5 - 0.7
Ácido fólico	3 - 10
E; Tocoferol	40 - 320

En la composición del polen de abeja, hay alrededor de 250 sustancias.

El grupo de sustancias químicas básicas se compone de proteínas, aminoácidos, lípidos, hidratos de carbono, fibra, minerales, sales, vitaminas, pero también hay cantidades de compuestos fenólicos, principalmente flavonoides.

Una elevada concentración de azúcares reductores, aminoácidos esenciales y ácidos grasos insaturados / saturados, la presencia de Zn, Cu, Fe y una elevada relación K / Na hacen que el polen de la abeja sea muy importante para las dietas humanas, por lo que este producto también se utiliza como complemento alimenticio. ⁶

El polen contiene 22,7% de proteínas en promedio, incluyendo el 10,4% de aminoácidos esenciales como metionina, lisina, treonina, histidina, leucina, isoleucina, valina, fenilalanina y triptófano.

Estos elementos proteicos son esenciales para la vida y el organismo no puede sintetizarlos por sí mismo. Además, en el polen, hay cantidades significativas de ácidos nucleicos, especialmente ribonucleicos. ⁶

Los carbohidratos digeribles se producen en el polen en la cantidad de 30,8% en promedio. Reduciendo azúcares, principalmente fructosa y glucosa, el contenido de azúcares es mayor en polen fresco que en polen seco. ^{6, 26}

Los lípidos son importantes como moléculas nutritivas de reserva y energía ya que contribuye junto con el azúcar a aumentar la energía que este producto suministra. ²⁷

Entre los lípidos, los que deben mencionarse en primer lugar son los ácidos grasos esenciales (AGE). Los ácidos tales como linoleico, -linoleico también los fosfolípidos y los fitosteroles, especialmente el P-sitosterol.

Los compuestos fenólicos, incluye flavonoides, leucotrienos, catequinas y ácidos fenólicos.

Las vitaminas y los bioelementos también pertenecen a sustancias valiosas. El polen es una fuente importante de vitamina soluble en grasa, como la provitamina A y las vitaminas E y D, y soluble en agua, como B1, B2, B6 y C y ácidos: Pantoténico, nicotínico y fólico, biotina, rutina e inositol.

Los bioelementos incluyen macronutrientes (calcio, fósforo, magnesio, sodio y potasio) y micronutrientes (hierro, cobre, zinc, manganeso, silicio y selenio). ⁶

La ceniza representa otro importante parámetro de calidad del polen, influenciado en gran medida por el tipo de suelo y las especies florales de las que proviene y sobre todo por la capacidad de la planta para acumular sales minerales en su polen.

El contenido calorífico promedio del polen es 381.70 ± 14.69 kcal / 100 gramos. Por lo tanto, puede considerarse una excelente fuente de energía. ²⁷

Los contenidos de nutrientes del polen también cambian con el almacenamiento con los diferentes métodos de conservación (congelación, secado a unos 40 °C y liofilización).

Así se demostró en un estudio (Campos Maria, et al.) donde la congelación no causó cambios en la composición química de las cargas de polen, siendo una técnica recomendada, cuando la conservación de la carga de polen tenga fines nutricionales o terapéuticos.

La liofilización disminuyó notablemente la vitamina C y la provitamina A, pero el secado a 40 °C reveló la mayor desventaja, las cantidades de azúcares reductores, proteínas totales, vitamina C y provitamina A disminuyeron de una manera muy notable.²⁵

Los pólenes más ricos proceden, entre otras plantas de: Brezos, castaño, amapola, árboles frutales, sauce y trébol, con una cantidad media para el álamo y baja para el diente de león. Además que el polen fresco es más activo que el conservado en el congelador.⁴

5.9 Propiedades del polen apícola

El polen apícola se considera un alimento importante para las abejas y también un complemento alimenticio para ser humano. Muestra una serie de propiedades terapéuticas tales como: antimicrobianas, antifúngicas, antivirales, antiinflamatorias, antioxidantes, antirradiación, hepatoprotectores, inmunoestimulantes, anticancerosas y analgésicas locales. Se han citado efectos beneficiosos en la prevención de problemas de próstata, arteriosclerosis, gastroenteritis, enfermedades respiratorias, en el sistema cardiovascular y digestivo. Procura así mismo inmunidad corporal y retraso en el envejecimiento.^{6, 23}

Ananias Pascoala, et al. demostraron que el polen de abeja posee una buena actividad antioxidante, lo que sugiere que podría ser útil en la prevención de enfermedades en las que están implicados los radicales libres.²³

El polen apícola tiene una actividad hipolipidémica que disminuye el contenido de lípidos totales de plasma. Se conoce que

pequeñas dosis de polen administradas a las personas mayores permiten tanto la inhibición de los cambios ateroscleróticos de los vasos sanguíneos y la mejora del flujo sanguíneo cerebral.⁶

Por otra parte, la actividad hipoglucémica del polen se atribuye principalmente a la presencia de ácidos grasos insaturados, fosfolípidos y fitoesteroles. Además, se confirmó una disminución en la capacidad de agregación plaquetaria y una mayor actividad del sistema fibrinolítico en las personas que toman polen.^{6, 16}

El polen apícola protege a las células hepáticas de su efecto perjudicial, lo que muestra su capacidad para prevenir la toxicidad, éste papel está relacionado con el contenido de polifenoles, principalmente flavonoides y ácidos fenólicos.^{6, 23, 16}

El polen presenta una alta actividad anti-inflamatoria. Su magnitud se compara con fármacos antiinflamatorios no esteroideos como el naproxeno, el análogo, la fenilbutazona o la indometacina. Los flavonoides y ácidos fenólicos, también ácidos grasos y fitosteroles son los responsables de esta actividad.

También se ha demostrado que los extractos de etanol de polen tienen una actividad antibiótica efectiva frente a bacterias Gram positivas y bacterias Gram-negativas, incluyendo *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, y en hongos como *Candida albicans*. La responsabilidad de esta actividad radica en los flavonoides y ácidos fenólicos. Se ha citado el efecto beneficioso del polen en casos de hiperplasia prostática benigna y en la etapa inicial del cáncer de próstata. Administrado junto con los antidepresivos, permite disminuir sus dosis y mejora la condición general en un corto período de tiempo.⁶

El polen presenta un alto valor nutricional, así como la propiedad de complementar rápidamente las deficiencias nutricionales en los organismos de los animales. Los componentes que ejercen este papel son aminoácidos, vitaminas y bioelementos.

Las propiedades nutricionales del polen se utilizan, en casos de falta de apetito infantil, retraso del desarrollo y desnutrición de niños y adultos. También se recomienda administrar el polen en el período de recuperación, después de las cirugías.

Aumenta la capacidad mental y fortalece el sistema nervioso debilitado por el estrés o exceso de trabajo. El uso de polen, permite una mejora gradual del estado de ánimo.

El polen se consume en estado natural, en bolitas, pulverizado o diluido en agua. La dosis normal en adultos es de 20-40 g/día y se aplica terapéuticamente todos los días, y en niños es de alrededor de 7g/día.

El tiempo de tratamiento es de 1-3 meses, pero puede repetirse 2-4 veces al año.^{4,6}

6. CONCLUSIONES

Ü Una buena nutrición de las abejas es importante tanto para su desarrollo como supervivencia. Es por tanto necesaria para que puedan actuar como polinizadores efectivos ayudando, de este modo, a que exista una continuidad de la cadena trófica y así preservar la biodiversidad. También debemos tener en cuenta que distintos factores ambientales tales como la lluvia, el viento, las temperaturas, o factores antrópicos tales como el uso de insecticidas pueden afectar a la supervivencia de las abejas y con ello a la polinización. Sería de gran ayuda la concienciación de la sociedad del papel ambiental de las abejas y del peligro del abuso de pesticidas en los cultivos. Se recomienda el uso de insecticidas de menor toxicidad, y siempre cuando sea realmente necesario y en épocas que las abejas tengan menor actividad.

Ü Es importante conocer la composición química del polen apícola y con ello su calidad nutricional. El polen muestra una gran variedad en su composición, en especial en su contenido proteico. Esta variabilidad está relacionada con su origen geográfico y factores ambientales como las condiciones climáticas. También con actividades relacionadas con el apicultor, la abeja y la planta. Por ello algunos polenes son de mejor calidad nutricional que otros. La diversidad de tipos polínicos en el polen apícola es esencial para el buen estado de salud de la colonia. El polen es la única fuente de nutrientes de las abejas. Una mayor variedad de polen permite cubrir de mejor modo las necesidades nutricionales de las abejas y estimular su sistema inmune frente a parásitos.

Ü El polen apícola es un producto con bastantes beneficios tanto para las abejas como para el ser humano. Además de su importancia en el proceso de fecundación de las flores y en la alimentación de las abejas, también tiene múltiples aplicaciones en el hombre siendo un producto terapéutico ventajoso con beneficios nutricionales y terapéuticos con propiedades antimicrobianas, antifúngicas, antivirales, antiinflamatorias, antioxidantes, hepatoprotector, inmunoestimulante, anticancerosas y analgésicas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Polinizadores y Biodiversidad. [Internet]. APOLO Observatorio de Agentes Polinizadores. Disponible en: <http://apolo.entomologica.es>
- (2) Jaramillo D. Patricia, Trigo, M. M. Guía Rápida de Polen de las Islas Galápagos. Fundación Charles Darwin & Universidad de Málaga [Internet] 2011. Disponible en: http://www.darwinfoundation.org/datazone/checklists/media/rapid_guides/2011_JaramilloTrigo_GuiaRapidaGalapagos_Polen_Version1.pdf
- (3) Muniategui Soledad, Sancho M^a Teresa, [et al.] Composición del polen apícola. revista de apicultura. 1993; n 99
- (4) Pierre Jean-Prost, Yves Le Conte. Apicultura, conocimiento de la abeja manejo de la colmena. Madrid: Mundi-Prensa; 2006. p. 129-493
- (5) Bogdanov Stefan. Pollen: Collection, Harvest, Composition, Quality .Bee Product Science [internet] 2012 Disponible en: www.bee-hexagon.net
- (6) Katarzyna Komosinska-Vassev, Pawel Olczyk, [et al.] Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine [internet] 2015 Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/273918160>
- (7) Manual de apicultura y conservación de la biodiversidad. FAPAS [internet] Asturias. 2008; p.56-58 Disponible en: http://www.fapas.es/proyectos/apis/manual_apicultura.pdf
- (8) Almeida-Muradiana L., Pamplona Lucila, [et al.] Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. Journal of Food Composition and Analysis 18 [internet] 2005; 105 –11 Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/238381871>
- (9) Bartha O.M., [et al.] Botanical origin of Apis pollen loads using colour, weight and pollen morphology data. Acta Alimentaria [internet] 2009; Vol. 38 (1), pp. 133 –139 Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/235418236>
- (10) Sá-Otero M^a Pilar, Marcial-Bugarín Silvia, [et al.] Método de determinación del origen geográfico del polen apícola comercial. Lazaroa [internet] 2002; 23: 25-34 Disponible en: <http://revistas.ucm.es/index.php/LAZA/article/view/LAZA0202110025A/9254>
- (11) Conti Ida, Mariotti Mauro G. Floral diversity of pollen collected by honey bees (Apis mellifera)- validation of the chromatic assessment. J. Apic. Sci. [internet] 2016; VOL. 60 NO. 2. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/jas-2016-0028>
- (12) Saavedra C. Kelina, Rojas Consuelo, Delgado P. Guillermo. Características polínicas y composición química del polen apícola colectado en Cayaltí. Rev. chil. nutr. [internet] 2013; 40:71-78 Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182013000100011

- (13) Vit Patricia. Origen botánico y propiedades medicinales del polen apícola. Revista Médica de la Extensión Portuguesa-ULA [internet] 2009; Vol. 3,N^o1
Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29128/1/articulo4.pdf>
- (14) Almeida-Muradiana, Lucila C. Pamplona, [et al.] Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. Journal of Food Composition and Analysis [internet] 2005; p.105–111.
Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/238381871>
- (15) Bogdanov Stefan. Pollen: Collection, Harvest, Composition, Quality .Bee Product Science [internet] 2012 Disponible en: www.bee-hexagon.net
- (16) Nogueira Carla, Iglesias Antonio. Commercial Bee Pollen with Different Geographical Origins: A Comprehensive Approach. Int. J. Mol. Sci. [internet] 2012; 13(9), 11.173-11.187
Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23109845>
- (17) Valdés Ibarra Carolina .Evaluación de la actividad de Apis mellifera L. y otros insectos asociados a la floración del palto. Chile. [internet] 2002. Disponible en:
<http://www.bionica.info/biblioteca/valdes%202002%20polinizacion%20aguacate.pdf>
- (18) Reyes C. José, Cano R. Pedro .Manual de polinización Apícola. Coordinación general de ganadería. México. p. 27-32
- (19) Brodschneider Robert, Crailsheim Karl. Nutrition and health in honey bees. Apidologie, Springer Verlag . [internet] 2010; 41 (3)
- (20) Garance Di Pasquale, Marion Salignon, [et al.] Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? [internet] 2013.
Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072016>
- (21) Alaux [et al.] Nutrigenomics in honey bees: digital gene expression analysis of pollen's nutritive effects on healthy and varroa-parasitized bees. BMC Genomics [internet] 2011.
Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/12/496> (10 October 2011)
- (22) Pascoala Ananias, Rodrigues Sandra. Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory . Food and Chemical Toxicology [internet] 2014; 233
- (23) Elton W. Herbert Jr., H. Shimanuki. Chemical composition and nutritive value bee- collected and bee- stored pollen. Apidologie, Springer Verlag. [internet] 1978; 9 (1), pp.33-40
- (24) Tomasz Kiljanek, [et al.] Pesticide poisoning of honeybees: a review of symptoms, incident classification, and causes of poisoning. J. APIC. SCI. [internet] 2016; VOL. 60 NO. 2
Disponible en: <https://doi.org/10.1515/jas-2016-0024>
- (25) Campos Maria G. R. [et al.] Pollen composition and standardisation of analytical methods. Journal of Apicultural Research and Bee World [internet] 2008; 47(2): 156–163
- (26) APIFRESH, C.A.R., UCM, TUBITAK e Inspiralia . Developing European standards for bee pollen and royal jelly: quality, safety and authenticity. [internet] 2013
- (27) M.T. Orzáez Villanueva, [et al.] The importance of bee-collected pollen in the diet: a study of its composition. International Journal of Food Sciences and Nutrition [internet] 2002; 53, 217–224

(28) Teresa Szczêsna. Protein content and amino acid composition of bee- collected pollen from selected Botanical origins. Journal of Apicultural Science [internet] 2006; Vol. 50 No. 2