

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL POLEN. *Revisión*

CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF POLLEN. *Review*

Nataly Puerto^{1*}, Gloria Prieto¹, Rafael Castro²

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Químicas, Avenida Central del Norte, 150003. Tunja, Boyacá, Colombia.

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Avenida Central del Norte, 150003. Tunja, Boyacá, Colombia.

* Autor para correspondencia E-mail: nataly.puerto@uptc.edu.co

RESUMEN

El polen, alimento conocido desde la antigüedad, ha sido estudiado por varios autores estableciendo su macro y micro composición, especialmente de algunos metabolitos secundarios importantes para el desarrollo de propiedades funcionales. Dentro de la composición química del polen se destaca la presencia de carbohidratos, proteínas, ácidos grasos y nucleicos, aminoácidos, vitaminas, minerales, enzimas, coenzimas, lignina y pigmentos, que a su vez son la única fuente de alimentación para abejas y larvas en proceso de crecimiento. Por otra parte, dentro de los metabolitos secundarios contenidos en el polen se encuentran los flavonoides glicosídicos, quercetina, ácidos gálico y *p*-cumárico, rutina y catequinas, entre otros, que determinan la capacidad antioxidante del polen. El objetivo de este artículo es revisar la composición macro y microscópica del polen, e identificar los diferentes compuestos fenólicos que originan su actividad antioxidante.

Palabras clave: Polen, composición macroscópica, composición microscópica, metabolitos secundarios, antioxidante.

ABSTRACT

Bee pollen has been studied by several authors who have identified its macro and micro composition, especially some important secondary metabolites with functional properties. The chemical composition of pollen is mainly characterized by the presence of carbohydrates, proteins, fats and nucleic acids, amino acids, vitamins and minerals, enzymes and co-enzymes, lignin and pigments, which in turn are the only source of food for bees and larvae during their growth stages. Furthermore, pollen also has secondary metabolites like glycosidic flavonoids, quercetin, gallic and *p*-coumaric acids, rutin, myricetin and catechines, among others, which determine its antioxidant capacity. The objective of this article is to review the literature regarding the macro- and microscopic composition of pollen, and identify the different phenolic compounds that cause its antioxidant activity.

Key words: Pollen, composition macroscopic, microscopic composition, secondary metabolites, antioxidant activity.

INTRODUCCIÓN

El polen (del latín *Pollen*: polvo muy fino) es el gametofito masculino de las plantas, desarrollado durante la fase de floración (Munitaegui et al., 1993; Märgäoan et al., 2013; Diego-Taboada et al., 2014). Recientemente, De Arruda et al. (2013b) definieron el polen como el producto localizado en los sacos polínicos de las anteras que aporta los gametos al estigma para fecundar a la ovocélula.

Existen dos tipos de polen, apícola y floral. Este último, como su nombre lo indica, se recoge manualmente desde las flores de una planta (monofloral) o de dos o más plantas (multifloral). El grano de polen monofloral mantiene las propiedades bioquímicas y organolépticas conferidas por la planta original, mientras que el polen multifloral reúne propiedades conjuntas de las plantas de procedencia (Yang et al., 2013). Por otra parte, el polen apícola obedece a una mezcla de granos de diferentes colores (desde blanco, crema, pasa por diferentes tonalidades de amarillo, naranja, rojo, verde y gris, hasta llegar a café oscuro y negro); es recolectado y removido por abejas *Apis mellifera* de flores de distintas especies y compactado con el néctar en las corbículas de las patas y los apéndices bucales, para luego transportarlo a la colmena (Contreras, 2004; Saavedra et al., 2013). En este hábitat, el polen resulta ser la única fuente de nutrientes (proteínas, sustancias grasas, minerales y vitaminas) necesaria para la producción del alimento larval y el desarrollo de abejas jóvenes recientemente emergidas (Baldi et al., 2004).

En general el polen es considerado como una de las principales fuentes de sustancias antioxidantes, por su capacidad para capturar radicales libres en el organismo e inhibir la peroxidación de lípidos (Almaraz-Abarca et al., 2004; Balkanska et al., 2012). Algunas de las propiedades terapéuticas atribuidas al consumo tanto de polen seco como de sus extractos, son: antimicrobianas, antiinflamatorias, antiaterogénicas, antineoplásica y antitrombótica (Yildiz et al., 2013). Además tienen la capacidad de estimular el crecimiento, regular funciones intestinales, del sistema nervioso y sanguíneo. Es inmunoestimulante (Märgäoan et al., 2013), y alivia dolencias de enfermedades crónicas de la próstata, infecciones respiratorias, colitis, úlceras, anemia, resfriados, reacciones alérgicas y enteritis (Munitaegui et al., 1993; Ulusoy et al., 2014).

El objetivo de este artículo es revisar la composición macro y microscópica del polen para definir tanto su valor nutricional como terapéutico a través de la identificación de los diferentes compuestos químicos contenidos, utilizando diversos métodos analíticos.

Composición química del polen

El polen es un alimento ácido (pH 4,3-5,2) deshidratado con un bajo contenido de agua (0,21-0,37%), capaz de inhibir el crecimiento de microorganismos y mantener la textura y estabilidad del producto. El grano de polen posee una cubierta externa que provee elasticidad, resistencia física y química, capacidad de protección de los rayos ultravioleta y actividad antioxidante (Yang et al., 2013). Consta de dos capas, la capa interior denominada intina, rodea y protege a los núcleos y las reservas de carbohidratos y lípidos, y está compuesta por celulosa. La capa exterior, llamada exina, está conformada por un polímero de esporopolenina capaz de oxidar carotenoides y ácidos grasos poliinsaturados, lo cual la hace muy resistente a medios ácidos y altas temperaturas (> 300°C).

Los granos de polen difieren entre sí por la forma y contenido de sustancias nutricionales, vitaminas, aminoácidos, compuestos fenólicos y flavonoides, debido a factores geográficos, botánicos, a las condiciones climáticas, tipo de lípidos, y a los diferentes procesos a que son sometidos para la producción comercial: deshidratación, oxidación, exposición a rayos UV y esterilización por irradiación (Feas et al., 2012). Por lo anterior, la composición del polen suele variar al igual que sus propiedades químicas, las cuales han sido determinadas mediante diferentes métodos de extracción y de análisis (Yang et al., 2013).

Composición macroscópica del polen

Contenido de humedad

La humedad es uno de los factores que condicionan la calidad organoléptica y el tiempo de conservación del polen. El valor más alto en contenido de humedad, del 27,10%, fue reportado por Modro et al. (2009), mientras que el valor más bajo, 3,47%, lo reportaron De Arruda et al. (2013b). Un bajo contenido de humedad en el polen es el resultado de la deshidratación de la fructosa, de la pérdida de componentes volátiles y de los procesos de secado excesivos, influyendo en el color natural del grano de polen y en el desarrollo de reacciones de Maillard (De Arruda et al., 2013b). Por otra parte, un alto contenido de humedad (> 13%) (Human y Nicolson, 2006; Modro et al., 2009; Balkanska y Ignatova, 2012) deteriora y fermenta rápidamente el grano de polen (Baldi et al., 2004; Melo y Almeida, 2010).

En la Tabla 1 se presenta información de los contenidos de humedad, proteínas, lípidos y cenizas del polen apícola fresco y polen apícola seco, reportado por diferentes autores.

Contenido de aminoácidos y proteínas

El perfil de aminoácidos del polen es

Tabla 1. Composición química del polen apícola según los autores que se indican.**Table 1. Chemical composition of bee pollen according to the authors listed.**

Autor	Humedad	Proteínas	%	
			Lípidos	Cenizas
Serra Bonvehí y Escolà (1997)	4,93 ± 0,29 ^b	NR	5,91 ± 0,59 ^b	1,93 ± 0,15 ^b
Baldi et al. (2004)	5,82 ± 1,47 ^a	24,03 ± 3,97 ^a	4,55 ± 1,10 ^b	3,04 ± 1,19 ^a
Almeida-Muradian et al. (2005)	7,4 ± 0,7 ^a	20 ± 4 ^a ; 21 ± 4 ^b	6 ± 2 ^a ; 7 ± 2 ^b	2,2 ± 0,7 ^a ; 2,4 ± 0,8 ^b
Human y Nicolson (2006)	18,8 ± 3,3 ^a	31,4 ± 1,0 ^b	5,5 ± 1,0 ^b	3,6 ± 0,2 ^b
Gonzalez-Martin et al. (2007)	5,69 ± 1,1 ^a	19,9 ± 1,9 ^a	NR	1,66 ± 0,3 ^a
Carpes et al. (2009)	4,2 ± 1,7 ^b	20,5 ± 2,6 ^b	4,9 ± 0,7 ^b	2,9 ± 0,5 ^b
Modro et al. (2009)	27,10 ± 1,58 ^b	28,27 ± 6,19	2,60 ± 0,80	NR
Balkanska y Ignatova (2012)	13,81 ± 1,06 ^a	19,80 ± 0,89 ^a	7,15 ± 0,54 ^a	1,81 ± 0,14 ^a
Chantarudee et al. (2012)	7,03 ^a	19,12 ^a	7,00 ^a	2,43 ^a
Nicolson y Human (2012)	8,36 ± 1,63 ^a	NR	9,40 ± 1,42 ^b	5,59 ± 1,68 ^b
De Arruda et al. (2013b)	3,47 ± 0,30 ^b	23,38 ± 1,24 ^b	5,39 ± 0,60 ^b	2,98 ± 0,18 ^b

^a Datos obtenidos en polen fresco; ^b Datos obtenidos en polen seco; NR: No reportado

importante establecerlo porque: (1) permite identificar el tipo de polen; (2) permite valorar el polen como fuente nutricional de proteínas y aminoácidos esenciales; y (3) es un punto crítico que define su calidad. El contenido mínimo de aminoácidos libres (AAL) se usa como índice de frescura y define las condiciones adecuadas de secado y almacenamiento. Los AAL, a diferencia de los aminoácidos proteicos, se presentan en porcentajes muy variables debido a factores taxonómicos, biológicos, ecológicos y geográficos. Los componentes más representativos de la fracción de AAL son prolina (Pro), constituyente común en las plantas, y el ácido glutámico (Glu); la relación Pro/Glu se utiliza como indicador del estado de conservación y de la manipulación del polen (Baldi et al., 2004). Por otra parte, en el polen se encuentran los aminoácidos esenciales leucina (Leu), isoleucina (Ile), fenilalanina (Phe), valina (Val), treonina (Thr), triptófano (Trp) y metionina (Met) (Mărgăoan et al., 2010).

El polen apícola contiene principalmente proteínas simples; su contenido depende de la especie botánica y de su estado (fresco, seco o maduro) y fluctúa entre un 15 y 28% (Munitaegui et al., 1993; Baldi et al., 2004) (Tabla 1). Además, las proteínas del polen juegan un papel importante porque determinan las posibles interacciones polinizadores-plantas (Vit y Santiago, 2008).

Contenido de lípidos

Tanto los aceites vegetales como las grasas contienen un gran número de componentes lipídicos saponificables e insaponificables. El 98% del contenido lipídico corresponde a la fracción saponificable constituida por mono, di y triglicéridos (Tgs) (Guarrasi et al., 2010).

Algunos pólenes son particularmente ricos en lípidos (1-20% en base seca), dependiendo de la especie botánica de procedencia (Xu et al., 2011) (Tabla 1), permitiendo que las abejas los utilicen como fuente nutritiva para las larvas gracias al contenido representativo de ácidos grasos esenciales, linoléico (ω -6) y α -linoléico (ω -3), que permiten valorarlo nutricionalmente. Así mismo, se destacan ácidos grasos monoinsaturados (en inglés, MUFA): ácido oleico y ácido eicosenoico (Human y Nicolson, 2006), y los ácidos grasos saturados (AGS): ácido palmítico y araquídico (Bastos et al., 2004). En menor cantidad se encuentran los ácidos mirístico, lignocérico, eicosadienoico (Human y Nicolson, 2006), palmitoleico y margárico (Xu et al., 2011), behénico (Szcześna, 2006), y caprílico. En el grano de polen, autores como Llnskens y Jordé (1997), Serra Bonvehí y Escolà (1997), Human y Nicolson (2006), Szcześna (2006) y Feas et al. (2012), encontraron un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados (AGI), a diferencia de Bastos et al. (2004) y Xu et al. (2011) que reportan un mayor contenido de AGS y atribuyen propiedades antibacteriales a los ácidos grasos, capríco, láurico, mirístico, linoléico y linoléico.

El polen, además de contener ácidos grasos con número par de átomos de carbono (comúnmente presentes en aceites y grasas), también posee los ácidos grasos pentadecanoico y margárico: ácidos con un número impar de átomos de carbono (C-15 y C-17, respectivamente) (Xu et al., 2011) (Tabla 2).

Contenido de carbohidratos

Los monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (maltosa y sacarosa) y polisacáridos

Tabla 2. Contenido de ácidos grasos en el polen apícola según los autores que se indica.
Table 2. Fatty acid content in bee pollen according to the authors listed.

Ácidos grasos (%)	Autores							
	Serra y Escollà (1997)	Llinskens y Jorde (1997)	Bastos et al. (2004)	Szczésna (2006)	Human y Nicolson (2006)	Xu et al. 2011	Feas et al. (2012)	
Ácido caprílico (8:0)	0,59 ± 0,49	NR	4,8-tr	NR	NR	NR	NR	
Ácido láurico (12:0)	2,21 ± 0,74	NR	27,9-tr	NR	NR	NR	NR	
Ácido mirístico (14:0)	2,43 ± 0,85	3,7	6,4-1,2	0,71 ± 0,35	0,86	0,80 ± 0,01	NR	
Ácido pentadecanoico (15:0)	NR	NR	NR	NR	NR	1,32 ± 0,03	NR	
Ácido palmítico (16:0)	22,7 ± 3,6	24	27,8-tr	27,18 ± 1,12	14	44,78 ± 0,55	13,73 ± 5,93	
Ácido palmítico (16:1)	2,81 ± 1,51	4,1	NR	NR	NR	0,38 ± 0,07	NR	
Ácido margárico (17:0)	NR	NR	NR	NR	NR	1,71 ± 0,07	NR	
Ácido esteárico (18:0)	1,83 ± 0,80	4,1	4,5-tr	1,62 ± 0,36	4,85	2,84 ± 0,05	NR	
Ácido oleico (18:1); ω-9	12,4 ± 3,5	19	9,9-3,9	4,63 ± 1,44	11,71	18,93 ± 0,52	11,88 ± 5,04	
Ácido ricinoleico (18:2); ω-6	NR	NR	NR	NR	2,75	NR	NR	
Ácido linoléico (18:2); ω-6	31,3 ± 6,2	17	49,7-8,9*	13,03 ± 5,98	8,15	14,87 ± 0,20	18,96 ± 4,91	
Ácido α-linolénico (18:3); ω-3	19,1 ± 3,4	38	3,8-tr	46,14 ± 6,60	0,17	7,32 ± 0,12	41,52 ± 8,65	
Ácido γ-linolénico (18:3); ω-6	NR	NR	NR	NR	7,61	NR	NR	
Ácido araquídico(20:0)	0,48 ± 0,30	NR	42,7-8,9*	0,76 ± 0,19	0,97	NR	0,77 ± 0,96	
Ácido eicosenoico (20:1)	NR	NR	NR	NR	41,5	NR	0,93 ± 1,09	
Ácido eicosadienoico (20:2)	NR	NR	NR	NR	0,4	NR	NR	
Ácido behénico (22:0)	1,14 ± 0,65	NR	3,7-tr	0,39 ± 0,31	1,64	1,43 ± 0,06	NR	
Ácido brassico (22:2)	NR	NR	NR	NR	0,52	NR	NR	
Ácido lignocérico (24:0)	NR	NR	NR	0,73 ± 0,40	0,68	NR	NR	
TAGS	33,14	31,8	NR	31,39	23	52,89 ± 0,62	19,18	
TUFA	66,26	78,2	NR	63,61	73,3	41,5	73,29	
TMUFA	15,85	23,1	NR	4,63	53,2	19,31 ± 0,58	12,81	
TPUFA	50,4	55	NR	59,16	20,1	22,19 ± 0,30	60,48	

NR: No reportado; TAGS: Total de ácidos grasos saturados; TUFA: Total ácidos grasos insaturados; TMUFA: Total de ácidos grasos mono insaturados; TPUFA: Total de ácidos grasos poliinsaturados.

(almidón, celulosa y pectina), constituyen la porción principal del polen apícola, con un contenido en base seca bastante amplio (del 13 al 60%) (Munitaegui et al., 1993; Baldi . et al., 2004; Qian. et al., 2008). Su fluctuación depende de la especie de procedencia, las formas de recolección

y las condiciones de almacenamiento (Serra Bonvehí y Escollà, 1997; Märgåoan et al., 2010).

Contenido de fibra

La fibra es uno de los mejores atributos del polen y contribuye a una alimentación

nutricionalmente equilibrada y saludable, regulando el movimiento intestinal. La fibra en el polen (celulosa y esporopolenina) se ubica principalmente en la exina. Sin embargo, la lignina y hemicelulosa son parte de la fibra bruta del polen (Baldi et al., 2004; Luna, 2011). El contenido de fibra dietética fue determinado por Serra Bonvehí y Escolà (1997) utilizando el método descrito por Englyst y Hudson (1987), y hace referencia al contenido de polisacáridos diferentes al almidón (NPS), exceptuando la lignina y la esporopolenina. Los NPS se obtienen por remoción enzimática del almidón solubilizado y se expresan como la cantidad de azúcares liberados durante la hidrólisis. En un estudio realizado en España, Serra Bonvehí y Escolà (1997) encontraron que el contenido de fibra dietética en el polen apícola oscila entre un 10,6 y 15,9% (base seca).

En general, la composición proximal del polen apícola puede variar, según su origen botánico, y sus propiedades físicas, químicas y biológicas. El estudio de las características fisicoquímicas se establece conforme a las directrices postuladas en diferentes normas internacionales y en artículos técnicos reportados por autores como Mărgăoan et al. (2012); De Arruda et al. (2013b); y Modro et al. (2009). En el caso de Colombia no existe actualmente una norma que regule la calidad del producto, de modo que se hace necesario tomar

de referencia normas internacionales, como el Código Alimentario Argentino (Universidad Nacional del Litoral, 2011), o la Norma Brasileña (Saldanha Vargas, 2001), Norma Salvadoreña (Ochoa, 2003) y/o Norma Mexicana (2008)

Composición microscópica del polen

Contenido de vitaminas

Las vitaminas comprenden un grupo de componentes orgánicos necesarios para regular y mantener el buen estado de salud. Tienen composición química y función biológica diversa; son necesarias para la síntesis de cofactores esenciales, y para el desarrollo de numerosas, reacciones metabólicas controladas por enzimas y coenzimas (De Arruda et al., 2013b). Varios autores (Tabla 3) reportan que el polen es rico en complejos de vitamina B, ácido ascórbico, vitaminas liposolubles D y E; y sus niveles varían según la especie proveniente (Campos et al., 1997). Las vitaminas, en general, contribuyen a funciones vitales en la colmena y/o en la calidad del alimento. Así, las vitaminas hidrosolubles como el complejo B cumple un rol vital en la nutrición de las larvas de *Apis mellifera* (Loper et al., 1980), mientras la vitamina C (ácido ascórbico) resulta ser uno de los indicadores usado frecuentemente para demostrar la calidad nutricional de un alimento. Para el caso de vitaminas liposolubles, la vitamina E está

Tabla 3. Contenido de vitaminas en el polen según los autores que se indican.

Table 3. Vitamin content in bee pollen according to the authors listed.

Tipo de vitamina	Contenido de vitamina	Autores			
		De Arruda et al. (2013b)	De Arruda et al. (2013a)	Melo y Almeida-Muradian (2010)	
Hidrosolubles	Tiamina (B ₁)	950 ± 1,36	7,4 ± 0,13	NR	
	Riboflavina (B ₂)	910 ± 3,29	6,9 ± 0,08	NR	
	Vitamina B ₃	Nicotinamida	980 ± 5,98	73,9 ± 2,80	NR
		Ácido nicotínico	1100 ± 5,50	36,6 ± 0,87	NR
		Niacina	NR	114,6 ± 3,49	NR
	Ácido pantoténico (B ₅)	NR	NR	NR	
	Vitamina B ₆	Piridoxol	960 ± 4,39	0,9 ± 0,02	NR
		Piridoxal	970 ± 0,17	1,5 ± 0,05	NR
		Piridoxamina	920 ± 2,75	4,5 ± 0,05	NR
		Piridoxina	NR	6,4 ± 0,11	NR
	Biotina (B ₇)	NR	NR	NR	
	Ácido fólico (B ₉)	NR	NR	NR	
Ácido ascórbico (Vitamina C)	NR	NR	64,83 ± 1,34		
Liposolubles	Vitamina E	NR	NR	29,37 ± 1,78	
	Vitamina D	NR	NR	NR	

NR: No Reportado

presente en cantidad considerable en el polen apícola y es un antioxidante esencial para la protección de lípidos insaturados frente al daño oxidativo (Campos. et al., 1997; Serra Bonvehí y Escolà, 1997; Mărgăoan et al., 2010).

Contenido de minerales

Los minerales contenidos en la mayoría de los productos alimenticios son necesarios en pequeñas cantidades para el organismo (Contreras, 2004). El polen es fuente rica de oligominerales destacándose el Fe, Mg, Zn, Cu, Ca, Na y K (Mejías y Montenegro, 2012). La presencia de Zn, Cu y Fe y la relación K/Na hacen del polen apícola un alimento interesante para dietas balanceadas en su contenido mineral (Baldi et al., 2004) (Tabla 4). Sin embargo éste varía de acuerdo a la procedencia y ubicación de la planta de origen y a las condiciones de secado (Harmanescu et al., 2007; Campos et al., 2008).

Contenido de metabolitos secundarios

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas por las vías de la pentosa fosfato-shikimato y/o fenilpropanoide. Estructuralmente constan de un anillo aromático rodeado de uno o más sustituyentes hidroxilo y una gama de

moléculas fenólicas simples y polimerizadas que juegan un papel importante en las propiedades organolépticas y nutricionales de las plantas (Balasundram et al., 2006; Solgajová et al., 2014; Ulusoy y Kolayli, 2014). Además, son considerados beneficiosos para la salud, al disminuir el riesgo de enfermedades degenerativas causadas por el estrés oxidativo (Yıldiz et al., 2013). El polen, al ser un producto de origen vegetal, contiene compuestos fenólicos que originan sus diferentes propiedades.

Por otra parte, los flavonoides (grupo de polifenoles) son compuestos de bajo peso molecular que contienen 15 átomos de carbonos, distribuidos en tres anillos aromáticos (Fig. 2). El anillo A proviene de la vía acetato/maleato y el anillo B se genera a partir de la fenilalanina sintetizada vía shikimato. Según sean los sustituyentes presentes en el anillo C, se obtienen diferentes flavonoides: flavonoles, flavonas, flavanonas, flavonoles, isoflavonas, flavanonoles y antocianidinas (Bravo, 1998; Balasundram et al., 2006). Estos compuestos se encuentran en las plantas en forma glicosilada (El Gharras, 2009).

En el polen se han identificado alrededor de 25 compuestos entre flavonoles y ácidos glicosídicos, ácidos y derivados hidroxicinnámicos, flavonas y chalconas, responsables de su alta actividad

Tabla 4. Contenido de minerales en polen apícola según los autores que se indica.

Table 4. Content of minerals in bee pollen according to the authors listed.

Minerales (mg kg ⁻¹)	Autores				
	Baldi et al. (2004)	Contreras (2004)	Harmanescu et al. (2007)	Campos et al. (2008)	Carpes et al. (2009)
Na	189 ± 12,33	28	NR	NR	136,9 ± 202,5
K	4830 ± 182,38	400	NR	4000-20000	528,9 ± 5116,8
Ca	973 ± 76,20	178	NR	200-3000	377,5 ± 1031,9
Mg	1014 ± 55,56	94	NR	200-3000	184,2 ± 754,6
Fe	80 ± 3,90	NR	44,43	11-17	40,3 ± 70,7
Cu	11 ± 0,40	10,5	9,88	2-16	2,9 ± 11,4
Mn	23 ± 0,85	0,0072	12,78	20-210	25,5 ± 64,2
Zn	50 ± 2,14	75,5	54,35	30-250	9,2 ± 50,6
P	NR	194	NR	800-6000	872,6 ± 6923,6

NR: No Reportado

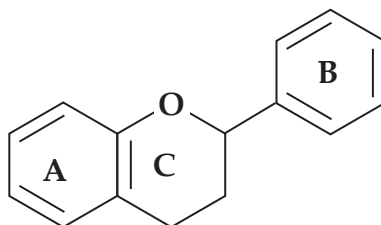


Fig. 2. Estructura general de los flavonoides

Tabla 5. Compuestos fenólicos identificados en el polen informado por varios autores.

Table 5. Phenolic compounds identified in pollen reported by several authors.

Compuestos fenólicos	Contenido en el polen (mg g ⁻¹)	Método	Tipo de extracto	Autor
Ácido abscisico	0,022 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Acido benzoico	0,102 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Ácido cafeico	0,41 ± 0,01	Cromatografía HPLC	Acuoso	Yen-Tin et al. (2011)
	0,028 ± 0,004	Cromatografía RP-HPLC	Metanol	Rebiai et al. (2013)
	0,011 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Ácido cinamico	0,023	Nano HPLC	Acetato de Etilo	Fanali et al. (2013)
Ácido clorogenico	0,42 ± 0,02	Cromatografía HPLC	Acuoso	Yen-Tin et al. (2011)
	0,48 ± 0,02	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
Ácido ferúlico	0,065 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
	0,14	Nano HPLC	Acetato de Etilo	Fanali et al. (2013)
	0,25 ± 0,01	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
	0,35 ± 0,02	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
Ácido gálico	0,69 ± 0,01	Cromatografía HPLC	Acuoso	Yen-Tin et al. (2011)
	1,46 ± 0,08	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
	0,41 ± 0,01	Cromatografía RP-HPLC	Metanol	Rebiai et al. (2013)
	0,009 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Ácido <i>o</i> -cumarico	0,036	Nano HPLC	Acetato de Etilo	Fanali et al. (2013)
	0,41 ± 0,04	Cromatografía HPLC	Acuoso	Yen-Tin et al. (2011)
Ácido <i>p</i> -cumarico	0,38 ± 0,01	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
	0,035 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Ácido <i>p</i> -OH benzoico	0,012 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Ácido siríngico	0,039 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Ácido <i>ter</i> -cinámico	0,019 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Ácido vanalico	0,035 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Catequina	0,13 ± 0,01	Cromatografía HPLC	Acuoso	Yen-Tin et al. (2011)
	0,52 ± 0,03	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
Crisina	0,343	Cromatografía HPLC	Metanol	Saric et al. (2009)
Galangina	0,232	Cromatografía HPLC	Metanol	Saric et al. (2009)
Hespetina	0,003	Nano HPLC	Acetato de Etilo	Fanali et al. (2013)
Isohamnetina	2,1	Cromatografía HPLC	Metanol	Saric et al. (2009)
Kaempferol	0,447	Cromatografía HPLC	Metanol	Saric et al. (2009)
	0,007	Nano HPLC	Acetato de Etilo	Fanali et al. (2013)
Metil galato	0,007 ± 0,002	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
Miricetina	0,26 ± 0,01	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
Naringenina	0,022	Nano HPLC	Acetato de Etilo	Fanali et al. (2013)
Pinocembrina	0,363	Cromatografía HPLC	Metanol	Saric et al. (2009)
	0,982	Cromatografía HPLC	Metanol	Saric et al. (2009)
	0,095 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)
Quercetina	0,029	Nano HPLC	Acetato de Etilo	Fanali et al. (2013)
	0,68 ± 0,03	Cromatografía HPLC	Etanol 50%	Yen-Tin et al. (2011)
Rutina	0,054 ^a	Cromatografía HPLC	Metanol	Ulusoy y Kolayli (2014)

HPLC: Cromatografía Líquida de Alta Resolución; RP-HPLC: Cromatografía Líquida de Alta Resolución en fase reversa; Nano-LC: Cromatografía Líquida de Alta Resolución a Nivel Nanométrico. ^a Datos reportados en mg 100g⁻¹

antioxidante (Tabla 5) (Campos et al., 1997; Almaraz-Abarca et al., 2007; Morais et al., 2011; Yen-Tin et al., 2011; Chantarudee et al., 2012; Fanali et al., 2013). Adicionalmente en la Tabla 5 se especifica la concentración de cada compuesto contenido en el polen, el solvente utilizado en la extracción y el método de análisis empleado para la identificación de estos compuestos. En cuanto a los métodos utilizados en la identificación se encuentran, principalmente, métodos cromatográficos (HPLC, RP-HPLC y Nano-LC). Los extractos obtenidos fueron etanólicos (EtOH), metanólicos (MeOH), acetato de etilo, acuosos y orgánico-acuosos (EtOH-H₂O).

Actividad antioxidante

Existen muchas publicaciones en las que se mencionan las funciones terapéuticas de los polifenoles en los organismos vivos, destacándose la actividad antioxidante, debida a la presencia de dobles enlaces, al número de grupos hidroxilo unidos al anillo, a la estructura química y a la orientación relativa de las moléculas (Bravo, 1998; Carpes et al., 2008; Carpes et al., 2009). La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos en alimentos se puede determinar por métodos analíticos directos e indirectos. El principio básico de los métodos directos consiste en medir la acción reductiva de los antioxidantes redox-activos (donantes de electrones), o medición de la reducción de un componente por medio de un cambio en la señal indicadora.

Los resultados de actividad antioxidante de un extracto dependen, principalmente, de la metodología utilizada, debido a que cada método emplea diferentes agentes oxidantes y reductores (Margaoan et al., 2013). En la Tabla 6 se relacionan los métodos colorimétricos ABTS, TEAC, Ferrocianuro/azul de Prusia, Folin-Ciocalteu, FRAP, DPPH, CUPRAC y TBARS, utilizados comúnmente en la determinación de la actividad antioxidante. Los agentes antioxidantes tienen la capacidad de neutralizar radicales libres (RL) generados por causas externas, tales como radiaciones: ultravioleta, ionizantes y quimioterapias (Nakajima et al., 2009). Los RL son especies químicas altamente reactivas que promueven la oxidación de moléculas como ADN, ARN, proteínas y lípidos, causan daño a diferentes componentes celulares y conllevan a enfermedades cardiovasculares y al desarrollo de ciertos tipos de cáncer (De Castro, 2001).

El polen apícola es reconocido como la principal fuente de antioxidantes debido a la capacidad de secuestro de radicales libres en el organismo y la inhibición de la peroxidación de los lípidos (Almaraz-Abarca et al., 2004). En la

Tabla 7 se muestran los métodos utilizados en su determinación.

CONCLUSIONES

La presente revisión muestra la composición macro y microscópica del polen, encontrando que contiene carbohidratos, proteínas y aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales (ω -3, ω -6) y ω -9, fibra dietaria, vitaminas y oligominerales que permiten catalogarlo como un alimento de alto valor nutricional. No obstante el contenido de cada uno de estos componentes varía por factores ambientales, botánicos y de procesamiento. Adicionalmente, el polen es un producto beneficioso para la salud porque contiene gran cantidad de compuestos polifenólicos, entre los que se destacan los flavonoides glicosídicos, quercetina, ácidos gálico y *p*-cumárico, rutina y catequinas. Todos estos polifenoles son los responsables de la gran capacidad antioxidante del polen, demostrada por varios autores y diversos métodos analíticos.

LITERATURA CITADA

- Almaraz-Abarca, N., M.d.G. Campos, J.A. Ávila-Reyes, N. Naranjo-Jiménez, J. Herrera-Corral, and L.S. González-Valdez. 2004. Variability of antioxidant activity among honeybee-collected pollen of different botanical origin. *Interciencia* 29:574-578.
- Almaraz-Abarca, N., M.G. Campos, J.A. Ávila-Reyes, N. Naranjo-Jiménez, J. Herrera Corral, and L.S. González-Valdez. 2007. Antioxidant activity of polyphenolic extract of monofloral honeybee-collected pollen from mesquite (*Prosopis juliflora*, Leguminosae). *Journal of Food Composition and Analysis* 20(2):119-124. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.08.001.
- Almeida-Muradian, L.B., L.C. Pamplona, S.L. Coimbra, and O.M. Barth. 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis* 18(1):105-111. DOI: 10.1016/j.jfca.2003.10.008.
- Apak, R., S. Gorinstein, V. Böhm, K.M. Schaich, M. Özyürek, and K. Güçlü. 2013. Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity/activity (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry* 85(5). DOI: 10.1351/pac-rep-12-07-15.
- Balasundram, N., K. Sundram, y S. Samman. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem.* 99(1):191-203. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.042.

Tabla 6. Métodos colorimétricos para determinar actividad antioxidante reportada por los autores que se indican
 Table 6. Colorimetric methods to determine antioxidant activity reported by the authors listed

Método	Características	Reacción
ABTS/TEAC	ABTS: 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico); TEAC: Capacidad antioxidante del equivalente Trolox. Medición a 734 nm (Apak et al., 2013)	$ABTS + K_2S_2O_4 \rightarrow ABTS^{*+}$ $ABTS^{*+} + ArOH \rightarrow ABTS + ArO\bullet + H^+$
Ferrocianuro/ Azul de Prusia	El uso de oxidantes cromógenos $Fe(CN)_6^-$ - iones de hierro, y la adición de dodecil sulfato de sodio, a pH óptimo de 1,7, precipita el azul de Prusia ($K_4Fe[Fe(CN)_6]$), que absorbe a 700 nm (Apak et al., 2013)	$Fe(CN)_6^{4-} + Fe^{3+} + K^+ \rightarrow K_4Fe[Fe(CN)_6]$
Folin-Ciocalteu	El reactivo oxidante con centro activo de Mo(VI) presente en el heteropolíácido compuesto de molibdofosfotungsteno, absorbe a 765 nm (Apak et al., 2013)	$Mo(VI)_{(amarillo)} + e^- (\text{del AH}) \rightarrow Mo(V)_{(azul)}$ $3H_2O - P_2O_4 - 13WO_3 - 5M_0O_3 - 10H_2O$
FRAP	Ensayo basado en la habilidad del antioxidante para formar el complejo Fe^{2+} -TPTZ (TPTZ: 2,4,6-tripiridil-s-triazina), a pH óptimo de 3,6 que absorbe a 595 nm (Ulusoy y Kolayli, 2014)	$Fe([TPTZ])_2^{2+} + ArOH \rightarrow Fe([TPTZ])_2^{1+} + ArO\bullet + H^+$
DPPH	La capacidad del radical DPPH•, [2,2-di(4-ter-octilfenil)-1-picrilhidrazilo], para aceptar un electrón o un hidrógeno y formar una molécula diamagnética estable que disminuye la absorbancia a 515 nm (Solgajová et al., 2014)	$DPPH + ArOH \rightarrow DPPH + ArO\bullet + H^+$
CUPRAC	Método basado en la formación del complejo estable neocuproina-Cu(I) que absorbe a 450 nm (Ulusoy y Kolayli, 2014)	$nCu(NC)_2^{2+} + Ar(OH)_n \rightarrow nCu(NC)_2^+ + Ar(=O)_n + nH^+$
TBARS	Método que monitorea la peroxidación de lípidos a través de la reacción del malondialdehído-ácido tiobarbitúrico, MDA-TBA, formando el complejo coloreado que absorbe a 535 nm (Lopes et al., 2011)	$MDA + TBA \rightarrow MDA - TBA$

Tabla 7. Métodos utilizados para determinar la actividad antioxidante en extractos del polen usados por varios autores.**Table 7. Methods used to determine the antioxidant activity in extracts of pollen used by several authors.**

Método	Tipo de extracto	Autor
Actividad quelante de metales	Metanol-agua	Sardar et al. (2014)
Actividad secuestrante de peróxido de hidrogeno	Agua fría / Agua caliente	Yen-Tin et al. (2011)
Blanqueamiento β -carotenos / ácido linoleico	Etanol	Carpes. et al. (2008)
DPPH+	Agua	Graikou et al. (2011)
DPPH+	Metanol	Khider et al. (2013)
	Acetato de etilo	Silva et al. (2006)
FRAP	Metanol	LeBlanc. et al. (2009)
Reducción del ion Molibdeno Voltametría cíclica	Metanol	Rebiai y Lanez (2013a)
TBARS	Etanol	Almaraz-Abarca et al. (2007)

- Balkanska, R., y M. Ignatova. 2012. Chemical composition of multifloral bee pollen from Bulgaria. p. 375-378. In 6th Central European Congress on Food. CE Food, 23 - 26 de mayo de 2012. Serbia, Bulgaria.
- Bastos, D.M., O.M. Barth, C.I. Rocha, I.D.S. Cunha, P.d.O. Carvalho, E. Silva, and M. Michelan. 2004. Fatty acid composition and palynological analysis of bee (*Apis*) pollen loads in the states of São Paulo and Minas Gerais, Brazil. *Journal of Apicultural Research* 43(2):35-39.
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.* 56(11):317-333.
- Campos, M., K.R. Markham, K.A. Mitchell, and A.P. Da Cunha. 1997. An approach to the characterization of bee pollens via their flavonoid/phenolic profiles. *Phytochemical Analysis* 8(4):181-185. DOI: 10.1002/(sici)1099-1565(199707)8:4<181::aid-pca359>3.0.co;2-a
- Campos, M.G., S. Bogdanov, L.B. Almeida-Muradian, T. Szczêsna, Y. Mancebo, C. Frigerio, and F. Ferreira. 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research and Bee World* 47(2):156-163.
- Carpes, S.T., G.B. Mourao, and M.L. Masson. 2009. Chemical composition and free radical scavenging activity of *Apis mellifera* bee pollen from Southern Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology* 12(03):220-229. DOI: 10.4260/bjft20098009000016
- Carpes, S.T., A. Prado, I.A.M. Moreno, G.B. Mourão, S.M.d. Alencar, e M.L. Masson. 2008. Avaliação do potencial antioxidante do pólen apícola produzido na região sul do Brasil. *Química Nova* 31:1660-1664.
- Contreras, O. 2004. Relación entre el contenido de caroteno, color y características botánicas del polen corbicular. Tesis Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Chantarudee, A., P. Phuwapraisirisan, K. Kimura, M. Okuyama, H. Mori, A. Kimura, and C. Chanchao. 2012. Chemical constituents and free radical scavenging activity of corn pollen collected from *Apis mellifera* hives compared to floral corn pollen at Nan, Thailand. *BMC Complement Altern Med.* 12(1):45. DOI: 10.1186/1472-6882-12-45
- De Arruda, V.A., A.A. Pereira, L.M. Estevinho, and L.B. De Almeida-Muradian. 2013a. Presence and stability of B complex vitamins in bee pollen using different storage conditions. *Food Chem. Toxicol.* 51:143-148. DOI: 10.1016/j.fct.2012.09.019
- De Arruda, V.A., A.A. Pereira, A.S. De Freitas, O.M. Barth, and L.B. De Almeida-Muradian. 2013b. Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition. *Journal of Food Composition and Analysis* 29(2):100-105. DOI: 10.1016/j.jfca.2012.11.004
- De Castro, S.L. 2001. Propolis: biological and pharmacological activities. therapeutic uses of this bee-product. *Ann. Rev. Bioed. Sci.* 3:49-83.
- Diego-Taboada, A., S.T. Beckett, S.L. Atkin, y G. Mackenzie. 2014. Hollow pollen shells to enhance drug delivery. *Pharmaceutics* 6(1):80-

96. DOI: 10.3390/pharmaceutics6010080
- El Gharras, H. 2009. Polyphenols: food sources, properties and applications. A review. *International Journal of Food Science & Technology* 44(12):2512-2518. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2009.02077.x
- Englyst, H.N., y G.J. Hudson. 1987. Colorimetric method for routine measurement of dietary fibre as non-starch polysaccharides. A comparison with gas-liquid chromatography. *Food Chem.* 24(1):63-76. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146\(87\)90084-7](http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146(87)90084-7)
- Fanali, C., L. Dugo, and A. Rocco. 2013. Nano-liquid chromatography in nutraceutical analysis: determination of polyphenols in bee pollen. *J. Chromatogr. A.* 1313:270-274. DOI: 10.1016/j.chroma.2013.06.055
- Feas, X., M.P. Vazquez-Tato, L. Estevinho, J.A. Seijas, and A. Iglesias. 2012. Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules* 17(7):8359-8377. DOI: 10.3390/molecules17078359
- Gonzalez-Martin, I., J.M. Hernandez-Hierro, N. Barros-Ferreiro, C. Cordon, and R.J. Garcia-Villanova. 2007. Use of NIRS technology with a remote reflectance fibre-optic probe for predicting major components in bee pollen. *Talanta* 72(3):998-1003. DOI: 10.1016/j.talanta.2006.12.039
- Graikou, K., S. Kapeta, N. Aligiannis, G. Sotiroudis, N. Chondrogianni, E. Gonos, and I. Chinou. 2011. Chemical analysis of Greek pollen - Antioxidant, antimicrobial and proteasome activation properties. *Chem. Cent. J.* 5(1):33. DOI: 10.1186/1752-153X-5-33
- Guarrasi, V., M.R. Mangione, V. Sanfratello, V. Martorana, and D. Bulone. 2010. Quantification of underivatized fatty acids from vegetable oils by HPLC with UV detection. *J. Chromatogr. Sci.* 48(8):663-668.
- Harmanescu, M., D. Bordean, and I. Gergen. 2007. Heavy metals contents of bee's pollen from different locations of Romania. *Lucrari Stiintifice* 40:253-260.
- Human, H., and S.W. Nicolson. 2006. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greeheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry* 67(14):1486-1492. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.05.023
- Khider, M., K. Elbanna, A. Mahmoud, and A.A. Owayss. 2013. Egyptian honeybee pollen as antimicrobial, antioxidant agents, and dietary food supplements. *Food Science and Biotechnology* 22(5):1-9. DOI: 10.1007/s10068-013-0238-y
- LeBlanc, B.W., O.K. Davis, S. Boue, A. DeLucas, and T. Deeby. 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chem.* 115(4):1299-1305. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.01.055
- Llonskens, H.F., y W. Jorde. 1997. Pollen as food and medicine—A review. *Economic Botany* 51(1):78-86. DOI: 10.1007/bf02910407
- Loper, G.M., L.N. Standifer, M.J. Thompson, y M. Gilliam. 1980. Biochemistry and microbiology of bee-collected almond (*Prunus dulcis*) pollen and bee bread. I- Fatty acids, sterols, vitamins and minerals. *Apidologie* 11(1):63-73.
- Lopes, J., O.G. Stanciu, M.G. Campos, N. Almaraz-Abarca, L.B. Almeida-Muradian, y L.A. Marghitas. 2011. Bee pollen antioxidant activity - A review: Achievements and further challenges. *J. Phcog.* 2(2):25-38. DOI: <http://www.bioinfo.in/contents.php?id=70>
- Luna, C. 2011. Estudio del efecto de promotores inmunológicos de origen natural (propóleo, polen) y su incidencia en la producción de pollos de engorde, en el sector el Tejar, provincia de Imbabura. Tesis en Ingeniería Agropecuaria. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador.
- Mărgăoan, R., L.A. Mărghitaş, D. Dezmirean, O. Bobis, L. Tomos, C. Mihai, and V. Bonta. 2013. Honeybee-collected pollen from Transylvania: palynological origin, phenolic content and antioxidant activity. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary* 70(2):311-315.
- Mărgăoan, R., L.A. Mărghitaş, D. Dezmirean, C.M. Mihai, and O. Bobiş. 2010. Bee collected pollen - general aspects and chemical composition. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary* 67(1/2):254-259.
- Mejias, E., and G. Montenegro. 2012. The antioxidant activity of Chilean honey and bee pollen produced in the Llaima volcano's zones. *Journal of Food Quality* 35(5):315-322. DOI: 10.1111/j.1745-4557.2012.00460.x
- Melo, I.L.P.d., and L.B.d. Almeida-Muradian. 2010. Stability of antioxidants vitamins in bee pollen samples. *Química Nova* 33:514-518.
- Modro, A.F., I.C. Silva, C.F. Luz, and D. Message. 2009. Analysis of pollen load based on color, physicochemical composition and botanical source. *An. Acad. Bras. Cienc.* 81(2):281-285.
- Morais, M., L. Moreira, X. Feas, and L.M. Estevinho. 2011. Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food Chem. Toxicol.* 49(5):1096-1101. DOI: 10.1016/j.fct.2011.01.020
- Munitaegui, S., T. Sancho, L. Terradillos, J. Huidobro, y J. Simal-Lozano. 1993. Composición del polen apícola. *Vida Apícola* 59:44-48.

- Nakajima, Y., K. Tsuruma, M. Shimazawa, S. Mishima, and H. Hara. 2009. Comparison of bee products based on assays of antioxidant capacities. *BMC Complement Altern Med.* 9(4):1-9. DOI: 10.1186/1472-6882-9-4
- Nicolson, S.W., and H. Human. 2012. Chemical composition of the 'low quality' pollen of sunflower (*Helianthus annuus*, Asteraceae). *Apidologie* 44(2):144-152. DOI: 10.1007/s13592-012-0166-5
- Ochoa, C. 2003. Norma salvadoreña obligatoria: Calidad de propoleo crudo NSO. 65.19.02:03. Diario Oficial 8 de agosto. Salvador, El Salvador
- Qian, W.L., Z. Khan, D.G. Watson, and J. Fearnley. 2008. Analysis of sugars in bee pollen and propolis by ligand exchange chromatography in combination with pulsed amperometric detection and mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis* 21(1):78-83. DOI: 10.1016/j.jfca.2007.07.001
- Norma Mexicana. 2008. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-polen (pollinis)-especificaciones. NMX-FF-094-SCFI-2008. Diario Oficial de la Federación, México D.F. <http://www.economia-nmx.gob.mx>.
- Rebiai, A., and T. Lanez. 2013a. A facile electrochemical analysis to determine antioxidant activity of bee pollen. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 9:31-38.
- Rebiai, A., T. Lanez, y M.L. Belfar. 2013b. Determination of caffeic acid and gallic acid in Algerian bee pollen by an HPLC method. In 4^o Phytochem & BioSub Conference, Algeria.
- Saavedra C, K.I., C. Rojas I, y G.E. Delgado P. 2013. Características polínicas y composición química del polen apícola colectado en Cayaltí (Lambayeque - Perú). *Revista Chilena de Nutrición* 40:71-78.
- Saldanha Vargas, R. 2001. Instrução Normativa N^o 3. Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de apitoxina, cera de abelha, geléia real, geléia real liofilizada, pólen apícola, própolis e extrato de própolis. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro, Brazil.
- Sardar, A.A., Z.U. Akhan, A. Perveen, S. Farid, and I. Khan. 2014. *In vitro* antioxidant potential and free radical scavenging activity of various extracts of pollen of *Typha domingensis* Pers. *Pak. J. Pharm. Sci.* 27(2):279-284.
- Saric, A., T. Balog, S. Sobocanec, B. Kusic, V. Sverko, G. Rusak, S. Likic, D. Bubalo, B. Pinto, D. Reali, and T. Marotti. 2009. Antioxidant effects of flavonoid from Croatian *Cystus incanus* L. rich bee pollen. *Food Chem. Toxicol.* 47(3):547-554. DOI: 10.1016/j.fct.2008.12.007
- Serra Bonvehí, J., and R. Escolà Jordà. 1997. Nutrient composition and microbiological quality of honeybee-collected pollen in Spain. *J. Agric. Food Chem.* 45(3):725-732. DOI: 10.1021/jf960265q
- Silva, T.M.S., C.A. Camara, A.C. Da Silva Lins, J. Maria Barbosa-Filho, E.M.S. Da Silva, B.M. Freitas, and F. De Assis Ribeiro. 2006. Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(6-7):507-511. DOI: 10.1016/j.jfca.2005.12.011
- Solgajová, M., E. Ivanišová, J. Nôžkova, H. Frančáková, Ž. Tóth, and Š. Dráb. 2014. Antioxidant activity and polyphenol content of malt beverages enriched with bee pollen. *J. Microbiol. Biotech. Food Sci.* 3(3):281-284.
- Szczęsna, T. 2006. Long-chain fatty acids composition of honeybee-collected pollen. *Journal of Apicultural Science* 50(2):65-79.
- Ulusoy, E., y S. Kolayli 2014. Phenolic composition and antioxidant properties of anzer bee pollen. *Journal of Food Biochemistry* 38(1):73-82. DOI: 10.1111/jfbc.12027
- Universidad Nacional del Litoral. 2001. Código Alimentario Argentino. Esperanza, Argentina.
- Vit, P., y B. Santiago. 2008. Composición química de polen apícola fresco recolectado en el páramo de Misintá de los Andes venezolanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58:411-415.
- Xu, X., J. Dong, X. Mu, and L. Sun. 2011. Supercritical CO₂ extraction of oil, carotenoids, squalene and sterols from lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) bee pollen. *Food and Bioprocesses* 89(1):47-52. DOI: 10.1016/j.fbp.2010.03.003
- Yang, K., D. Wu, X. Ye, D. Liu, J. Chen, and P. Sun. 2013. Characterization of chemical composition of bee pollen in China. *J. Agric. Food Chem.* 61(3):708-718. DOI: 10.1021/jf304056b
- Yen-Tin, K., L. Min-Jer, and C. Chinshuh. 2011. Preliminary analyses of phenolic compounds and antioxidant activities in tea pollen extracts. *Journal of Food and Drug Analysis* 19(4):470-477.
- Yildiz, O., Z. Can, O. Saral, E. Yulug, F. Ozturk, R. Aliyazicioglu, S. Canpolat, and S. Kolayli 2013. Hepatoprotective potential of chestnut bee pollen on carbon tetrachloride-induced hepatic damages in rats. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 2013:461-478. DOI: 10.1155/2013/461478