

**Sistema trazable en el proceso de extracción
y beneficio del polen corbicular colectado por *Apis mellifera* L.
(Hymenoptera: Apidae) en la zona Altoandina de Boyaca, Colombia**

Guillermo Salamanca Grosso*, Mónica Patricia Osorio Tangarife y Andrés Mauricio Gutiérrez Ortiz

Universidad del Tolima Campus Universitario de Santa Elena parte Alta Facultad de Ciencias Departamento de Química
Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos, A. A. 546
Ibagué Tolima Colombia. *Correo electrónico: salamancagrosso@gmail.com.

RESUMEN

El polen corbicular en un producto colectado por las abejas que después de un delicado proceso de aglomeración, y tras su estabilización por secado, ha ganado importancia comercial en el mercado de los productos naturales gracias a sus propiedades nutricionales y terapéuticas. En este trabajo se evaluó el origen y condiciones de producción del polen corbicular beneficiado en la Campiña Altoandina de Boyacá (Colombia). Se reconoció el proceso histórico, ubicación y trayectoria del producto beneficiado en 45 instalaciones apícolas reunidas en 572 colmenas y sistemas de procesado desde la zona de beneficio hasta su estabilización por secado. Se consideraron las líneas de manejo, alimentación y operaciones de mantenimiento en los apiario, bajo criterios de buenas prácticas apícolas y gestión de puntos críticos. El origen del polen procede principalmente de 35 taxones correspondientes a 18 familias botánicas. Las propiedades físicoquímicas y la incidencia de agentes microbiológicos de deterioro fueron consideradas como criterio de calidad en el proceso de trazabilidad. El polen corbicular seco, contiene 4,10 a 5,80 p/p% de humedad. La limpieza y tamizado final son indicadores de los atributos del producto que en la zona de estudio es multifloral con diferentes tipos de tonalidades, principalmente amarillo, naranja y café. La temperatura óptima para el proceso de secado es de $42\pm 3^{\circ}\text{C}$. La implementación del sistema trazable, permite evaluar las características y condiciones del producto en sus diferentes etapas de proceso posibilitando registros y controles de manera sistemática a través de software. El trabajo realizado contribuye a un modelo trazable para los productos apícolas propendiendo por la inocuidad del producto y salud de los consumidores.

Palabras clave: apicultura, inocuidad, control de calidad, polen corbicular, puntos críticos, alimentos, propiedades físicoquímicas, trazabilidad.

**Traceable system in the process of extraction and Corbicula pollen collected
by *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)
in the high Andean zone of Boyaca, Colombia**

ABSTRACT

Corbicula pollen is a product collected by bees that after a delicate process of agglomeration, and stabilization, by drying has gained commercial importance in the marketing of natural products due to its nutritional and therapeutic properties. In this work we consider the origin and conditions for pollen production at highland lands mountains in Boyacá (Colombia). Traceable process has been recognized history, location and path of pollen from 45 facilities 572 qualifying bee hives and three processing systems from benefit area until their stabilization by drying also has been considered a line handling, feeding and maintenance on the apiary, following quality criteria, management practices for critical and hazard points. The origin of pollen analyzed belongs to 35

taxa of 18 botanical families. Physicochemical and microbiological properties are included; optimal temperatura for raw pollen in the drying process is $42,5 \pm 3^{\circ}\text{C}$, moisture in dry pollen is in the rank from 4,10 to 5,80% w/w, multifloral origin with yellow, orange and brown color composition are distinguishable. The implementation of traceable system allows evaluate the characteristics and conditions product at different stages of process in systematic way using controls through software. Work contributes to a model made traceable to bee products tending for product safety and consumer health.

Keywords: beekeeping, food safety, corbicular pollen, quality control, HACCP.

INTRODUCCIÓN

El polen, es un producto natural generado a partir de las anteras de las flores de las plantas superiores, considerado como alimento de alto valor biológico, por su aporte en proteínas, vitaminas y minerales; el polen corbicular y alveolar corresponde a un aglomerado de granos de polen de diferentes fuentes botánicas, que son recogidos por las abejas y al que le han adicionado néctar y secreciones de las glándulas hipofaríngeas entre ellas la enzima β -glucosidasa; se le considera una buena fuente nutricional, beneficiosos para la salud, en particular debido a la presencia de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes (González, 1984; Serra y Gonell-Galindo, 1986; Serra y MartiI, 1987; Munitaegui, *et al.*, 1993).

Por su aporte de aminoácidos libres, proteínas, vitaminas y minerales se ha posicionado en el mercado selectivo entre los consumidores de productos naturales en virtud a sus propiedades funcionales, se emplea como suplemento en alimentación humana, cosmetología y procesos terapéuticos. También es un regulador del equilibrio orgánico, estimulante del crecimiento, regulador de funciones vitales (Kroyer y Hegedus, 2001; Campos *et al.*, 2003; 2008; Almeida-Muradian *et al.*, 2005; Marchini *et al.*, 2006). El análisis de los componentes estructurales del polen lo posicionan como un alimento tipo II, es decir aporta todos los aminoácidos esenciales, (Nicolau *et al.*, 1976; Serra y Escolá, 1997; Serra *et al.*, 2001; Isla *et al.*, 2001; García *et al.*, 2001; Del Risco, 2004; Bogdanov, 2004; Leja *et al.*, 2007; Salamanca *et al.*, 2008).

Los productos de la colmena como la miel, propóleos, jalea real y polen, están sujetos a programas de regulación y control por su condición de alimento. En la industria alimentaria, los sistemas de elaboración y procesado, reconocen actualmente la trazabilidad, como una herramienta de apoyo,

al integrar y reconocer el proceso histórico de las materias primas, su ubicación y trayectoria o lote de productos a lo largo de la cadena productiva, desde su origen hasta su estado de consumo. El sistema trazable se puede englobar dentro del amplio enfoque de los autocontroles de los operadores económicos; el establecimiento del sistema proporciona a la administración del sistema de producción una mayor confianza y otorga a los consumidores de los productos una garantía de calidad (Cordon, 2006). La optimización de sistemas trazables, permite a la administración una mayor eficacia en gestión de incidencias, crisis o alertas sobre seguridad (Baldi *et al.*, 2004; Briz y De Felipe, 2006).

Los sistemas de control y verificación de procesos trazables se pueden estructurar a partir de programas de calidad. El sistema de análisis de peligros y puntos de control crítico (SCPC), dentro de las actividades apícolas, constituye como un enfoque preventivo de los riesgos fitosanitarios vinculados al sistema de producción, (Bravo, 1994; Cañas y Sierra, 1997; Aranda, 1999; Baldi, 1999); la implementación del sistema representa una aproximación sistemática a la identificación, evaluación y control de los peligros asociados a la producción y manipulación de las cargas de polen, empleando variables fáciles de medir, aporta un enfoque preventivo que convergen a no poseer defectos. El enfoque al SCPC se puede realizar desde las buenas prácticas de manufactura, que convergen a la generación de productos inocuos (Salamanca *et al.*, 2002; 2008; Leja *et al.*, 2007; Guzmán, 2005; Briz y De Felipe, 2006; Franky, 2008).

Colombia posee cerca de 44.000 especies de plantas fanerógamas y un régimen pluviométrico constante, suficiente para el mantenimiento de la flora hasta condiciones satisfactorias durante la mayor parte del año en las diferentes zonas de vida, ofreciendo flujos apreciables de néctar y polen necesario para el mantenimiento de la colmena y la explotación racional

del sistema apícola. A nivel nacional no existen normativas para el control y aseguramiento de la calidad del polen, el beneficio de éste producto está en función de la demanda de un grupo de consumidores que han reconocido sus propiedades nutricionales; en el mercado se presentan pólenes diversos sin que se hayan establecido parámetros de calidad, ni su origen biogeográfico o botánico, condición que obliga al estudio no solo de sus propiedades sino las condiciones de beneficio bajo sistemas de calidad. El objetivo del presente trabajo se ha centrado en la implementación de las condiciones de beneficio y sistema trazable para el polen colectado en la zona altoandina de Boyacá, desde su origen fitogeográfico, los aspectos de sanidad y tipo de alimentación de las colmenas, así como el tipo y manejo de trampas y proceso de estabilización del producto por deshidratación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha evaluado el sistema apícola productivo para el beneficio del polen en las principales zonas apícolas en el departamento de Boyacá, tras la implementación de elementos de buenas prácticas de producción (BPP) y el desarrollo del SCPC cuyas directices se reúnen en el Cuadro 1. En la implementación se consideraron los criterios del Decreto 3075 de 1997 del Ministerio de Salud en Colombia; estas acciones condujeron a la creación de un sistema de control y trazabilidad en 45 instalaciones apícolas que reúnen 572 colmenas y 3 sistemas de procesado para reducción de humedad y la actividad de agua en el producto beneficiado. En la generación de árboles de trazabilidad se usó el software iLEAN Writer 2.0 y Reader 2.0™, donde se incluyeron las actividades del proceso.

Cuadro 1. Principios y consideraciones para el proceso de implementación de un sistema de control de puntos críticos.

Principios (SCPC)	Criterio	Pasos
1. Identificación los peligros potenciales asociados a la producción.	Producto	1. Definir los términos de referencia.
2. Determinar los puntos, procedimientos o fases del proceso que pueden controlarse con el fin de eliminar el o los peligros o, en su defecto, reducir al mínimo la posibilidad de que ocurra(n).		2. Selección del equipo SCPC. 3. Describir el producto. 4. Identificar las intenciones de uso.
3. Establecer un límite o límites críticos que deben ser cumplidos para asegurar que los PCC estén bajo control.	Proceso	5. Construcción del diagrama de flujo.
4. Establecer un sistema para vigilar el control de los PCC mediante pruebas u observaciones programadas.		6. verificación “in situ” del diagrama de flujo. 7. Identificar los peligros asociados a cada fase del proceso y todas las medidas preventivas.
5. Establecer las medidas correctoras que han de adoptarse cuando la vigilancia indica que un determinado punto crítico de control (PCC) no está controlado.	SCPC	8. Determinar los PCC.
6. Establecer procedimientos de verificación para confirmar que el sistema de APPCC funciona eficazmente.		9. Establecer los límites críticos para cada PCC. 10. Establecer un sistema de vigilancia para cada PCC. 11. Establecer un plan de acciones correctoras.
7. Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación.	Registros	12. verificación de registros. 13. Establecer el mantenimiento de la documentación. 14. Revisión del plan SCPC.

Los registros de posicionamiento global se identificaron a través de GPS Garmin-Etrex™.

La zona de estudio: el trabajo se realizó en los entornos rurales de 13 municipios con incidencia en bosques de cliserie en la zona altoandina de Boyacá en las localidades de Belén (5°54'41.8" N; 72°56'26.3" O), Cerinza (5°56'2.04"N; 72°57'3.93"O), Duitama (5°46'91"N; 73°02'25"O), Firavitoba (5°41'20"N; 73°01'21"O), Nobsa (5°46'50"N; 72°58'06"O), Paipa (5°46'17"N; 73°02'25" O), Paz del Rio (5°59'57.1" N; 72°44'49.9" O), Santa Rosa (5°50'25.8" N; 73°00'32,9" O), Sotaquirá (5°46'25.5" N; 73°15'24.8" O), Tibasosa (5°46'91"N; 73°04'58" O), Toca (5°36'54,6"N; 73°13'2.40"O), Tutazá (6°03'31.8"N; 72°50'27.8"O) y Viracaha (5°26'44.8" N; 73°17'44.5" O).

Las condiciones fisiográficas del entorno principalmente están asociadas a un sistema de bosque andino que se caracteriza por la presencia de laderas bajas entre 2550-2600 y 2750-2800 m.s.n.m., una temperatura media entre 12 y 14°C, el régimen pluviométrico de 600 a 900 mm/año.

Origen botánico: el estudio del polen de origen apícola es una de las aplicaciones más interesantes de la palinología, contribuyendo así con información útil en cuanto a la relación existente entre el comportamiento ecológico y biológico de las abejas. Se realizaron excursiones de campo a la zona de estudio colectando especies botánicas de las cuales deriva la colecta de polen; en el herbario Toli de la Universidad del Tolima se realizó la caracterización taxonómica de las plantas colectadas y verificadas en la base de datos del herbario de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Muestras de anteras se acetolizaron siguiendo la metodología de Erdtman (1969) y las modificaciones propuestas por Fonnegra (1997). La placas se montaron usando gelatina glicerina preparada conforme a la técnica de Erdmant (1971) y Carretero (1989). La valoración cromática de las cargas de polen se realizó, tomando 10 g de muestra fresca extraídas de los apiarios visitados.

Los componentes por color de 17 muestras, fueron separadas manualmente con ayuda de una Lámpara Lupa tipo Hammer™, dispuesta con lente de 90 mm de dioptría 3D+12 y lámpara fluorescente compacta T4 12 W (Modelo FJ1209 LL8092). A continuación,

a cada una de las cargas se le clasificó en la escala de color de la guía universal PANTONE 747XR, que se acetolizaron y evaluaron en un microscópico en equipo Olympus™ CX21FS1, acoplado a cámara digital Dino-Eye™ AM-423XC, que permitió establecer las características morfológicas de los pólenes presentes en las cargas polínicas derivando las relaciones planta insecto en cuanto a los pólenes de referencia.

Análisis fisicoquímico: muestras de polen colectado se sometieron a proceso de deshidratación y perfiles granulométricos; al producto final se le ejecutaron pruebas para el establecimiento de su calidad fisicoquímica, se realizaron caracterizaciones fisicoquímica para los parámetros de azúcares totales, acidez, pH, conductividad, sólidos iónicos solubles, proteína, fracción etérea, perfil de ácidos grasos y presencia de minerales, fenoles totales y actividad antirradicalaria, siguiendo las directrices del manual oficial de análisis (Association of Official Analytical Chemists A.O.A.C, 2000).

Análisis microbiológico: en el análisis se involucraron los parámetros para el recuento de aerobios mesófilos (ufc/g), con lecturas a 48h a $36 \pm 2^\circ\text{C}$; coliformes totales a través de la técnica de tubos múltiples (nmp/g), usando diluciones decimales de 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} en caldo Brila (BGBL, 2%), dispuestos $35 \pm 1^\circ\text{C}$ y mediciones a las 24 y 48 h; Los mohos y levaduras en (PDA), acidificando con ácido tartárico 0,1% y mediante siembra profunda. Se incluyó un test de inmunoensayo de inhibición de flujo lateral para aflatoxinas totales, para detección cualitativa de aflatoxinas B₁, B₂, G₁ y G₂ (Romer Labs - AgraStrip™).

Proceso de secado: la operación de secado se realizó en un sistema tipo armario de 1,50 m de alto, 1,20 de largo y 0,80 m de profundidad, dispuesto para 62 bandejas de (0,023x0,46x0,69) m de profundo, ancho y largo, respectivamente. El peso medio de las bandejas se mantuvo en 1,0 kg; la malla usada fue de 0,05 mm en acero inoxidable.

La capacidad nominal como lecho de secado 0,90 kg. Las mediciones de humedad relativa (HR) y temperatura (°C), se realizaron con un higrotermómetro tipo Extech RH101™. Además, se monitoreo los cambios térmicos en los lechos de secado usando sonda USBN-TC01 de National Instruments™, acoplada a un PC Lenovo R61i™.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de polen en el entorno biogeográfico de Boyacá ofreció un potencial importante desde el punto de vista económico para los apicultores de la zona de estudio, donde predominaron distribuciones de tipo escalonado y diverso en vegetación, dependiente de la posición altitudinal y latitudinal en bosque de cliserie basal propio de bosque seco montano y premontano bajo. La flora asociada a estos ecosistemas se sucede conforme a tolerancia térmica. La oferta floral fue permanente, mantenida a lo largo del año y de 1 a 4 meses cuando fue fluctuante; como en otras zonas tropicales con pisos altitudinales superiores a 2.600 m.s.n.m., en cuyo caso la actividad apícola se centró en beneficiar polen, en virtud a los rendimientos observados, que oscilan entre los 48 a 62 kg/colmena/año (Salamanca *et al.*, 2008); el uso de trampas caza polen es imperioso, en las cuales el diseño permitió la retención del polen entre el 80 y 90% de la colecta diaria.

Flora apícola: el producto beneficiado en el área de estudio correspondió a 35 taxones distribuidos en 18 familias botánicas, entre ellos: *Acacia decurrens* Willd. (Acacia aroma; Fabaceae); *Agave americana* L. (Motua, Fique, Maguey; Agavaceae); *Alnus acuminata* Kunth (Aliso; Betulaceae); *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (Chilco; Asteraceae); *Baccharis macrantha* Kunth (Ciro; Asteraceae); *Brassica campestris* L. (Rebanca; Brassicaceae); *Bucquetia glutinosa* (L. f.) DC. (Saltón, Charne; Melastomataceae); *Citharexylum subflavescens* Blake (Cajeto; Verbenaceae); *Cordia boissieri* L. (Anacahuita; Borriginaceae); *Croton draco* Schltdl. & Cham (Sangregado; Euphorbiaceae); *Dodonaea viscosa* Jacq. (Hayuelo; Sapindaceae); *Duranta mutisii* L. f. (Espino, Cruceto; Verbenaceae); *Eucalyptus globulus* Labill. (Eucalipto; Myrtaceae); *Franseria artemisoides* Willd. (Altamisa; Asteraceae); *Gaultheria sclerophylla* Cuatrecasas (Comadera; Ericaceae); *Gnaphalium* sp. (Vira vira; Asteraceae); *Hesperomeles goudotiana* (Decne.) Killip (Mortiño; Rosaceae); *Lepechinia salviaefolia* (Kunth.) Epling (Salvia; Lamiaceae); *Liabum vulcanicum* Klatt. (Flor amarillo; Asteraceae); *Lippia citriodora* Kunth. (Cidron; Verbenaceae); *Miconia squamulosa* Triana (Tuno esmeraldo; Melastomataceae); *Monnina aestuans* D.G. (Tintillo; Polygalaceae); *Myrcianthes leucoxylla* (Ortega) McVaugh (Arrayan; Myrtaceae);

Paspalum macrophyllum Kunth. (Camelotillo; Poaceae); *Salmea scandens* (L.) DC. (Barbasco; Asteraceae); *Solanum lycioides* Ruiz (Gurrubo; Solanaceae); *Taraxacum officinale* Weber ex F.H. Wigg. (Diente de león; Asteraceae); *Trifolium repens* L. (Trébol blanco; Fabaceae); *Vallea stipularis* Mutis (Raque; Elaeocarpaceae); *Viburnum triphyllum* Bentham (Chuque; Caprifoliaceae); *Rubus ulmifolius* Schott (Zarzamora; Rosaceae); *Weinmannia tomentosa* L.f. (Encenillo; Cunoniaceae); *Xylosma spiculiferum* (Tul.) Triana & Planch (Corono; Salicaceae); *Zea mays* L. (Maíz; Poaceae).

Sistema de beneficio: el producto en la zona de estudio, es colectado por los apicultores haciendo uso de un sistema de trampas, constituidas por rejilla horizontal con malla de 4,5 mm, bajo ésta, un tamiz horizontal con mallas de 3 mm, deja pasar el polen a un cajón que lo recoge. El polen es beneficiado en colmenas estándar Langstroth, dispuestas bajo una cámara cría de 46,5x38x24 cm. En las condiciones climáticas del entorno se estimó el acopio entre 50.000 a 54.000 cargas de polen/día, cada una con 26 mg. en peso húmedo, con diferencias entre los apiarios establecidos. La recolección del polen se realizó con intervalos de 7 a 10 días, haciendo uso de bidones de 20 kg previamente higienizados que utilizan para el transporte. Los apicultores hacen uso de palancas en acero inoxidable para el acceso a las trampas, remueven el producto transfiriéndolo a los bidones y proceden a la limpieza de las trampas eliminando partículas o núcleos húmedos de polen que pudieran deteriorar la calidad del nuevo colectado. En el Cuadro 2, se recogen los peligros y medidas preventivas, en los cuales se establecen los puntos críticos para el caso del beneficio de polen, que puede ser resumido en 12 etapas que comprendieron el área geográfica, recolección y manejo postcosecha del producto en general (Figura). La alimentación de las abejas se realizó de manera periódica suministrando jarabe de azúcar (2:1) con una periodicidad de 2 veces por semestre.

En el diagrama de control y puntos críticos del proceso de beneficio (Figura), las secciones indicadas como PCC (puntos críticos de control), revisten especial interés en virtud a la aparición de peligros importantes para la seguridad del polen desde el punto de vista biológico, principalmente por la incidencia de agentes de significación alimentaria por efecto de hongos: mohos y levaduras o enterobacterias.

Cuadro 2. Identificación de peligros medidas preventivas y establecimiento de puntos críticos en el beneficio de polen

Etapa	Peligros	Medidas Preventivas	PCC
Área geográfica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presencia de agentes químicos por uso de insecticidas, plaguicidas y fertilizantes. 2. Contaminación por partes vegetales. 3. Baja oferta de floración en tiempos de verano. 4. Altas velocidades de viento. 	<p>Procesos de trashumancia. Alimentación continua si así se requiere.</p> <p>Traslado de colmenas. Indicadores biológicos para detectar la presencia de agentes químicos.</p>	No
Instalación de colmenas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cajas de cría o de alza perforados. 2. Colmenas con pinturas de plomo. 	<p>Aplicación de cera y/o cambio de caja.</p> <p>Establecimiento de cajas parafinadas.</p>	No
Manejo y alimentación de colmenas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación del azúcar. 2. Agua contaminada. 3. Presencia de plagas que ataquen a las abejas como Varroa y/o Loque americana. 3. Trampa con el 100% de eficiencia. Mutilación de las abejas. 	<p>Azúcar de reservorio. Cambio de trampa. Tratamiento con antibióticos y/o ácidos orgánicos. Agua potable tratada térmicamente.</p>	Si
Recolección del polen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación cruzada. 2. Exceso de humo. 3. Presencia de partículas, piedras e impurezas. 	<p>Asepsia por parte de los operarios. Ahumador completo.</p>	Si
Recepción de materia prima	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mala calibración de los equipos de pesaje. 2. Recipientes de recepción contaminados. 	<p>Pesas auxiliares.</p>	No
Conservación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Posible deterioro, enmohecimiento o fermentación del polen por inadecuada temperatura y humedad relativa del medio. 2. En caso de ser congelado, no puede ser re-congelado. 	<p>Mantenimiento y graduación controlada de temperatura y humedad relativa. Secado inmediato del polen descongelado.</p>	No
Secado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exceso de temperatura. 2. Secado al medio ambiente. 3. Pérdida de características nutricionales. 	<p>Secado artificial. Pruebas organolépticas cada 30 min.</p>	SI
Tamizado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deficiencia en la separación. 2. Defectos en las bandas densimétricas como poros de mayor diámetro al deseado. 	<p>Homogenización y calibración de las bandas densimétricas. Optimización de la velocidad de vaivén.</p>	No
Limpieza	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presencia de partículas indeseadas. 2. Sustancias extrañas. 	<p>Hacer una limpieza reiterada.</p>	Si

.../... Continua

.../... Continuación Cuadro 2

Etapa	Peligros	Medidas Preventivas	PCC
Envasado y etiquetado	1. Envases contaminados. 2. Restos de agua. 3. Óxidos u olores inusuales. 4. Rótulos equivocados.	Envasar en lugares aislados. Empaques asépticos y estériles. Verificación previa de etiquetas antes de ser estampadas.	Si
Almacenamiento	1. Lugares húmedos 2. Presencia de roedores	Control de plagas y/o programa de desratización. Accionamiento de extractores.	No
Distribución y comercialización	Sustitución del producto. Producto no certificado. Falta de información de la calidad nutricional.	Verificación del sistema trazable mediante contacto directo con la empresa productora.	Si

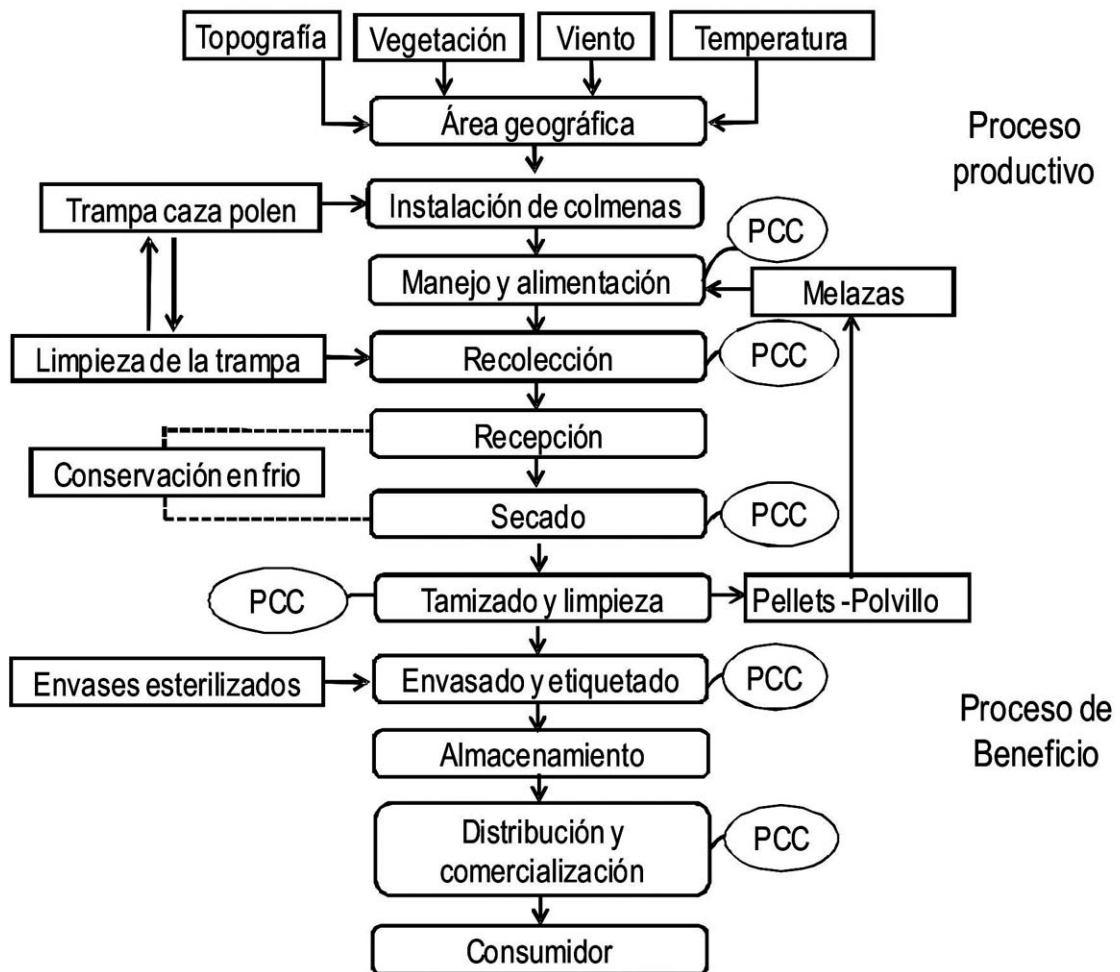


Figura. Sistema de control y puntos críticos asociados al beneficio del polen corbicular en zona altoandina colombiana.

Las trampas caza polen son el implemento necesario para su recolección, de su mantenimiento, frecuencia y condiciones de la colecta depende la calidad del producto. El polen como otros productos de la colmena exhibió características ácidas que cambiaron según la zona de beneficio desde 185 a 295 meq/kg; pH entre 4,27 y 5,34. La composición cromática de las cargas fue variable, predominante de 4 a 7 grupos, con una mayor frecuencia de tonalidades 138C, 145C; 160U y 398U de la escala cromática.

Operaciones de secado y tamizado: el polen que fue colectado en campo a temperaturas de 15 a 23°C, se sometió a secado para su estabilización por reducción del contenido de humedad variable, que osciló entre 18 al 26% p/p, éste en el producto fresco estuvo en función de su origen botánico y de las condiciones de entorno. La pérdida de humedad osciló entre 9,20 y 16,6% p/p, donde la actividad de agua (a_w) se redujo desde 0,672 y 0,740 hasta 0,40, en una operación de disminución de humedad a 45°C. La fracción húmeda final en pólenes que fueron tratados para deshidratación se comprendió entre 4,20 y 5,48% (a_w 0,312 a 0,380); el análisis granulométrico a través de tamizado se agrupó en 3 tipos de partícula de 2.8/2.0 mm (67%), 2,0/1,4 mm (31%) e inferiores a 1.4 mm (1,1%).

Propiedades fisicoquímicas: exámenes macro y microscópico de las muestras de polen estabilizado, reveló cargas de estructura y composición heterogénea. En términos de análisis proximal, presentaron un contenido medio de proteína del orden de 18,3%; lípidos 3,30; cenizas hasta 2,80%; la humedad variable dependiendo de las condiciones predominantes en el área de colecta 21 a 23% en polen fresco.

La conductividad igualmente varió con las condiciones del entorno. La fracción dulce en azúcares reductores 48,8±4,2; totales 52,1±3,80; sacarosa aparente 2,64±0,22, la fructosa y glucosa en 100 g de polen varió de 13,5 a 17,6.

El pH osciló entre 4,90 a 5,20, la acidez total de 185 a 295 (meq/kg), la fibra dietética insoluble de 13,7%; fracción etérea constituida por ácidos grasos saturados 33,2 % ($C_{8:0}$, $C_{10:0}$, $C_{12:0}$, $C_{14:0}$, $C_{16:0}$, $C_{18:0}$, $C_{20:0}$) e insaturados 66,3% ($C_{14:1}$, $C_{16:1}$, $C_{18:1}$, $C_{18:2}$, $C_{18:3}$). La actividad antioxidante de los componentes del polen, principalmente obedeció a la presencia de carotenos y las unidades de β -ionona y fracciones de

fenoles libres: los EEPC, conteniendo fenoles que en todos los casos fueron superior a 10 mg/g.

La inhibición de radicales DPPH, estuvo en el rango de 37.0 y 40 CE_{50} (μ g/ml). La fracción mineral principalmente constituida por elementos mayoritarios (mg/kg): potasio (4.150), sodio (1.300), fósforo (582), calcio (491) y magnesio (430). Los elementos menores cobre (8,80), manganeso (11,0), zinc (34), hierro (39,0). En el polen el contenido de fenoles totales, fue variable en un rango entre 17,32 a 49,95 mg (mg de equivalentes de ácido gálico (EAG). El contenido de proteína, le confiere al polen un alto valor biológico. El contenido de minerales y la reducida fracción grasa lo convierten en un alimento funcional, si se tiene en cuenta el aporte global de nutrientes.

Análisis microbiológico: el estudio de las fracciones y cargas de polen reveló la presencia de aerobios mesófilos desde 517 a 920 x 10³ ufc/g en polen fresco y de 2,20 a 7,40 x 10³ ufc/g en seco. La humedad fue un factor importante a la hora de recolectar el producto. Los mohos y levaduras, en polen fresco oscilaron en rangos amplios según el sistema de beneficio, trampas y frecuencia de limpieza, los valores observados están entre 140 a 175x 10³ ufc/g en fresco y 2,52 a 2,78x10³ ufc/g en producto deshidratado.

Los principales agentes causantes de problemas por efecto de humedad excesiva obedece a la presencia de los agentes: *Aspergillus flavus*; *A. ochraceus*; *A. niger*; *A. clavatus*; *Penicillium spp*; *Fusarium spp*; *A. parasiticus* y especies del género Mucor. En muestras colectadas de manera periódica y sometidas a proceso de secado, se aseguró la completa ausencia de aflatoxinas. Los límites críticos del sistema en términos de vigilancia y medidas correctivas asociadas los puntos críticos se recogen en el Cuadro 3.

Sistema trazable: en la implementación de proceso trazable se posibilitó la identificación del producto, nombre de apiario, fecha y período de recolección, condiciones geográficas y climáticas de entorno, sistema de alimentación, operaciones realizadas en los apiarios establecidos, personal asignado, análisis fisicoquímicos y microbiológicos, y algunos elementos propios de la distribución y comercialización factores que se usaron en el software de trabajo.

Cuadro 3. Límites críticos de la vigilancia y medidas de control en el beneficio de polen corbicular.

Etapa	PCC	Limite Critico	Vigilanci /Frecuencia	Medidas Correctoras	Registros
Manejo y alimentación de colmenas*	Si	Valoración e incidencia de epizootiologías controles para varroa mediante el método de cría desoperculada valores del orden de 3 a 5%.	Comprobación visual. Pruebas periódicas cada 10 a 15 días.	Cambio periódico de Reina y control de material biológico.	Fecha y hora de la prueba y el valor porcentual obtenido.
Recolección del polen*	Si	Evaluación cuantitativa de partículas indeseadas e impurezas, valor máx. 3%.	Inspección visual. Métodos gravimétricos. Pruebas periódicas cada recolección.	Cambio de diámetro de las mallas receptoras en la trampa caza polen.	
Secado*	Si	Temperatura 42-44°C. HR 30 a 37 %. 1,5 kg por bandeja Secadero tipo armario.	Termohigroméetro Cada 30 min.	Reducción de nivel en la resistencia. Aumento de r.p.m del ventilador.	Fecha y hora de inicio de secado con T(°C) y HR (%)
Limpieza*	Si	Evaluación cuantitativa de partículas indeseadas e impurezas, valor máx. 2%.	Inspección visual. Métodos gravimétricos. Pruebas al finalizar el proceso.	Reiteración de la limpieza.	Contenido de impurezas. Diámetro Tamiz.
Envasado y Etiquetado*	Si	Presencia de contenido acuso	Inspección visual cada vez que se dese envasar.	Secado envases. Cambio de envases.	Numero de envases defectuosos.
Distribución y comercialización*	Si	Transporte. Temperatura 18 a 25°C.	Por lote distribuido.	Adecuación de vehículos.	Placa del vehículo. Hora de salida.

*Ejemplo representativo de cada etapa.

Los lineamientos de trazabilidad hacia adelante e interna permiten detectar errores de manera eficaz y eficiente en el momento que se presenten. La generación del árbol de trazabilidad, implicó el desarrollo de las etapas de identificación donde se realizó la descripción del producto a trazar teniendo en cuenta la fecha de recolección del producto y caducidad, la orden para proceso y el número del lote que generalmente estuvo dado por el apiario y/o zona donde se colectó. El programa de trazabilidad además permitió ubicar centros de trabajo, almacenes utilizados, códigos de barra e ID propio para el producto.

CONCLUSIONES

El polen que las abejas colectan de especies botánicas endémicas establecidas en la zona de estudio es de naturaleza multifloral con variabilidad en su composición cromática y botánica. La optimización de las operaciones de recolección, estabilización, secado, tamizado y almacenamiento final son contributivas a la calidad final del producto. Los procesos de verificación de los límites críticos en el beneficio, vigilancia y medidas de control propician la sistematización de la producción bajo criterios de trazabilidad. Las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del polen de la zona altoandina de Boyacá y la ausencia de agentes contrarios a la seguridad del producto propician condiciones de aseguramiento e inocuidad del polen como producto derivado de la actividad de la colmena cuyo valor biológico se fundamenta el aporte de azúcares, minerales, proteína y vitaminas. El trabajo se plantea como una directriz en relación al manejo del polen y consolida acciones de vigilancia y control para la generación de productos seguros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su gratitud a los apicultores colombianos de la zona altoandina de Boyacá y áreas incluidas en el estudio, por su gestión, apoyo y acompañamiento en el proceso de muestreo en trabajo de campo en particular a Edgar Fernando Vargas Gonzales, Efraín Muñoz Castebianco, Héctor Eli Tobasura y Baudilio Suárez, apicultores y técnicos apícolas de Boyacá, por su apoyo. A los evaluadores del artículo y colaboradores permanentes de la revista Zootecnia Tropical, por las observaciones en el proceso de arbitraje. Especial reconocimiento

al Grupo de Investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Fisicoquímicas de Alimentos de la Universidad del Tolima.

LITERATURA CITADA

- Almeida-Muradian, L. B., Pamplona, L. C., Coimbra, S. y O. M. Barth. 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*, Rome, Vol. 18, (1), 105-111.
- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*, 17th edition. Association of official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Aranda, E. 1999. El polen, controles sanitarios. *Normas Legales*. España. *Vida Apícola* No. 94:56- 59.
- Baldi, C. B. 1999. Influencia del proceso de secado del polen para uso alimenticio. *Ciencia docencia y Tecnología*. 18, Año X. 241-274.
- Baldi, B., C. Grasso, P. S. Chavez, y G. Fernández. 2004. Caracterización bromatológica del polen apícola argentino. *Revista Ciencia, Docencia y Tecnología* 29:145-181. Año XV.
- Bogdanov, S. 2004. Quality and estándar of pollen and beeswax. *Apiacta* 38:334-341
- Bravo, S. R. 1994. Estudio bromatológico del polen apícola. Universidad Complutense de Madrid. Tesis doctoral: Madrid.
- Briz, J. y I. De Felipe. 2006. Consumo y seguridad alimentaria: Evolución y tendencias. Universidad Politécnica de Madrid. En web: <http://www.itagra.com/documentos/08.pdf>. Consultado: Mayo de 2009.
- Campos, M. G., R. F. Webby, K. R. Markham, K. A. Mitchell, and A. Cunha. 2003. Age-induced diminution of free radical scavenging capacity in bee pollens and the contribution of constituent flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 51, No. 3:742-745.
- Campos M., S. Bogdanov, L. Bicudo de Almeida-Muradian, T. Szczesna, Y. Mancebo, C. Frigerio and F. Ferreira. 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *J. Apic. Res. and Bee World*, 47(2):154-161.

- Cañas, S. y F. Sierra. 1997. Apuntes de apicultura polen y agua. *Vida Apícola*. 31:84: 27-31.
- Carretero, J. 1989. Análisis polínico de la miel. Editorial Mundi Prensa. España. p 120.
- Cordón, M. C. 2006. Producción y control del polen apícola. Libro de actas 8 Congreso Iberoamericano de Apicultura Pastrana España. pp 477-496.
- Del Risco R, C. 2004. Polen-Pan De Abejas: Composición, Nutrición, Acción en La Salud Humana Y Microbiología, Cuba.
- Erdtman, G. 1969. Handbook of palynology. New York, Hafner Publ. p 486.
- Erdtman, G. 1971. Polen morphology and plant taxonomy. Hafner publishing Company. New York. p 541
- Franky, A. 2008. Producir *polen* es la mejor alternativa en zonas de alta montaña tropical. In: Memorias. IX Congreso Iberoamericano de Apicultura. Chile. p 3.
- Fonnegra, G, R. Melisopalinología. 1997. In: XXIV Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, Sociedad Colombiana De Entomologia, pp 14 – 46.
- García, M., C. Pérez-Arquillue, T. Juan, M. I. Juan, and A. Herrera. 2001. Note: Pollen analysis and antibacterial activity of Spanish honeys. *Food Science and Technology International*, Vol. 7, No. 2, pp 155-158.
- González, F. 1984. El polen apícola Español. Composición botánica y características fisicoquímicas. Memorias I Congreso Nacional de Apicultura. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid. pp 31-46.
- Guzmán, P. K.Y. 2005. Herramienta didáctica de aprendizaje para la aplicación de sistemas de Inocuidad de Alimentos en la Unidad de Agroindustria del Centro Agropecuario. Programa de ingeniería Agroindustrial. Universidad del Tolima.
- Isla, M. I., Moreno, M. I. N., Sampietro, A. R. and M. A. Vattuone. 2001. Antioxidant activity of Argentine propolis extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, Leiden, Vol. 76, (2), 165-170.
- Kroyer, G. and N. Hegedus. 2001. Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Amsterdam, Vol. 2, (3), pp 171-174.
- Leja, M., Mareczek, A., Wyzgolik, G., Klepacz-Baniak, J. y K. Czekonska. 2007. Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry*, Oxford, Vol. 100, (1): 237-240,
- Marchini, L. C., V. D. A. Reis, y A. C. Moreti. 2006. Composição físico-química de amostras de pólen coletado por abelhas africanizadas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) em Piracicaba, Estado de São Paulo. *Ciência Rural*, Santa Maria, Vol. 36, (3): 949-953.
- Munitaegui, S., T. Sancho, L. Terradillos, J. Hidobro, y J. Simal-Lozano. 1993. Composición del polen apícola. *Vida Apícola* 59: 44-48.
- Nicolau, J., M. C. Lansac, R. Rosa, F. Pedroso, and A. Leal. 1976. Activities of some glucolytic enzymes in the major salivary glands of some laboratory animals. *Comp. Biochem. Physiol.* (47A):499-502.
- Salamanca, G. G., V. E. Hernández, y E.F. Vargas. 2002. El polen en el sistema de puntos críticos cosecha, propiedades y condiciones de manejo. En www.beekeeping.com/articulos/salamanca/polen_apicultura.htm.
- Salamanca, G. G., R. Pérez, y E. Vargas. 2008. Origen botánico propiedades fisicoquímicas microbiológicas del polen colectado en algunas zonas apícolas de la campiña de Boyacá. In: II Congreso Iberoamericano sobre Seguridad Alimentaria. V Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. Barcelona España.
- Serra B. J. y Gonell-Galindo, J. 1986. Estudio de la composición y características fisicoquímico del polen de abeja. *Alimentaria* pp 63-67.
- Serra B. J. y J. Escolà. 1997. Nutrient composition and microbiological quality of honeybee-collected pollen in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, Vol. 45, No. 3, pp 725-732.

Serra B. J., T. M. Soliva, and L. E. Centelles. 2001. Evaluation of polyphenolic and flavonoid compounds in honeybee-collected pollen produced in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, Vol. 49, (4): 1848-1853.