Implementación de buenas prácticas apícolas y mejoramiento genético para la producción de miel y polen

Rodrigo Efrén Vásquez Romero
Zootecnista, Ingeniero industrial
CI Tibaitatá. Mosquera, Cundinamarca
rvasquez@corpoica.org.co

Edna Rocío Camargo Sánchez
Zootecnista
Universidad Nacional de Colombia

Nelly Carolina Ortega Flórez
Zootecnista
CI Tibaitatá. Mosquera, Cundinamarca
nortega@corpoica.org.co

William Dayam Maldonado Martínez
Administrador agropecuario
CI Tibaitatá. Mosquera, Cundinamarca
wmaldonado@corpoica.org.co

Bogotá, Colombia 2015

Vásquez Romero, Rodrigo Efrén; Camargo Sánchez, Edna Rocío; Ortega Flórez, Nelly Carolina y Maldonado Martínez, William Dayam. / Implementación de buenas prácticas apícolas y mejoramiento genético para la producción de miel y polen. Bogotá (Colombia): Corpoica, 2015. 88 p.

Palabras clave:
Apicultura, Productos de la colmena, Palinología, Mejoramiento nutricional, Buenas prácticas.

Corpoica EDITORIAL

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica -
Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co

www.corpoica.org.co

ISBN:
Primera edición:
Tiraje:
Editora: Liliana Gaona García

Impreso por Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.
Impreso en Colombia
Printed in Colombia

DISEÑO&DIAGRAMACIÓN
Oficina Asesora de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas // **Corpoica**

Contenido

Introducción 10

Factores para una apicultura eficiente 12

Otros factores a tener en cuenta 14

Evaluación de la flora apícola 14

Análisis de palinología 16

Características de los productos apícolas 16

Capítulo I

Miel de abejas 18

Análisis de melisopalinología 19

Características fisicoquímicas de la miel 21

Análisis microbiológicos de la miel 31

Análisis sensorial de la miel 32

Capítulo II

Polen de abejas 35

Características nutricionales del polen 37

Análisis de palinología 38

Análisis nutricionales y microbiológicos del polen apícola 39

Análisis sensorial del polen apícola 42

Capítulo III

Mejoramiento genético apícola 44

Esquema de mejoramiento genético 46

Influencia de los factores genéticos sobre el comportamiento 47
Pruebas de evaluación genética 47
Prueba de grooming-biting acicalamiento 48
Prueba de comportamiento higiénico (CH) 49
Prueba de infestación por varroa en abeja adulta 51
Prueba de infestación por varroa en la cría de abeja 52
Índice de comportamiento higiénico y tolerancia a varroa 53
Análisis de genética molecular 55
Capítulo IV
Buenas prácticas apícolas 57
Buenas prácticas apícolas en el apiario 59
Buenas prácticas apícolas en cosecha de miel 65
Flujograma del proceso de la miel 72
Buenas prácticas apícolas en la producción de polen 74
Esquema para alcanzar un piso de calidad 79
Conclusiones 81
Bibliografía 83

Lista de figuras

Figura 1	Factores para una apicultura eficiente	**12**
Figura 2	Balance de materia de una colmena. Necesidades y producciones	**13**
Figura 3	Características que se deben evaluar en miel y polen para obtener valor agregado	**17**
Figura 4	Envase ideal para el empaque de la miel	**18**
Figura 5	Protocolo para determinar los palinomorfos presentes en la miel	**20**
Figura 6	Defectos sensoriales más comunes encontrados en la miel de abejas	**32**
Figura 7	Descriptores para los olores y aromas de la miel	**33**
Figura 8	Diagrama de proceso del beneficio de la miel	**34**
Figura 9	Abejas entrando a la colmena con polen	**35**
Figura 10	Características que se deben medir en polen para evaluar su calidad	**36**
Figura 11	Diagrama de flujo de protocolo de análisis palinológico en polen	**38**
Figura 12	Características sensoriales del polen apícola	**42**
Figura 13	Proceso de recolección y envasado del polen	**43**
Figura 14	Esquema de propagación genética para la producción de reinas	**45**
Figura 15	Esquema de mejoramiento genético	**46**

Figura 16	Fotografía del procedimiento de observación de varroas	**48**
Figura 17	Fotografía del procedimiento de punción	**49**
Figura 18	Fotografía del procedimiento de retiro de sección del panal	**50**
Figura 19	Imagen del procedimiento de conteo de abejas	**51**
Figura 20	Fotografía del procedimiento de extracción del panal	**52**
Figura 21	Procedimiento de los análisis de genética molecular	**56**
Figura 22	Factores a tener en cuenta para la implementación de las buenas prácticas apícolas en la producción de miel y polen	**57**
Figura 23	Vitrina apícola hacia las buenas prácticas en la producción de los productos de la colmena	**58**
Figura 24	Esquema de piso de calidad para los productos apícolas miel y polen	**80**

Índice de tablas

Tabla 1	Registro para la elaboración del calendario floral (cultivo de naranja)	**15**
Tabla 2	Características fisicoquímicas de la miel	**21**
Tabla 3	Normatividad de características fisicoquímicas y microbiológicas de miel en Colombia, México, Argentina y Brasil	**27**
Tabla 4	Características físico químicas de miel medidas en cinco cultivos frutícolas.	**29**
Tabla 5	Análisis microbiológicos en mieles provenientes de cultivos de aguacate, cítricos, mango, mora y fresa	**31**
Tabla 6	Características nutricionales del polen apícola	**37**
Tabla 7	Resultados de características nutricionales de polen de diferentes cultivos	**39**
Tabla 8	Cuadro comparativo de requerimientos del polen apícola para comercialización en Brasil, Argentina y Hungría	**40**
Tabla 9	Análisis microbiológicos de polen colectado en cinco cultivos frutícolas	**41**
Tabla 10	Calificación de los parámetros para la evaluación de calidad genética en su componente sanitario (pruebas de tolerancia a varroa)	**53**
Tabla 11	Estudio de medición de las pruebas de evaluación genética IVA, IVC, AC y GH	**54**
Tabla 12	Pasos llevados a cabo para la instalación de un apiario que garantice las BPAp	**59**
Tabla 13	Pasos para el proceso de extracción de la miel	**65**
Tabla 14	Identificación y significado del tipo de operación que se realiza en cada proceso	**71**
Tabla 15	Flujograma del proceso para la miel	**73**
Tabla 16	Pasos para el proceso de beneficio del polen	**74**
Tabla 17	Flujograma del proceso de extracción de polen	**78**

Introducción

El sector apícola mundial está transitando desde la lógica de producción-recolección hacia un enfoque de industrialización y tecnificación. Los procesos de globalización, los nuevos patrones de consumo, los crecientes problemas de sanidad pecuaria e inocuidad de los alimentos, la complejización de los procesos productivos y de agregación de valor han dirigido a la apicultura hacia nuevos desafíos tecnológicos y comerciales.

La apicultura en Colombia ha tenido avances significativos en aspectos científicos y tecnológicos que son relevantes para la modernización e industrialización del sector en el país. A través de cooperativas, asociaciones y de la misma Cadena Productiva de las Abejas y Apicultura (CPAA) se ha impulsado el consumo de productos como la miel y el polen, a razón de sus bondades nutricionales y nutracéuticas.

Para generar un conocimiento acerca de las buenas prácticas apícolas que se deben aplicar a lo largo de la cadena productiva, es necesario contemplar todas las condiciones que involucran los procesos productivos de la colmena (miel y polen). La interacción entre factores como el medio ambiente, el estado sanitario y el carácter genético de las colmenas son fundamentales para la puesta en marcha de procesos productivos que estén encaminados al mejoramiento de la calidad de los productos de la colmena y, a su vez, hacer más competitiva a la cadena y a quienes se benefician de ella, como apicultores y asociaciones.

Este libro pretende ofrecer a las personas involucradas en la actividad apícola una guía de manejo para alcanzar un piso de calidad de los productos apícolas (miel y polen) elaborados con buenas prácticas apícolas en su componente productivo, sin dejar de lado la selección y mejoramiento genético de las colmenas con miras a una mayor producción y aseguramiento de la calidad de los productos de la colmena.

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) ha venido adelantando trabajos relacionados con el componente de mejoramiento genético y el desarrollo de buenas prácticas apícolas (BPAp), que permitan clasificar la producción de acuerdo a parámetros e indicadores de calidad y trazabilidad desde la cadena productiva apícola para permitir mejorar la competitividad.

Las buenas prácticas apícolas se definen como todas las actividades involucradas en la producción de miel y polen, desde el manejo que se hace en los apiarios, hasta el proceso de envasado; esto se realiza con el fin de asegurar la inocuidad de los productos obtenidos para consumo humano, además de proteger el medio ambiente y al apicultor.

Para alcanzar las BPAp, se debe tener en cuenta todo lo relacionado con el manejo que se da en los apiarios, es decir, los principios esenciales de manejo, con el fin de obtener productos con higiene e inocuidad, que se reflejan en las características fisicoquímicas, organolépticas y nutricionales que aseguran la calidad de los productos de la colmena (miel y polen) y permiten obtener un estándar mínimo de calidad, además, de que puedan ser diferenciados por su origen botánico y certificados, en un futuro, mediante protocolos.

La implementación de BPAp dentro del sector productivo permitirá explorar nuevos mercados con miras a alcanzar mayores niveles de competitividad.

Factores para una apicultura eficiente

Si se desea implementar las BPAp es necesario manejar una apicultura eficiente, la cual comienza desde el manejo adecuado de la unidad productiva, que es la colmena, en donde se deben tener en cuenta cuatro factores principales: la abeja, la flora, el apicultor y la tecnología; y, en cada uno de ellos, algunos subfactores como se puede visualizar en la figura 1.



Figura 1. Factores para una apicultura eficiente.
Fuente: Autores 2015

Cada uno de estos factores, integrados con el medio ambiente y el sitio en donde se realiza el montaje del apiario, da como resultado un balance de materia de la colmena ideal, el cual va a repercutir en una producción eficiente de los diferentes productos que genera esta unidad llamada colmena. En la figura 2 se observa la colmena que requiere de unas entradas para generar unos productos de salida; semejándose a una fábrica, en donde, se demanda una materia prima para elaborar un producto.

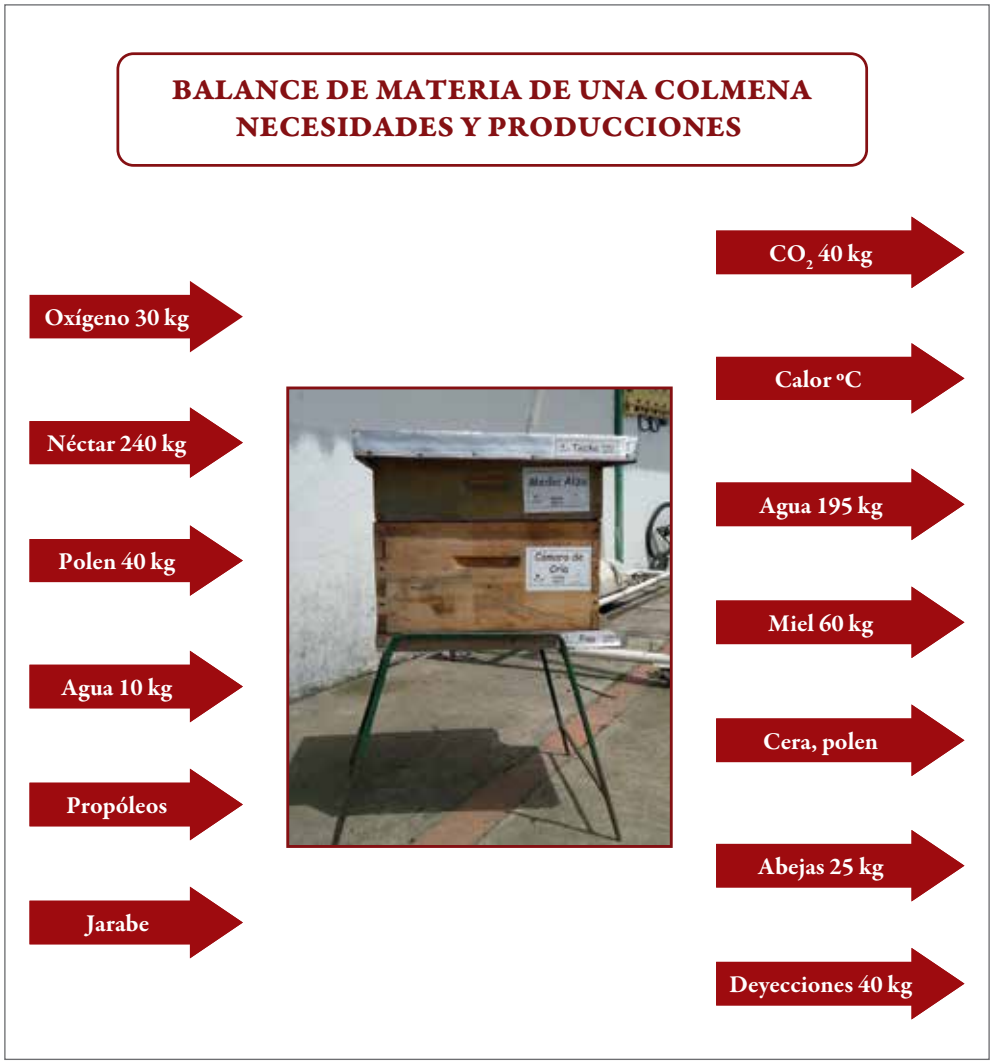


Figura 2. Balance de materia de una colmena. Necesidades y producciones.
Fuente: Autores 2015

Otros factores a tener en cuenta

Es necesario tener en cuenta otros factores que permitirán tener productos con mayor valor agregado como:

- Evaluación de la flora apícola
- Análisis de palinología
- Características de los productos apícolas (físico químicas, organolépticas, nutricionales y de inocuidad)

Evaluación de la flora apícola

Para la evaluación de la flora existente en la región en donde se realizó el montaje del apiario y con el ánimo de identificar la flora predominante, época de floración y su uso durante el transcurso del año, se debe realizar un calendario floral, en el que se busca integrar al apicultor, agricultor o conocedor de la zona, que, a través de una investigación participativa, ayude a identificar y plasmar dicha información en un formato que facilite y dé las pautas para elaborar la interpretación y proyecciones a futuro. Como ejemplo, se plasmó la información contenida en un formato para realizar el calendario apícola (tabla 1) el cual se elaboró para un cultivo de cítricos en la región de los Llanos Orientales que involucra el trabajo de investigación *Utilización de la abeja Apis mellifera en polinización dirigida y su efecto sobre el fruto* de Vásquez et al. 2011.



Tabla 1. Registro para la elaboración del calendario floral (cultivo de naranja)

Nombre común	Nombre científico	Uso en la empresa	Producto		Época de floración											
			Miel	Polen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Naranja Valencia	*Citrus sinensis*	Comercialización	❁				❁❁	❁❁				❁	❁			
Mandarina Arrayana	*Citrus reticulata*	Comercialización	❁				❁❁	❁❁				❁	❁			
Limón común	*Citrus limonium*	Comercialización	❁				❁❁	❁❁				❁	❁			
Yopo	*Anadenanthera peregrina*	Árbol		❁		❁	❁❁	❁❁		❁						
Guarupayo	*Tapiria guianensis*	Árbol		❁		❁	❁❁	❁❁								
Flor Amarillo	*Diplotaxis tenuifolia*	Arbusto	❁		❁						❁❁	❁❁			❁	❁
Braquiaria	*Brachiaria decumbens*	Forraje		❁			❁			❁			❁			❁
Botón de Oro	*Tithonia diversifolia*	Forraje		❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁
Maní Forrajero	*Arachis pintoi*	Forraje		❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁
Tote	*Rhynchospora nervosa vahl*	Maleza		❁	❁	❁	❁	❁	❁❁	❁❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁
Escobo	*Sida acuta*	Maleza		❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁❁	❁	❁	❁	❁	❁
Masiega	*Paspalum virgatum* L.	Maleza		❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁	❁

Fuente: Vásquez et al. 2011

Análisis de palinología

La palinología es una disciplina de la botánica que se encarga de observar la estructura de los granos de polen y las esporas, a partir de un análisis microscópico de su simetría, aperturas en las paredes, contorno, forma, tamaño, etc., distinguiendo taxones diferentes a distintos niveles (familia, géneros, especies). Estos análisis permiten conocer cuál es el origen botánico de los mismos; dichos análisis se realizan a la miel (melisopalinología) y polen (análisis palinológico), lo que ayuda a acceder a una diferenciación en el mercado y, por consiguiente, adquirir mayor valor agregado a estos productos, además de conocer la flora de la zona que las abejas de la colmena visitan regularmente.

Características de los productos apícolas

Para la evaluación de las características de la miel y el polen, con el objetivo de obtener mayor valor agregado de nuestros productos, se debe tener en cuenta los diferentes tipos de características de los mismos, entre estas, las físico químicas, organolépticas, nutricionales, inocuidad y sensoriales. Las físico químicas, ayudan a distinguir las propiedades de la miel en cuanto a frescura y calidad; sumado a esto, las características organolépticas y nutricionales permiten dar pautas para comercializar estos productos y neutralizar las falsificaciones y adulteraciones que existen; igualmente, la inocuidad asegura que estos productos no representan peligro para la salud del consumidor, ya que el proceso de producción ha sido controlado para evitar la entrada de contaminantes y patógenos. Por otro lado, la calidad sensorial evalúa los atributos organolépticos (color, olor, gusto, etc.). A continuación, se resumen las características evaluadas en los productos de la colmena miel y polen (figura 3).

Otro de los componentes de la apicultura, que se encuentra encaminado al aumento de la producción y la obtención de productos con valor agregado, es la implementación de las buenas prácticas apícolas (BPAp), las cuales se encuentran orientadas en garantizar la inocuidad de los alimentos, la protección del medio ambiente y, así mismo, la protección de las personas involucradas en el proceso de producción. La implementación de las BPAp deben ir orientadas al establecimiento de un programa de mejora genética, que se realiza a partir de la selección de las colmenas con mayores parámetros productivos, en este

caso, la producción de miel y polen; por otro lado, se observa la resistencia a parásitos y plagas, como la varroasis, la cual es la infestación por el ácaro *Varroa destructor*.

Dentro de las BPAp se contemplan diferentes elementos, entre ellos se encuentran las prácticas de manejo en la colmena, en el proceso de cosecha y en el empaque final de los productos. Además, de la mejora genética de nuestras colmenas, a través de selección, que se realiza por medio de evaluaciones genéticas, principalmente, con pruebas de resistencia a *Varroa destructor* en las cuales se observan varios índices, como su porcentaje de infestación.

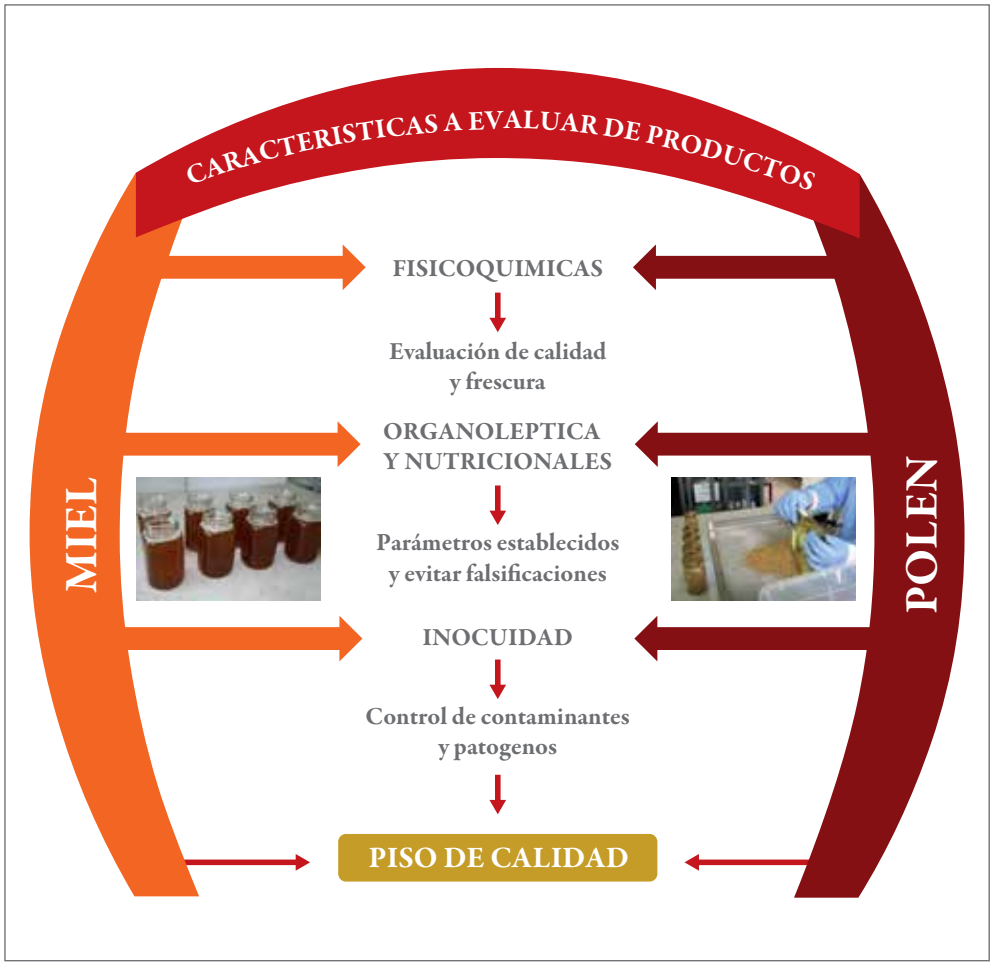


Figura 3. Características que se deben evaluar en miel y polen para obtener valor agregado.
Fuente: Autores 2015

Capítulo I

Miel de abejas

La miel de abejas es el producto dulce, elaborado por las abejas obreras a partir del néctar de las flores o de exudaciones de otras partes vivas de las plantas, que las abejas recogen, transforman y combinan con substancias específicas propias, se almacena en panales, donde madura hasta completar su formación (figura 4).



Figura 4. Envase ideal para el empaque de la miel.
Fuente: Autores 2015

Análisis de melisopalinología

La melisopalinología es una rama de la palinología [del griego melissa de meli (miel) y palinología (ciencia de los pólenes)], que estudia la ubicación geográfica de las mieles y la identificación de los palinomorfos presentes en esta, mediante el método de filtrado, el cual permite determinar su origen botánico (Nates 2014). Del mismo modo, es el estudio de los granos de polen que se encuentran en la miel a fin de conocer las plantas de cuyas flores las abejas obtuvieron los diferentes néctares. El conocimiento sobre el origen botánico de las mieles de muchos países está basado exclusivamente en observaciones apibotánicas, en el momento en que las abejas están pecoreando para colectar el néctar y los granos de polen, este método empírico dificulta la validación de que alguna miel pueda provenir de una planta o cultivo específico (Felsner et al. 2004). El método más confiable para distinguir qué plantas están siendo visitadas por las abejas, de aquellas que están siendo realmente explotadas como fuentes de néctar y polen de una manera significativa, es mediante el análisis melisopalinológico.

En Europa, a partir de la segunda mitad de este siglo, se considera a la melisopalinología como parte de la cultura apícola, de tal manera, que las mieles europeas, una vez que han sido extraídas de los panales por centrifugación, son sistemáticamente analizadas por métodos melisopalinológicos, para conocer su origen floral y geográfico. Este conocimiento ha repercutido en el control de calidad de estas mieles y, sobre todo, en su precio en el mercado, las cuales se cotizan según el origen botánico y geográfico.

En la figura 5 se muestran los pasos secuenciales para el desarrollo del protocolo de análisis de melisopalinología, el cual nos ayuda a identificar la flora predominante en los sitios donde tiene influencia la abeja para determinar los palinomorfos presentes en la miel.

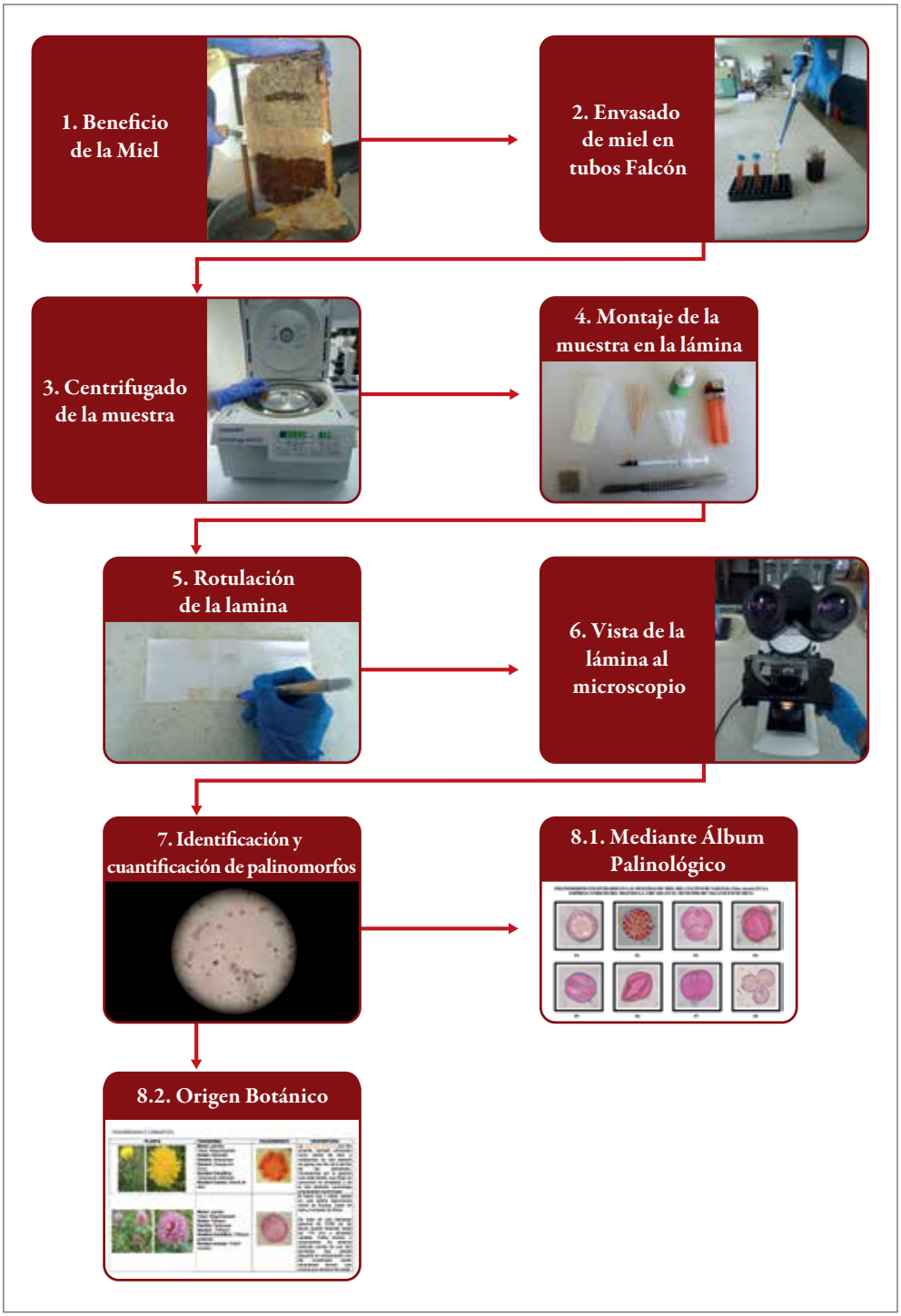


Figura 5. Protocolo para determinar los palinomorfos presentes en la miel.
Fuente: Autores 2015

Características fisicoquímicas de la miel

Dada la importancia de realizar las buenas prácticas apícolas, es mandatorio definir algunas de las características físico químicas de la miel; estas varían dependiendo de la zona en donde se encuentre ubicada la colmena, ya que, la floración modifica la composición del néctar o néctares recolectados, además del manejo apícola y la forma de extracción de la miel.

La Resolución 1057 (Colombia 2010) establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano en Colombia y define las características físico químicas que debe contener para su comercialización (tabla 2).

Tabla 2. Características fisicoquímicas de la miel

Índices de madurez y manejo	
Humedad	El grado de humedad en la miel es empleado como parámetro para determinar el momento de la cosecha; los valores permitidos no deben superar el 20 %, un alto contenido de humedad favorece los procesos de fermentación por levaduras, lo que conlleva a la contaminación del producto y su rápida degradación.
pH y acidez	La acidez libre está relacionada con las sustancias ácidas valorables por titulación directa con hidróxido de sodio hasta un pH menor a 8,5. La acidez lactónica se determina mediante la adición de hidróxido de sodio hasta alcanzar un pH superior a 9,5, permite la cuantificación de estructuras condensandas conocidas como lactonas, mediante la valoración del hidróxido de sodio que no es consumido en la hidrólisis de dichas estructuras. La acidez total corresponde a la suma de los valores de acidez libre y lactónica. La acidez de una muestra de miel es una característica que eventualmente se puede emplear como parámetro de diferenciación entre muestras de miel de diferentes regiones u orígenes.

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Índices de madurez y manejo	
Hidroximetilfurfural (HMF)	El HMF o 5-hidroximetilfurfural es un aldehído formado durante la descomposición térmica de los glúcidos. El HMF se ha identificado en una variedad de alimentos procesados que incluyen leche, jugos de frutas, bebidas alcohólicas y miel de abejas. El HMF es el criterio más importante y fiable para detectar el calentamiento de la miel, dado que posee la ventaja de no estar presente en la miel fresca. Su contenido depende del origen botánico de la miel y, dependiendo de la variación del pH y la acidez, aparecen cambios entre la miel floral y la miel de mielada. Así mismo, el contenido de HMF permite, en ciertos tipos de miel, detectar la exposición a altas temperaturas, ya que puede aumentar su contenido de manera lenta. La exposición a temperaturas más bajas, de 40-50 °C, no produce un aumento significativo.
Actividad diastasa	La actividad de la enzima diastasa es un indicador de la calidad de la miel. La diastasa tiene como función principal la conversión de azúcares complejos en simples. La actividad diastasa de la miel se mide como el tiempo de reacción, en el cual una masa definida de miel degrada una cantidad dada de almidón hasta un punto final preestablecido. Se indica como número de diastasa (ND). Número diastasa: cantidad de enzima en 1 g de miel que degrada a 0,01 g de almidón en el punto final preestablecido, en 1 hora a 40 °C, bajo las condiciones indicadas en este método. Los resultados son expresados en unidades Gothe (o unidades Schade) por gramo de miel. La actividad enzimática de la miel, es un indicador de calidad que guarda una estrecha relación con la frescura y su manipulación.

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Índices de madurez y manejo	
Actividad invertasa	La invertasa es la enzima más importante de la miel ya que cataliza la principal reacción que convierte el néctar en miel, al transformar la sacarosa en glucosa y fructosa. La enzima puede continuar la inversión de la sacarosa después de extraer la miel del panal y durante el almacenamiento, lo que reduce el contenido de sacarosa a niveles aceptables, la acción de la invertasa termina cuando la miel ha madurado, su pH óptimo de acción es 6. La invertasa permite que las abejas produzcan una solución de azúcares muy concentrada, esto hace que la miel resista la fermentación y constituya un alimento de elevado valor energético ocupando un espacio mínimo en la colmena. La enzima invertasa es más sensible al calor que la diastasa y las abejas lo incorporan a la miel a niveles más elevados. Esta actividad enzimática varía considerablemente según su origen, el grado de transformación del néctar y la raza de las abejas. El elevado contenido de sacarosa de algunas mieles (cítricos, algunos tréboles) resulta normalmente de flujos de néctar espesos o con alta concentración de azúcares que necesitan poca manipulación por las abejas para conseguir la densidad, por lo que sus niveles de invertasa son considerablemente inferiores a los de la mayoría de las mieles.
Sólidos insolubles	La extracción de la miel se realiza por diferentes métodos; el más extendido, es por centrifugación de los panales desoperculados, sin larvas. Otra de las técnicas de obtención de miel es por compresión de los panales, sin larvas, con o sin la aplicación de calor moderado; y, un tercer método, es mediante el drenaje de los panales desoperculados sin larvas. Estos procesos buscan una extracción efectiva de la miel de los panales y eliminar material grueso contaminante, tales como insectos, restos de estos, larvas o granos de arena, o del mismo polen, material definido como insoluble, representado en tales impurezas que deterioran la calidad del producto final y cuyos valores máximos permitidos, reportados por la norma mundial, son definidos según el tipo de extracción empleada; así para mieles prensadas se exige no más del 0,5 % y para las mieles extraídas por otros métodos no más del 0,1 % de contenido total de sólidos insolubles.

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Índices de madurez y manejo	
Azúcares reductores y totales	Los azúcares reductores son aquellos que poseen un grupo carbonilo intacto y que, a través del mismo, pueden reaccionar con otras moléculas; provocan la alteración de las proteínas mediante la reacción de glucosilación no enzimática, también denominada reacción de Maillard.
Rotación específica	Se define como la rotación de la luz polarizada producida por 1 g de sustancia seca ópticamente activa en 1 ml de solución, en un tubo de 2 dm de paso óptico, a 20 °C (68 °F) y a la longitud de onda correspondiente a la línea D del sodio. El valor de [α] D20°C dependerá de la composición de los carbohidratos y de su relación. La miel de abejas es una de las más complejas mezclas de carbohidratos producidas en la naturaleza. Los principales carbohidratos encontrados en la miel son glucosa y fructosa, que conforman de un 65 a un 75 % de los sólidos solubles totales en miel, y un 85 a un 95 % de los carbohidratos totales en miel. La presencia de estos carbohidratos le confiere a la miel la propiedad de desviar el plano de la luz polarizada. Dentro de los monosacáridos, la fructosa es el carbohidrato que se encuentra en mayor proporción, lo que convierte a la miel en una solución de azúcares levorrotatorios. La medición de la actividad óptica y posterior determinación del valor de la rotación específica, orienta sobre el origen de la miel y ayuda en la detección de adulteraciones con jarabe de glucosa, ya que se pueden volver dextrorrotatorias dependiendo del porcentaje de adulterantes.

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Índices de madurez y manejo	
Cenizas	La miel de abejas es una mezcla compuesta principalmente en un 70 % por los carbohidratos glucosa y fructosa. Su tercer componente mayoritario es el agua. La miel de abeja también contiene otros tipos de azúcares, así como ácidos orgánicos, proteínas, minerales (fósforo, magnesio, calcio, hierro, sodio y potasio) y vitaminas. En la evaluación del contenido de cenizas de productos apícolas como la miel, la magnitud del contenido de cenizas es una variable, el cual se puede utilizar para diferenciar tipos de miel o reconocer alguna adulteración de las mismas. En el caso de las mieles florales, el contenido de cenizas es bajo comparado con el de mieles de mielada, mientras que en el caso de adulteraciones con melaza, su alto contenido de cenizas (alrededor de 10 %), conlleva a un marcado incremento de estas.
Diferenciación	
Color	El color es la propiedad física que mejor percibe el consumidor. La miel puede ser casi incolora (blanco agua) hasta rojo ámbar, verdoso hasta negro (miel de melada). La presencia de pigmentos en las flores explica, en parte, el color final de la miel; también, se debe a la reacción de Maillard que consiste en la condensación de azúcares con grupos aminos libres, aminoácidos y proteínas. El color en la miel de abejas es un parámetro importante en la determinación de su origen floral y, por medio de este, es posible llevar a cabo una clasificación preliminar, en especial, si se trata de mieles monoflorales.
Conductividad eléctrica	La conductividad eléctrica se define como la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica, la cual depende de la presencia de iones, de su concentración, movilidad y temperatura. En muestras de miel, la conductividad eléctrica (γ) se define como 1 ml de una solución de 20 g de miel en base seca, en 100 ml de agua, medida a 20 °C (68 °F).

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Índices de madurez y manejo	
Perfil aromático (nariz electrónica)	La nariz electrónica es un instrumento equipado con un grupo de sensores químicos los cuales procesan ciertas señales; pero, además de obtener estas señales, es necesario un programa quimiométrico para el reconocimiento de estos datos. El procesamiento y análisis de una nariz electrónica consistes en tres diferentes e indispensables fases: • Generación de volátiles y semivolátiles en HeadSpace dependiendo de las características del tipo de muestra a analizar. El HeadSpace generado debe ser estático y no dinámico ya que se requiere de un mayor control en las condiciones de análisis al momento de realizar la medición. • Transporte de los volátiles y semivolátiles generados en el HeadSpace al sistema o conjunto de sensores internos de la nariz electrónica que generan distintos tipos de señales por medio de diferentes propiedades físico químicas de los componentes del aroma. • Análisis de las señales generadas por cada uno de los sensores a los compuestos volátiles y semivolátiles mediante técnicas de análisis estadístico multivariable, proporcionando un gráfico que representará la huella digital de dicho olor. Estos sistemas de olfato electrónico o narices electrónicas se diferencian en el tipo de los sensores empleados, los más evaluados y empleados son los conocidos como sensores de gases, estos están constituidos por diferentes materiales como óxidos de metales, cristales piezoeléctricos y polímeros conductores, los cuales, al entrar en contacto con los gases de la fracción del HeadSpace, modifican sus propiedades eléctricas cuando interaccionan con los compuestos volátiles y proporcionan lo que se conoce como huella olfativa, la cual es característica de la fracción volátil que se ha percibido bajo determinadas condiciones.
Contenido mineral	El contenido mineral de la miel se determina al identificar la concentración de algunos elementos como: potasio, sodio, calcio, hierro, zinc, magnesio y cobre. Esta información facilita la identificación y diferenciación por origen de los productos.

Fuente: Autores 2015

Una vez definidas las características fisicoquímicas y su importancia, es primordial observar cuáles son las características tomadas en cuenta según la Resolución 1057 (Colombia 2010) y que son de obligatorio cumplimiento para mieles producidas con objetivo de comercialización para consumo humano en Colombia.

Así mismo, en la tabla 3 se realiza una comparación de los valores de la norma vigente en Colombia con la existente en países como México (Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas s. f.), Argentina [Código Alimentario Argentino (Ministerio de Salud y Acción Social 1985)] y Brasil (Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel, Ministério da Agricultura e do Abastecimento 2000). Al efectuar la comparación, se muestran valores similares de las normas argentina y mexicana en cuanto a la colombiana, exceptuando el contenido de HMF en México, donde el nivel permisible es más alto.

Tabla 3. Normatividad de características fisicoquímicas y microbiológicas de miel en Colombia, México, Argentina y Brasil

Característica		Colombia	México	Argentina	Brasil
Calidad físico química	Sólidos insolubles en agua %	≤ 0,1 para miel diferente a la prensada	≤ 0,30	≤ 0,1 para miel diferente a la prensada	≤ 0,1 para miel diferente a la prensada
		≤ 0,5 para miel prensada		≤ 0,5 para miel prensada	≤ 0,5 para miel prensada
	Contenido de humedad % m/m	≤ 20	≤ 0,20	≤ 18 %	≤ 20 %
		≤ 21 para mieles de origen tropical			
	Contenido aparente de azúcar reductor, calculado como azúcar invertido % m/m	≥ 45 (miel de mielato)	≥ 63,88	≥ 60 (miel de mielato)	≥ 60 (miel de mielato)
		≥ 60 (miel floral)		≥ 65 (miel floral)	≥ 65 (miel floral)

(Continúa)

(Continuación tabla 3)

Característica		Colombia	México	Argentina	Brasil
Calidad físico química	Contenido aparente de sacarosa % m/m	≤ 5	≤ 5,0	≤ 9	≥ 15 (miel de melato)
		≤ 10 para mieles de origen tropical			≥ 6 (miel floral)
	Contenido de sustancias minerales (cenizas), % m/m	≤ 0,6	≤ 0,60	≤ 0,6	≤ 0,6
	Conductividad eléctrica mS/cm	≤ 0,8	NR	NR	NR
	Acidez libre Meq de ácido/1.000 g	≤ 50	≤ 40,0	≤ 40,0	≤ 50
	Índice de diastasa	≥ 8 escala de Shade	≥ 3,0 escala de Gothe	≥ 8 escala de Gothe	≥ 8 escala de Gothe
	Contenido de hidroximetil-furfural (HMF) mg/kg	≤ 40	≤ 80	≤ 40	≤ 60
		≤ 60 para mieles de origen tropical			
Calidad microbiológica	Recuento total de bacterias UFC/g	100 en 3 muestras examinadas	100	NR	NR
	Recuento de mohos y levaduras UFC/g	100 en 3 muestras examinadas	≤ 100	≤ 100 en 5 muestras examinadas	NR
	Contenido glucosa % (g/100 g)	NR	≤ 38,0	NR	NR

Fuente: Autores 2015

Para observar la realidad colombiana y qué tan cerca se está de cumplir con los requisitos de las características fisicoquímicas según las normas, en el proyecto "Efecto de factores genéticos, medio ambientales y de manejo sobre la calidad y la producción de miel y polen en cinco cultivos frutícolas promisorios exportables de Colombia", ejecutado por Corpoica con fondos de Colciencias, se midieron las características fisicoquímicas de mieles provenientes de diferentes cultivos (fresa, mango, mora, aguacate y cítricos). Los resultados se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Características físico químicas de miel medidas en cinco cultivos frutícolas.

Cultivo	Fresa	Mora	Aguacate	Cítricos	Mango	Valor referencia Resolución 1057 de 2010
Humedad (%)	14,81-19,54	16,98-19	17,24-19,94	16,88-21,96	16,88-21,94	≤ 20 ≤ 21 mieles tropicales
Grados Brix	78,4-82,95	78,8-80,7	77,9-80,1	75,57-80,6	78,6-80,7	NR
Color (mm Pfund)	34-61,33	41,33-88,33	82-150	32-150	47,5-142	NR
pH	3,32-3,96	3,31-3,98	3,54-5,41	3,24-4,46	3,27-3,68	NR
Acidez libre (meq/Kg)	28,81-44,52	20,85-47,36	31,74-61,97	27,31-53,23	30,71-63,58	≤ 50 meq/kg
Acidez lactónica (meq/kg)	No detectable	No detectable	No detectable	0-0,35	No detectable	NR
Acidez total (meq/kg)	28,8-44,5	20,85-47,4	49,3-62,0	27,3-47,4	30,71-63,58	NR
Hidroxime-tilfurfural (mg/kg)	0-25,85	2,75-36,39	2,45-47,32	0-39,43	4,44-30,27	≤ 40 mg/kg ≤ 60 mg/kg para mieles de origen tropical

(Continúa)

(Continuación tabla 4)

Cultivo	Fresa	Mora	Aguacate	Cítricos	Mango	Valor referencia Resolución 1057 de 2010
Actividad diastasa (ND)	0-57,4	0-12,23	12,1-34,92	0-56,2	6,7-20,4	≥ 8
Sólidos insolubles (%)	0-0,25	0-1,1	0-0,09	0-0,52	0-0,14	≤ 0,1 % para miel diferente a la prensada
Invertasa (µmoles sustrato / kg miel/min)	0-231,45	0-180,5	26,68-662,98	3,67-375,97	26,7-201,25	NR
Azúcares reductores (%)	56,16-82,69	46,7-73,35	60,77-73,69	60,93-78,96	66,53-74,68	≥ 60 % miel floral
Azúcares totales (%)	69,1-98,31	59,89-91,65	61,3-93,06	66,65-90,93	69,51-79,78	NR
Sacarosa aparente (%)	0-22,28	2,04-27,1	0,89-21,86	0,13-11,2	1,37-6,52	≤5 % ≤10 % para mieles de origen tropical
Conductividad (µS/cm)	271,5-501,33	340,5-619,33	434,5-1714,67	201,5-890,5	361-702	≤ 800
Rotación específica (°)	-15,16-2,41	-9,3-16,37	-8,48--4,07	-16,14--5,22	-11,55--6,82	NR
Cenizas (%)	0,08-0,17	0,05-0,37	0,11-0,92	0,04-0,42	0,12-0,34	≤ 0,6 %

Fuente: Autores 2015

En la tabla 4 se puede observar que los valores obtenidos en los cinco cultivos se encuentran dentro del rango admisible para la Resolución 1057 (Colombia 2010) exceptuando algunos valores específicos para cada cultivo.

Análisis microbiológicos de la miel

La carga de microorganismos presente en la miel es muy poca debido a su baja actividad de agua y su bajo pH, sin embargo, se pueden presentar altos conteos microbianos a causa de un inadecuado proceso de extracción y manipulación en el momento del envasado (Gallez y Fernández 2009). En Colombia, la normatividad que establece los requisitos microbiológicos en la miel es la Norma Técnica Colombiana 1273 (Icontec 2007) y la Resolución 1057 (Colombia 2010).

En la realización del proyecto mencionado anteriormente, se llevaron a cabo análisis microbiológicos de mieles provenientes de cinco cultivos frutícolas (aguacate, cítricos, mango, mora y fresa) de interés productivo, y se obtuvieron los resultados y la respectiva comparación de los valores con la NTC 1273 que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis microbiológicos en mieles provenientes de cultivos de aguacate, cítricos, mango, mora y fresa

Indicador microbiológico	Cultivo					Norma Técnica Colombiana 1273
	Aguacate	Cítricos	Mango	Mora	Fresa	
Mohos y UFC/g Levaduras	20	55	Ausente	33,3	22	≤ 100
Salmonella sp. en 25 g	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Clostridium perfringens	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Fuente: Autores 2015

En los resultados de análisis microbiológicos se puede observar que, las mieles provenientes de estos cultivos se encuentran dentro del rango permisible por la NTC 1273 en cuanto a recuentos de mohos y levaduras, así mismo, se reporta ausencia de *Salmonella* sp., y *Clostridium perfingens*.

Análisis sensorial de la miel

El análisis sensorial en miel permite identificar si esta es multifloral o unifloral para asignar una denominación de origen geográfico (Montenegro et al. 2008). Además, detecta defectos ocasionados por un mal manejo por parte del apicultor, el cual repercute en el producto en sabores desagradables, fermentación, impurezas, ahumado, quemado, etc. En la figura 6 se muestran los defectos sensoriales más comunes encontrados en la miel de abejas.

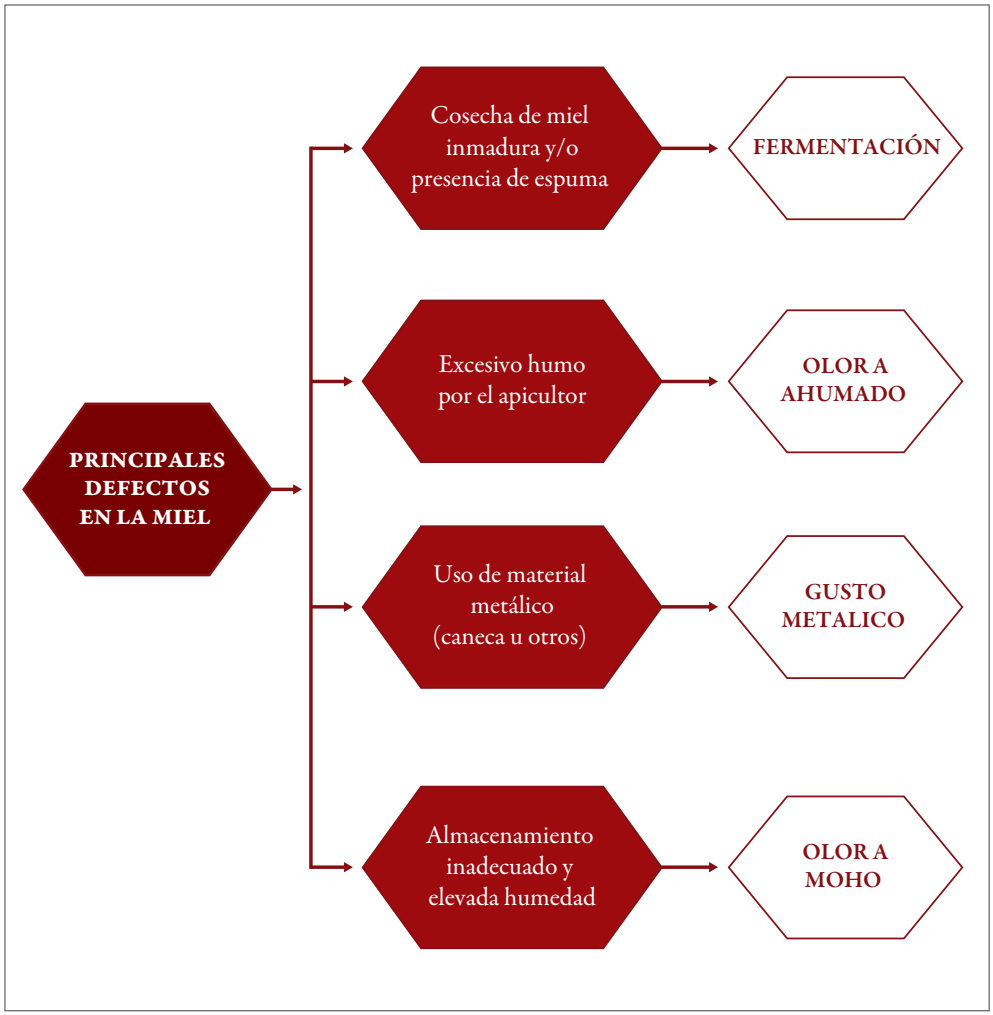


Figura 6. Defectos sensoriales más comunes encontrados en la miel de abejas.
Fuente: Autores 2015

En procesos de investigación se ha establecido un conjunto de descriptores organolépticos relacionados con datos sensoriales previos y basados en experiencias en campo, el cual se denominó *Rueda de descriptores para olores y aromas de la miel*, esta rueda es divida en sectores (familias) y subsectores, la cual ha facilitado la comunicación y la persecución del producto durante la evaluación sensorial (Piana et al. 2004). En la figura 7, se muestra la rueda de descriptores para los olores y aromas de la miel de acuerdo a su origen.

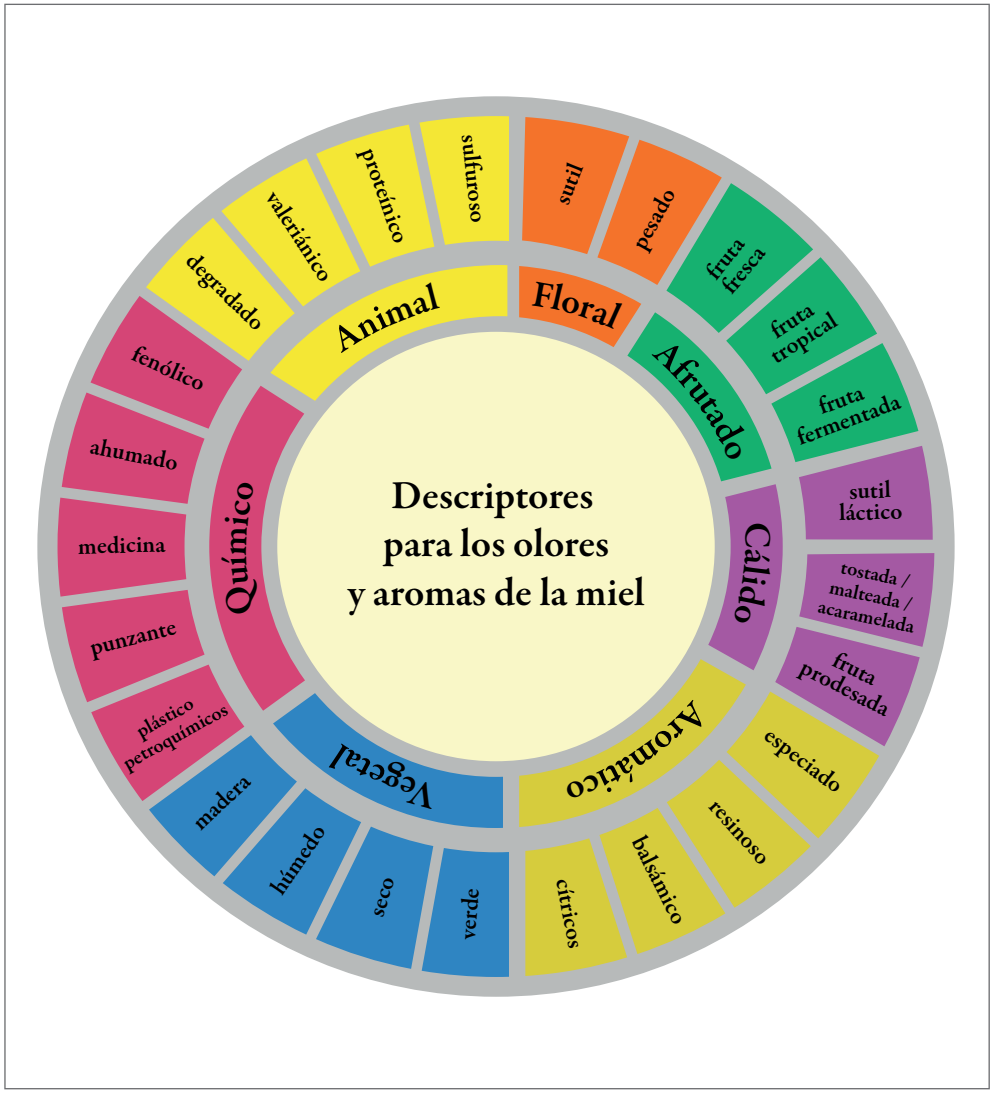


Figura 7. Descriptores para los olores y aromas de la miel.
Fuente: Adaptado de International Honey Comission 2013

En la figura 8 se muestran los pasos a seguir para realizar la extracción de la miel.

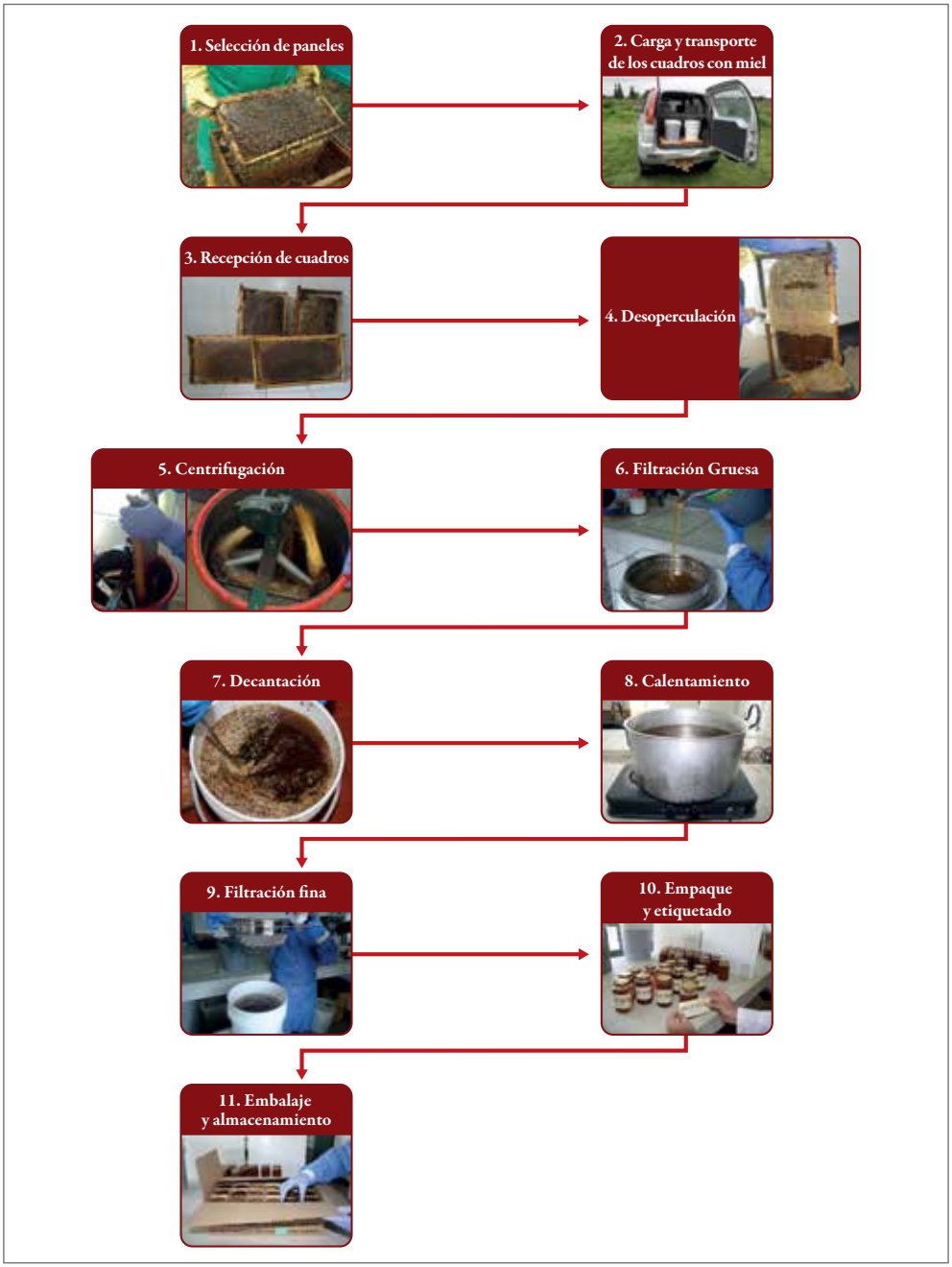


Figura 8. Diagrama de proceso del beneficio de la miel.
Fuente: Vásquez et al. 2012

Capítulo II

Polen de abejas

El polen de abejas es el gameto masculino de las flores que las abejas pecoreadoras colectan y transportan a la colmena, donde es utilizado como única fuente de proteína (figura 9).



Figura 9. Abejas entrando a la colmena con polen.



Para llevar a cabo la implementación de las buenas prácticas apícolas, es necesario tener en cuenta que los productos obtenidos deben cumplir con un margen mínimo de calidad, el cual es medido a través de ciertas características (figura 10).

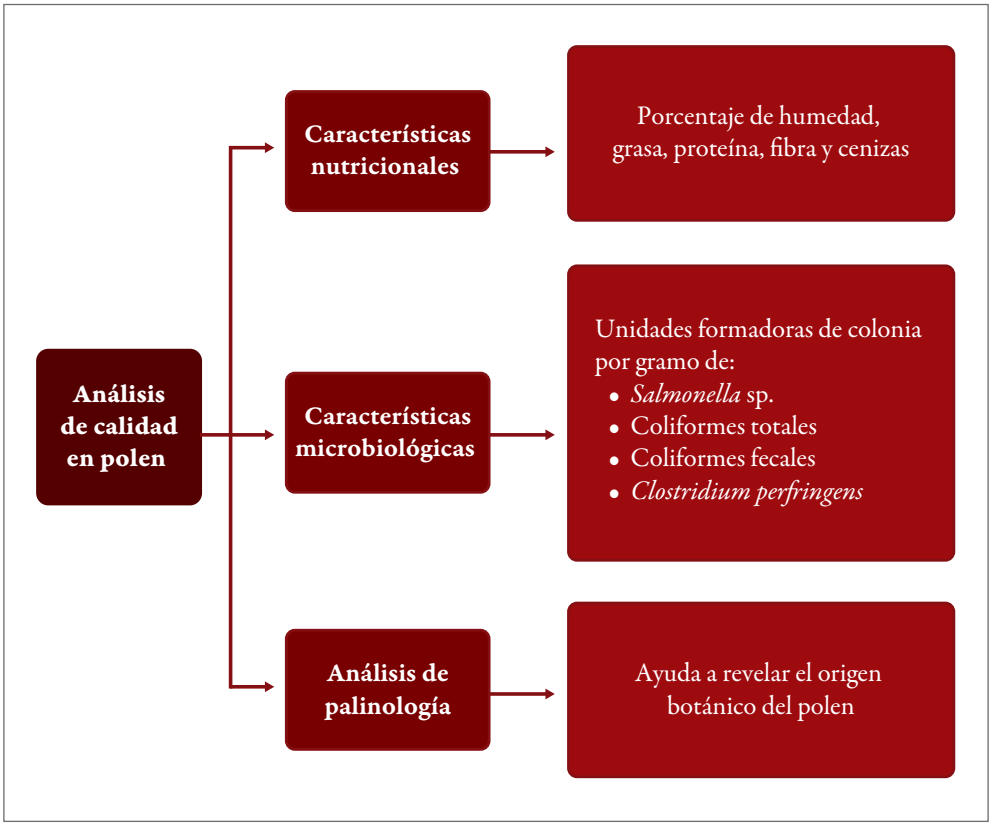


Figura 10. Características que se deben medir en polen para evaluar su calidad.
Fuente: Autores 2015

Características nutricionales del polen

El polen es un alimento principalmente de origen proteico; posee la mayoría de aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptófano, estas características lo hacen importante como alimento para el ser humano y las abejas (Ochoa 1980). En la tabla 6 se explican las características nutricionales.

Tabla 6. Características nutricionales del polen apícola

Características nutricionales	
Humedad	El contenido de humedad se puede determinar por diferentes técnicas, dentro de las que se encuentran la termogravimétrica, la cual consiste en secar una porción de la muestra a analizar y el valor obtenido dependerá de la temperatura y tiempo de secado.
Grasa	En promedio, el contenido de grasa en polen es de aproximadamente el 6 % y, en esta composición, se pueden encontrar grasas insaturadas como el ácido linoleico y el ácido oleico; también grasas saturadas como el ácido palmítico.
Proteína	Las proteínas conforman una gran parte del contenido del grano de polen, en promedio se puede hablar de un 20 % a un 25 % de proteínas, lo cual hace al grano de polen una gran fuente proteica tanto para las larvas y abejas como para la nutrición humana. En su composición proteica, se encuentran aminoácidos como leucina, lisina, isoleucina, valina, prolina, fenilalanina, alanina, arginina, metionina, entre otros.
Cenizas	Es una forma de cuantificar, de manera global, el aporte de minerales (aniones y cationes) que estos le otorgan a los consumidores. Generalmente, la determinación de cenizas antecede la de la composición elemental para cada mineral de forma individual.
Contenido mineral	El contenido mineral del polen, corresponde a los niveles de sodio, potasio, calcio, hierro, magnesio, cobre y zinc los cuales se expresan en partes por millón (ppm).
Fibra	La fibra representa la porción no digerible de los alimentos; por lo tanto se recomienda para el buen funcionamiento del intestino. En el polen, la exina (capa exterior del polen) aporta fibra, la cual, se encuentra compuesta, principalmente, por celulosa y esporolenina.

Fuente: Autores 2015

Análisis de palinología

El grano de polen es la célula masculina de las flores, liberada tras la dehiscencia de las anteras, y es la única fuente de proteínas para la colmena, por lo que es fundamental en el momento de alimentar a las crías; el análisis palinológico se centra, fundamentalmente, en el análisis de la morfología externa del polen que presenta patrones estructurales diferentes en la exina, que es la pared externa de los granos de polen, y el la intina de naturaleza celulósica transparente, que es la capa interna del polen, estas capas cubren dos tipos distintos de células.

Las cubiertas de los granos de polen poseen estructuras muy variables en su forma y tamaño y pueden presentar superficies rugosas, lisas o con protuberancias, lo que permite identificar las distintas especies botánicas (Cornejo 1994).

De acuerdo a lo anterior, el análisis palinológico del polen obtenido de las trampas se realiza para la identificación de las plantas que las abejas visitan y así conocer la disponibilidad y abundancia de estas flores en la zona.

Dicha identificación se lleva a cabo por medio de técnicas que se realizan en laboratorio, el protocolo es ilustrado en la figura 11.

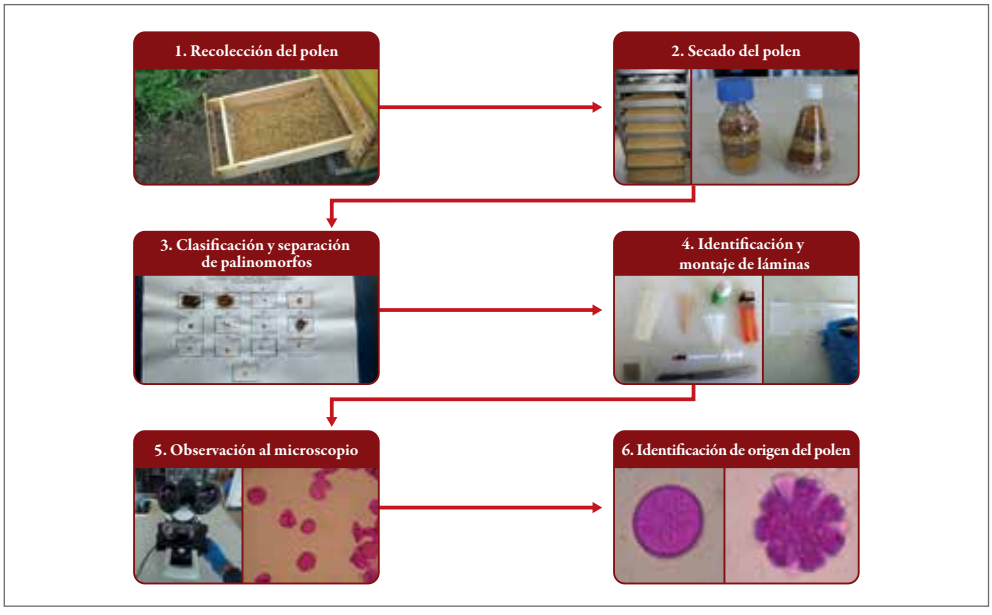


Figura 11. Diagrama de flujo de protocolo de análisis palinológico en polen.
Fuente: Autores 2015

Análisis nutricionales y microbiológicos del polen apícola

En Colombia, aún no existe normatividad vigente que defina los requisitos nutricionales y microbiológicos que debe contener el polen para su comercialización, ni una que determine las buenas prácticas que se deben llevar a cabo para su producción.

Dada esta situación, en el proyecto "Efecto de factores genéticos, medio ambientales y de manejo sobre la calidad y la producción de miel y polen en cinco cultivos frutícolas promisorios exportables de Colombia", se realizaron análisis de las características nutricionales y microbiológicas del polen obtenido en cultivos de fresa, mora, aguacate, mango y cítricos, los cuales pueden servir como una guía de orientación hacia los valores de referencia para Colombia, y que pueden servir más adelante para crear e implementar nuevas normatividades. Los resultados de los análisis nutricionales son mostrados en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de características nutricionales de polen de diferentes cultivos

Componentes	Fresa	Mora	Aguacate	Cítricos	Mango
% humedad	5,73 ± 1,62	6,08 ± 1,4	4,61 ± 1,77	4,74 ± 1,86	4,54 ± 0,87
% grasa	7,03 ± 2,65	5,71 ± 1,9	5,94 ± 1,16	5,47 ± 1,34	5,75 ± 0,93
% cenizas	2,66 ± 0,12	2,63 ± 0,1	2,53 ± 0,11	2,87 ± 0,32	2,77 ± 0.16
% proteína	25,43 ± 1,45	25,19 ± 2,4	23,19 ± 1,84	24,98 ± 0,77	26,36 ± 1
% fibra cruda	7,25 ± 0,95	7,27 ± 1,1	7,35 ± 1,42	7,79 ± 4,15	7,26 ± 3,62

Fuente: Autores 2015

Normativas de otros países como Brasil [Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pólen apícola (Ministério da Agricultura e do Abastecimento 2001)], Argentina [Código Alimentario Argentino (Ministerio de Salud y Acción Social 1985)] y Hungría (1998), contemplan dentro de su contenido variables fisicoquímicas como humedad, contenido de cenizas, acidez libre y pH; y dentro de las características microbiológicas se miden recuentos de colonias aerobias mesófilas, hongos y levaduras, ausencia de salmonella y de coliformes fecales.

Como se observa en la tabla 8, los valores normativos de estos países varían entre sí; esta información sirve para tomar como referencia los valores a los que se debe acercar para obtener un polen de alta calidad. No se debe olvidar que, al implementar las BPAp, se logra un producto con estas características deseables.

Tabla 8. Cuadro comparativo de requerimientos del polen apícola para comercialización en Brasil, Argentina y Hungría

Intervalo	Brasil	Argentina	Hungría
Humedad (%)	≤ 4	≤ 8	≤ 5
Grasa (%)	≥ 1,8	NR	6
Cenizas (%)	≤ 4	≤ 4	≤ 4
Proteína (%)	≥ 8	15-28	≥ 15
Fibra bruta (%)	≥ 2	NR	NR
Acidez libre mEq/kg	≤ 300	NR	NR
Azúcares totales (%)	14, 5 a 55	NR	37,5
Gérmenes aerobios no patógenos UFC/g	NR	≤ 15 000	≤ 10 000
Mohos y levaduras UFC/g	100	100	300
Salmonella sp.	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Escherichia coli	NR	NR	Ausencia
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Autores 2015

En cuanto a los análisis microbiológicos, a continuación se muestran los resultados de polen colectado de colmenas en cultivos de aguacate, cítricos, mango, mora y fresa y, debido a que aún no existe en Colombia normativa que defina estos requerimientos, se realizó la comparación con la norma técnica de Hungría (tabla 9).

Tabla 9. Análisis microbiológicos de polen colectado en cinco cultivos frutícolas

Indicador microbiológico	Cultivo					Norma técnica Hungría
	Aguacate	Cítricos	Mango	Mora	Fresa	
Mesofilos UFC/gr	383,3	1.583,3	1.180	900	516,7	≤ 10.000
Coliformes totales	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coli fecales E. coli	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Mohos y UFC/g levaduras	350	200	150	400	250	300
Salmonella sp. en 25 g	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Staphylococus aureus	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Fuente: Autores 2015

Como se observa en la tabla 9, de acuerdo a los indicadores microbiológicos evaluados, se presentan valores normales en los conteos de mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, *Salmonella* sp. y *Staphylococus aureus*, excepto el conteo de mohos y levaduras en los cultivos de aguacate y mora en los que se ven ligeramente aumentados en comparación a la norma; posiblemente, esto se debe a los diferentes métodos de secado de polen y el porcentaje de humedad presente en las muestras.

Ya que el polen apícola es un producto alimenticio, es de vital importancia llevar a cabo una adecuada manipulación desde el momento en que se colecta de las trampas de polen, el proceso de transporte y el secado; además del envase en empaques para la comercialización en los que se deben utilizar implementos limpios y preferiblemente desinfectados, así mismo, de la utilización de guantes, tapabocas y cofia por parte del personal que realiza el proceso, esto con el fin de garantizar la obtención de un producto de buena calidad.

Análisis sensorial del polen apícola

Los análisis sensoriales para el polen no son muy detallados en nuestro medio, pero se deben evaluar indicadores de su calidad (figura 12).



Aspectos sensoriales del polen

- Visual: evaluación de aspectos como:
  - Limpieza
  - Color
  - Tamaño del gránulo
- **Olfativo:** se realiza por vía nasal directamente
  - Defectos: enmohecimiento y enrancinamiento
- **Gustativo:** presencia de sabores básicos y características como el amargo, picante, dulce y sabor ácido.
- **Táctil:** se evalúa el aspecto de la humedad y presencia de polvo

Figura 12. Características sensoriales del polen apícola.
Fuente: Autores 2015

En la figura 13, se muestra el proceso de recolección y envasado del polen apícola.

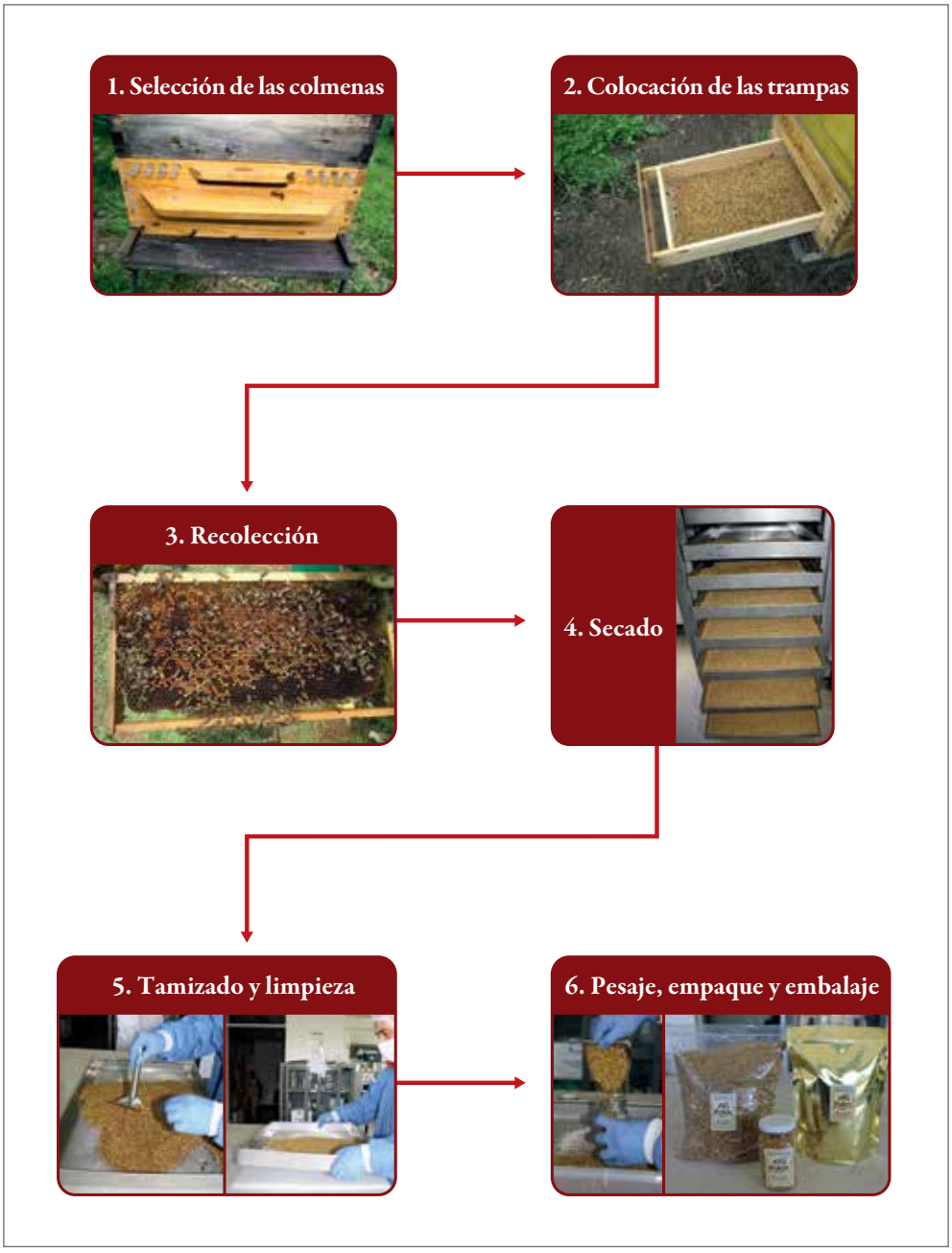


Figura 13. Proceso de recolección y envasado del polen.
Fuente: Vásquez et al. 2012

Capítulo III

Mejoramiento genético apícola

El principal objetivo de la apicultura es proporcionar productos apícolas de calidad y servicios de polinización con la máxima eficiencia. Un factor importante para alcanzar este objetivo es la ejecución de un programa de mejoramiento genético orientado a características económicas, comportamentales y adaptativas (Falconer y Mackay 1996).

La mayoría de programas de mejoramiento genético apícola se basan en la selección de parentales, aquellos que presentan valores productivos más altos que el promedio y que muestran alto desempeño para producir la siguiente generación. Sin embargo, el mejoramiento genético de las abejas tiene una particularidad respecto a las demás especies, porque variables como la heredabilidad son difíciles de obtener debido a que las colmenas presentan un estructura genética que complejiza el proceso; por ejemplo, hay características productivas y de comportamiento que se expresan únicamente en las obreras que son la casta infértil, por ello, se debe emplear el método basado en la comparación del comportamiento de la progenie con respecto a la ascendencia [Soares y Martínez (2006) citados por Tello et al. 2012)].

En la figura 14, se puede visualizar cómo se realiza el proceso de obtención de material de propagación desde la colmena o unidad productiva; se observan tres pasos fundamentales para el desarrollo de esta actividad: a) de la colmena seleccionada por características deseables, se realiza un proceso de multiplicación de este material genético a través del proceso de traslarve, el cual consiste en retirar larvas de un cuadro con cría a un listón porta cúpulas previamente hidratado con jalea real; b) cuando estas larvas son aceptadas por las abejas continúan su proceso de desarrollo; en esta segunda fase se puede notar el crecimiento de estas larvas en su copa celda; c) para la tercera fase, se observa

el nacimiento de las reinas, las cuales se seleccionan por características propias (peso, tamaño, color, etc.), para que este material sea propagado y evaluado en las diferentes colmenas.

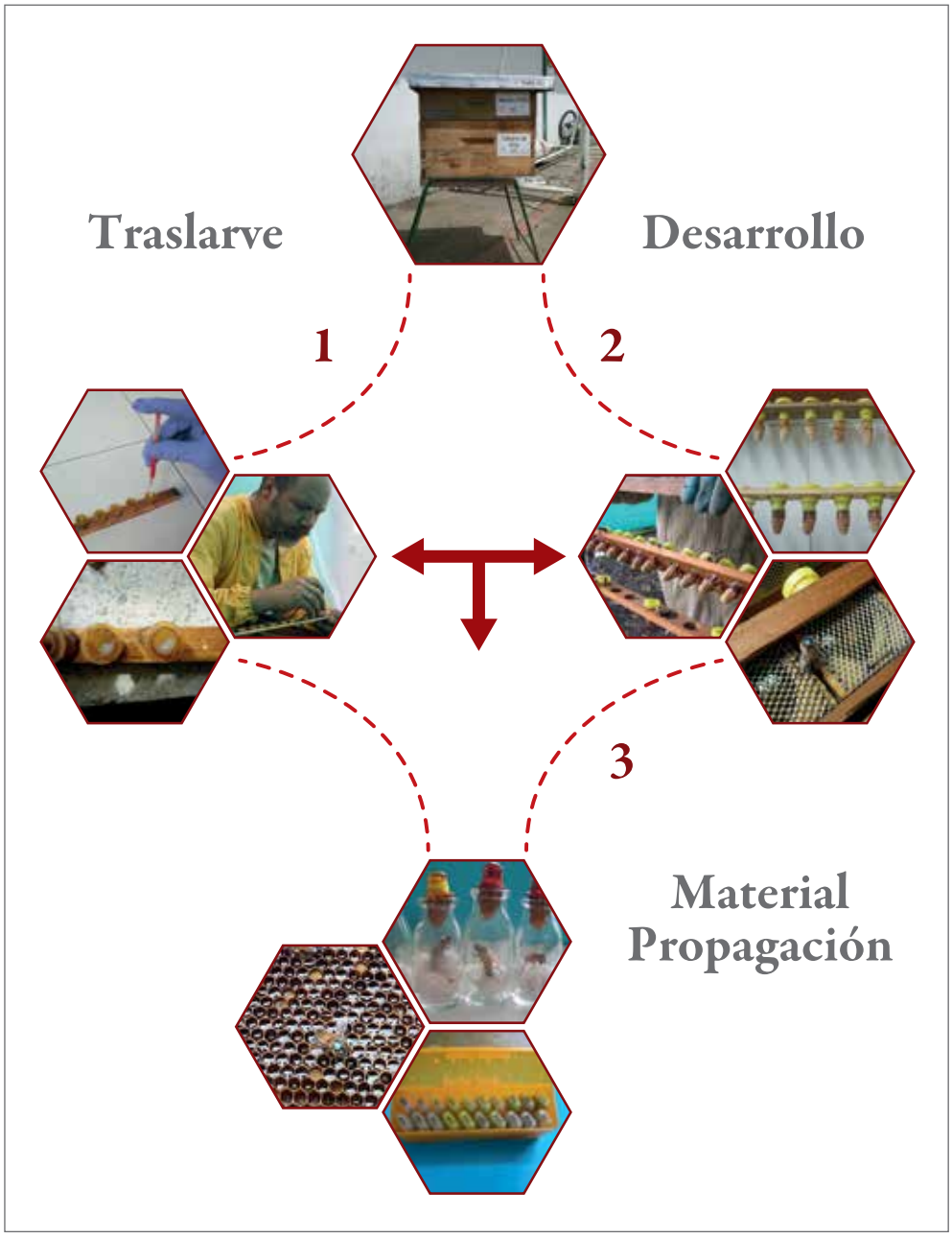


Figura 14. Esquema de propagación genética para la producción de reinas.
Fuente: Autores 2015

Esquema de mejoramiento genético

El esquema de mejoramiento genético en la especie apícola debe estar enfocado en variables de interés económico como la tolerancia a plagas y enfermedades, producción de miel y polen, grado de defensividad, entre otros. Este esquema consta de dos fases: la elaboración de una prueba de progenie y la selección de matrices.

Para llevar a cabo un plan de mejoramiento genético, se debe contar con las abejas reinas que se van a evaluar para la obtención de una población de reinas F1; las variables que se tienen en cuenta en campo, para realizar la selección de reinas sobresalientes, es la producción de miel, polen, mansedumbre de la población y comportamiento durante procesos de polinización dirigida.

Posterior a las variables medidas en campo, se realizan análisis de genética molecular para determinar el grado de africanización y se observa la presencia de genes de importancia económica, y, a continuación, realizar análisis de asociación genómica (figura 15).

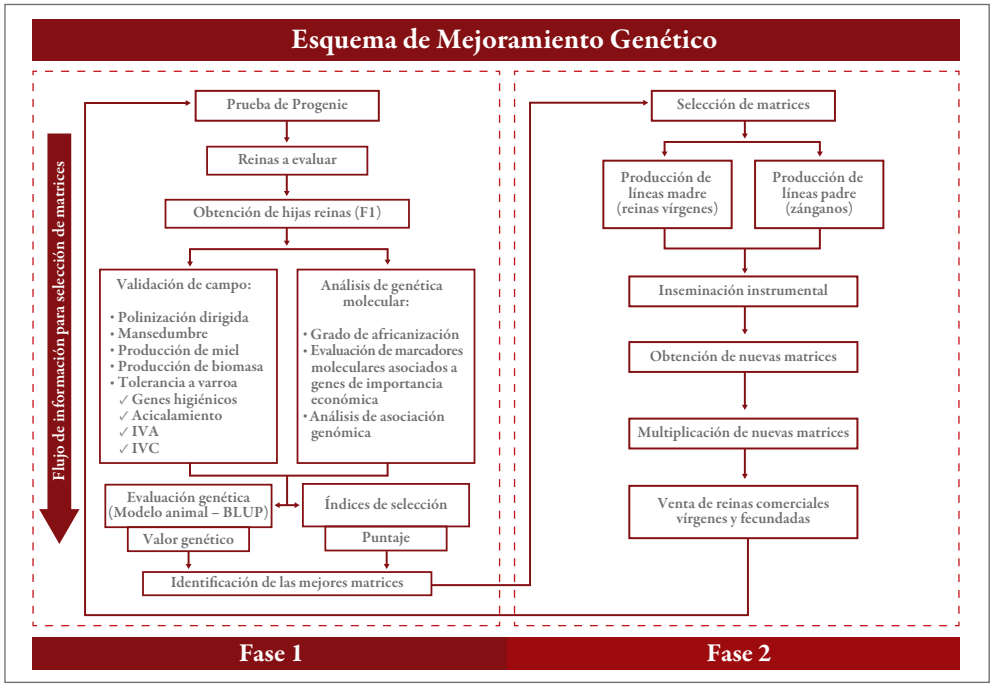


Figura 15. Esquema de mejoramiento genético.
Fuente: Adaptado de Vásquez et al. 1995

Influencia de los factores genéticos sobre el comportamiento

El factor genético es un elemento fundamental de los sistemas de producción ya que allí se encuentran las características biológicas que interesan al hombre desde el punto de vista productivo, y el potencial per se de los individuos, que, en los sistemas de producción apícola, corresponden a las colmenas. La característica fenotípica más compleja de ser estudiada es el comportamiento, pues refleja el funcionamiento del organismo como un todo, que cambia en respuesta al ambiente. Así, la genética del comportamiento es el estudio del control que la herencia ejerce sobre las acciones de un organismo.

De acuerdo a varias investigaciones, las características de comportamiento higiénico de las abejas están controladas por dos pares de genes recesivos; los genes uu se encargan de la desoperculación de celdas con larvas muertas y los genes rr se encargan del retiro de larvas muertas de las celdas desoperculadas al exterior de la colmena (Rothenbulher y Thomson 1956). El genotipo doblemente recesivo (uurr) es el único que genera el fenotipo de higiene. Gramacho y Gonçalves (2006) encontraron que el comportamiento higiénico involucra otro gen recesivo pp que determina la puntuación, comportamiento en el cual la abeja abre un pequeño orificio en el alvéolo para introducir su antena y detectar descensos de temperatura (0,5 °C), pues estos indican que la larva está enferma, parasitada o muerta.

Pruebas de evaluación genética

Una de las problemáticas más importantes para el apicultor es la infestación por *Varroa destructor* (varroasis). El mejoramiento genético va encaminado a encontrar genes de resistencia a la varroasis por medio de pruebas de comportamiento higiénico.

Las pruebas de comportamiento higiénico se realizan dentro de las colmenas instaladas para determinar la resistencia de estas a enfermedades o parásitos que atacan tanto a la cría, como a la población adulta, esto con el fin de obtener

parámetros de selección de colmenas que sean resistentes a enfermedades naturalmente, es decir, sin la aplicación de químicos que afecten la calidad de los productos de la colmena, susceptibles a la contaminación.

Para la especie apícola, se desarrollan diferentes pruebas con el fin de determinar el comportamiento de la colmena asociado al componente genético. Para la obtención de resultados de comportamiento, con respecto a tolerancia a la *Varroa destructor*, se siguieron los procedimientos que se explicarán a continuación y que fueron adaptados de los propuestos por Gramacho y Gonçalves (1995).

Prueba de grooming-biting acicalamiento

Esta prueba consiste en determinar el comportamiento que tienen las abejas de autoacicalamiento (una abeja a sí misma) y aloacicalamiento (una abeja a otra) utilizando principalmente sus patas y mandíbulas para remover y lesionar a las varroas de su cuerpo.

Esta prueba se realiza colocando un cuadro de madera entre la cámara de cría y la piquera, este debe tener de un lado malla número 8 y del otro papel blanco o cartulina con mantequilla, en el cual caerán las varroas removidas por las abejas. Estas varroas deben ser retiradas cuidadosamente por medio de un pincel y se deben colocar sobre una lámina portaobjetos que permitirá su observación a través del estereoscopio. Para esta prueba es importante conocer la anatomía de la *Varroa destructor* (figura 16).

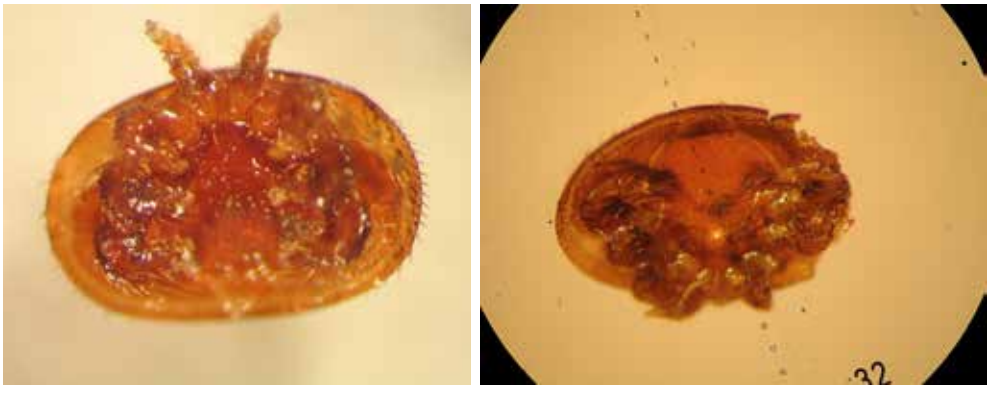


Figura 16. Fotografía del procedimiento de observación de varroas.
Fuente: Autores 2015

Para determinar el porcentaje de acicalamiento se aplica la siguiente fórmula:

$$\% L = \frac{\text{N.º de varroas lesionadas}}{\text{N.º de varroas de la muestra}} \times 100$$

L: Acicalamiento

El porcentaje de acicalamiento debe ser mayor al 30 %.

Prueba de comportamiento higiénico (CH)

Esta prueba determina el comportamiento higiénico de las colonias; para su determinación se utilizan dos metodologías, que se explican a continuación.

Método por punción

Esta prueba consiste en delimitar un segmento de un cuadro de 10 x 10 alvéolos o celdas, que contenga cría operculada cuyas pupas tengan los ojos rosados en al menos 100 celdillas. La cría en estado de pupa que se encuentra en las celdillas es sometida a punción mediante un alfiler entomológico (figura 17); 24 horas después de realizada la punción, se realiza el conteo para determinar la cantidad de alvéolos desoperculados y la cría removida.

La abeja con comportamiento higiénico detecta que la pupa está muerta por medio de la puntuación (determinación de la temperatura de la pupa), posteriormente desopercula y remueve la cría.



Figura 17. Fotografía del procedimiento de punción.
Fuente: Autores 2015

Método por congelación

Se retira una sección de panal con cría operculada que tenga al menos 100 celdillas con pupas y se lleva a temperatura de congelación por 24 horas, al término de estas, se introduce de nuevo la porción seccionada de panal a la colmena; 24 horas más tarde se realiza el conteo del número de celdas que fueron desoperculadas y removidas por las abejas (figura 18).

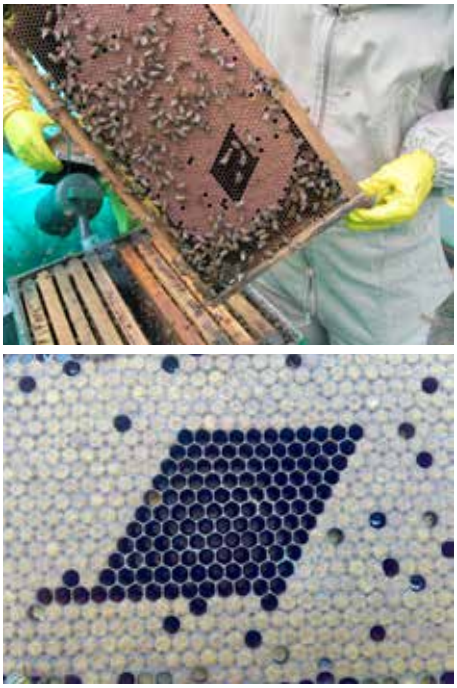


Figura 18. Fotografía del procedimiento de retiro de sección del panal.
Fuente: Autores 2015

$$\% \text{ CH} = \frac{\text{\# de alveolos vacíos a las 24 horas}}{\text{\# de alveolos muertos (por congelación o puntuación)}} \text{ x } 100$$

CH = comportamiento higiénico

Las colmenas que retiren más del 85 % de la cría muerta en 24 horas por cualquiera de las dos metodologías propuestas se consideran como higiénicas, porcentajes inferiores no deben ser tomados en cuenta para una futura selección de colmenas resistentes a enfermedades.

Prueba de infestación por varroa en abeja adulta

La infestación por varroa en abeja adulta (IVA) se calcula para determinar la cantidad de población adulta de una colmena que está siendo afectada durante un determinado periodo de tiempo. Se realiza tomando muestras de abejas directamente de los panales, se obtienen aproximadamente 100 abejas por medio de barrido en un frasco que contenga una mezcla alcohol-agua. En seguida, se agita vigorosamente o se centrifuga, de ser posible, durante 60 segundos de manera que las varroas se desprendan del cuerpo de las abejas, entonces se realiza el conteo de varroas y de abejas atrapadas (figura 19). En esta prueba se mide la cantidad de varroas presentes por cantidad de abeja adulta y se expresa en porcentaje, la determinación de este se realiza con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ IVA} = \frac{\text{N.º Varroas}}{\text{N.º de abejas}} \times 100$$

IVA= Infestación de varroa adulta



Figura 19. Imagen del procedimiento de conteo de abejas.
Fuente: Autores 2015

Las colmenas se deben encontrar debajo del 3 % de IVA para ser tenidas en cuenta dentro de un programa de selección genética.

Prueba de infestación por varroa en la cría de abeja

La prueba de infestación por varroa en la cría de abeja (IVC) determina la infestación de varroa en la cría en estado de pupa de la colonia; se mide la cantidad de varroas reproductivas presentes en cada alvéolo con cría y se expresa en porcentaje (%). La prueba se realiza tomando una sección del panal que tenga al menos 50 alvéolos con cría operculada y cuyas pupas estén pigmentadas. De este, se retiran 50 pupas y se realiza el conteo de la cantidad de alvéolos que contengan varroas en estado reproductivo (familia: fundadora, macho, protoninfa, deutoninfa, adulta joven) (figura 20). Si la tasa de infestación es inferior al 10 % (10 varroas por cada 100 larvas) se puede decir que las colmenas soportan el nivel de infestación, pero si, por el contrario, el nivel supera el 10 % habrá que tomar medidas de control.

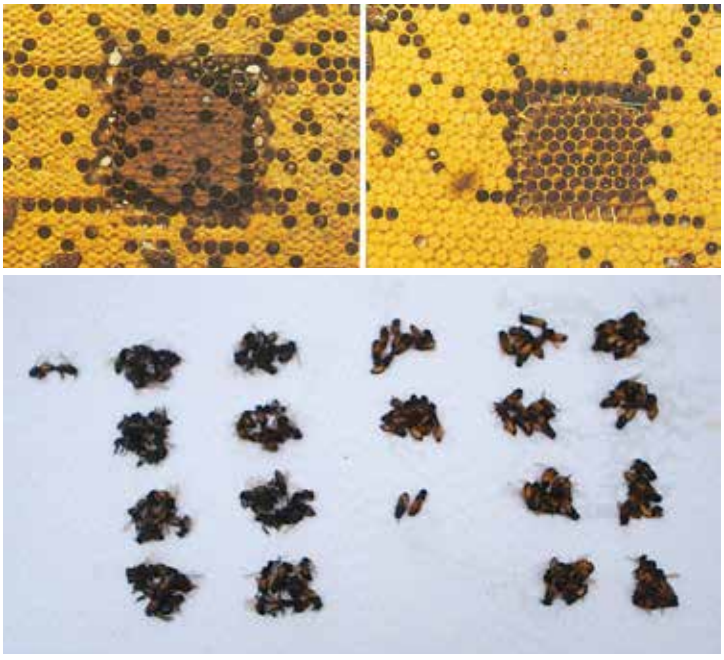


Figura 20. Fotografía del procedimiento de extracción del panal.
Fuente: Autores 2015

$$\% \text{ IVC} = \frac{\text{N.º de varroas reproductivas}}{\text{N.º de varroas de celdas observadas}} \times 100$$

Índice de comportamiento higiénico y tolerancia a varroa

En la tabla 10 se muestra la calificación otorgada por el grupo de investigación Corpoica-Unal a cada una de las variables de comportamiento CH, AC, IVA e IVC para conformar un índice que permita la selección de colmenas con desempeños sobresalientes (superiores al promedio). Este índice se desarrolló con base en los trabajos realizados en control de varroasis (Vásquez et al. 2000) y permitió definir las variables que se tienen en cuenta en el índice.

Tabla 10. Calificación de los parámetros para la evaluación de calidad genética en su componente sanitario (pruebas de tolerancia a varroa)

Variable	Intervalo (%)	Calificación
Comportamiento higiénico (CH)	0-50	0
	51-60	1
	61-70	2
	71-84	3
	85-95	4
	96-100	5
Acicalamiento (AC)	0-10	0
	11-20	1
	21-40	2
	41-50	3
	51-85	4
	86-100	5
Infestación de varroa en abeja adulta (IVA) e infestación de varroa en cría (IVC)	0-1	5
	1,1-2	4
	2,1-3	3
	3,1-4	2
	4,1-5	1
	> 5	0

Fuente: Tello 2012

Se realizó un estudio en tres zonas geográficas de Colombia (Sabana de Bogotá, Llanos Orientales y Tolima), en la tabla 11 se muestran los diferentes resultados de los análisis de las pruebas de evaluación genética mencionadas anteriormente, a los cuales se les adjudicó una calificación de acuerdo al índice.

En la tabla 11, de acuerdo a los muestreos realizados, se observa que hay mayor calificación de infestación de varroa en abeja adulta (IVA) en la zona de Sabana de Bogotá, seguido por la zona del Tolima y, por último, en los Llanos Orientales (2, 1 y 0, respectivamente), esto es debido a que en la región de los Llanos Orientales los procesos de mejoramiento genético han sido menores y, por lo tanto, hay mayor incidencia en la abeja africanizada. Por otro lado, para la prueba de acicalamiento (AC) no existe ninguna diferencia entre las tres zonas estudiadas; en cuanto a la prueba de genes higiénicos (GH), se presenta un comportamiento mayor en la Sabana de Bogotá y Tolima con respecto a los Llanos Orientales. Por último, para la prueba de infestación de varroa en cría (IVC) se encontró que es similar para la zona de los Llanos Orientales y el Tolima con una calificación de 4 con respecto a la Sabana de Bogotá.

Tabla 11. Estudio de medición de las pruebas de evaluación genética IVA, IVC, AC y GH

Prueba	Zona	Colmenas muestreadas	Promedio	Mínimo	Máximo	Calificación
IVA	Sabana de Bogotá	107	3,54 ± 3	0	14,4	0
	Llanos Orientales	108	6,21 ± 2,87	1,32	14,81	0
	Tolima	87	4,98 ± 3,73	0	20	0
AC	Sabana de Bogotá	86	34,31 ± 25	0	100	2
	Llanos Orientales	176	33,68 ± 20,18	0	81,82	2
	Tolima	79	37,57 ± 18,06	0	100	2
CH	Sabana de Bogotá	81	95,89 ± 10	40	100	5
	Llanos Orientales	37	91,73 ± 13,05	29,67	100	4
	Tolima	77	96,02 ± 5,48	68	100	5
IVC	Sabana de Bogotá	89	2,64 ± 10	0	66	3
	Llanos Orientales	181	1,5 ± 2,65	0	18	4
	Tolima	91	1,71 ± 3,79	0	28	4

Fuente: Autores 2015

Análisis de genética molecular

Históricamente, en producción animal, se ha buscado seleccionar los animales con mayor mérito genético para características productivas, reproductivas, funcionales y de calidad, y se busca que su progenie tenga un desempeño superior con respecto al promedio de la generación actual.

Las características productivas que buscan mejorar los apicultores, tanto fenotípica como genotípicamente, es la mayor producción y calidad de los productos de la colmena, así como también la resistencia a plagas y enfermedades; pues se ha demostrado que la infestación con plagas, como la varroa, pueden disminuir drásticamente el potencial productivo de las unidades apícolas.

Es de vital importancia realizar programas de selección genética utilizando modelos estadísticos que incluyan los datos productivos de las colmenas y la información genómica.

Gracias a los análisis de genética molecular, es posible recolectar información en el genoma de genes que son de importancia y que codifican para características productivas o sencillamente para determinar el linaje del que proviene una población determinada. La genética molecular logra acceder a esta información al observar las variaciones en los nucleótidos de una región codificante del genoma llamados SNPs (Single Nucleotide Polymorfism).

Estos análisis inician con la extracción de ADN el cual es obtenido del músculo extraído del tórax de varias abejas para cada colmena que va a ser muestreada. La extracción del ADN se puede realizar con varios métodos, se pueden utilizar kits comerciales o, igualmente, realizar la extracción con el método de Fenol-Coloroformo (Sambrook et al. 1989).

Obtenido el ADN, el fragmento que contiene la variación es amplificado por medio de la técnica de la PCR (reacción en cadena de la polimerasa), la cual crea y amplifica millones de copias del fragmento de interés; estas son leídas en un equipo secuenciador (figura 21), el cual muestra las variaciones en los nucleótidos y que servirán para determinar el linaje del que provienen las colmenas con mayor mérito genético. Los resultados de las pruebas de evaluación genética en campo se deben correlacionar con análisis de genética molecular realizados en laboratorio.

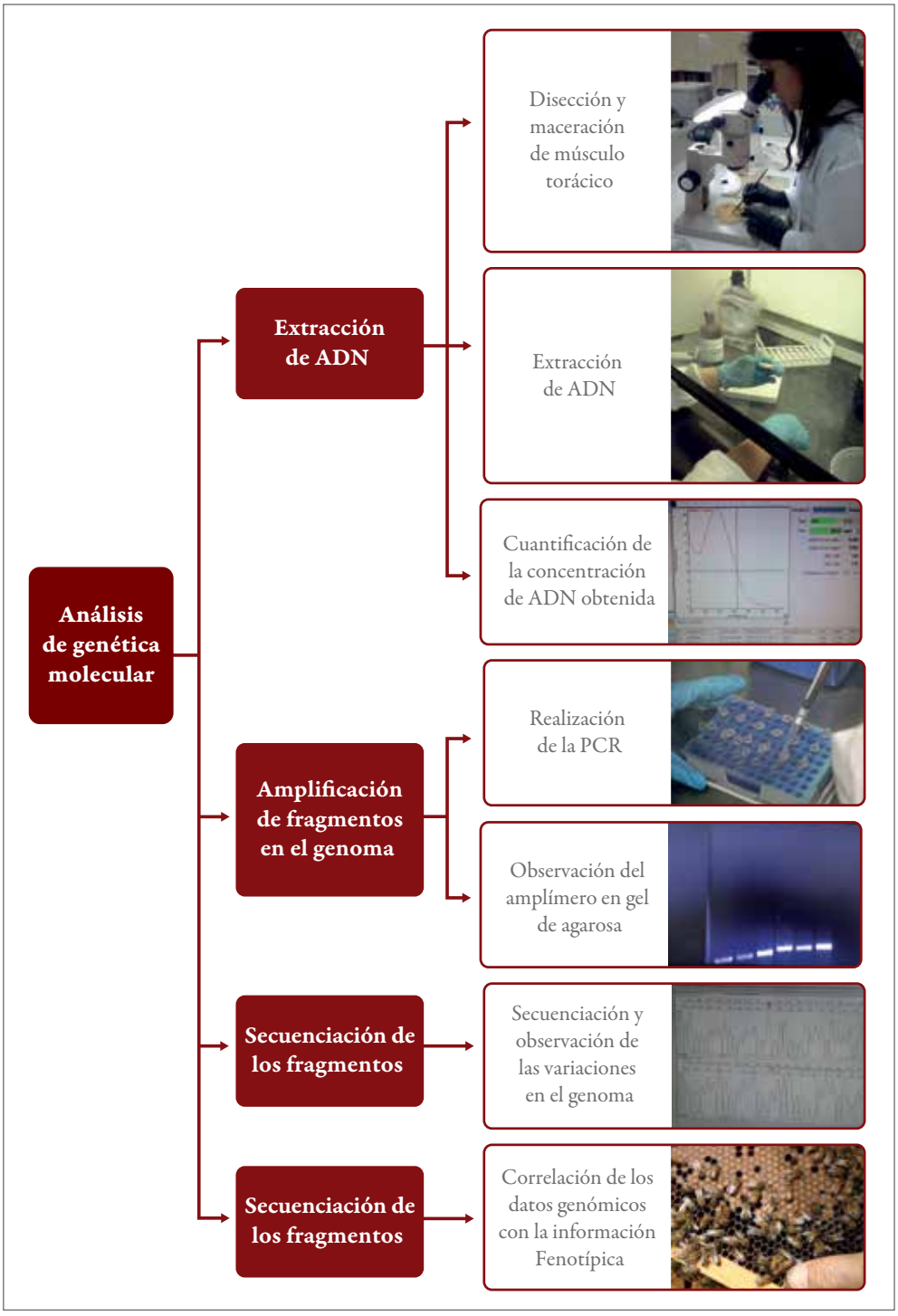


Figura 21. Procedimiento de los análisis de genética molecular.
Fuente: Autores 2015

Capítulo IV

Buenas prácticas apícolas

La miel y el polen apícola, como todos los alimentos, deben ser inocuos, por lo que su producción se debe realizar siguiendo principios básicos de manejo e higiene en cada uno de los procesos productivos que involucra la generación de los productos miel y polen (figura 22). Las buenas prácticas apícolas (BPAp) son todas aquellas acciones involucradas en la producción apícola que están encaminadas al aseguramiento de la inocuidad de los alimentos y la protección del medio ambiente y de las personas que trabajan en la explotación.

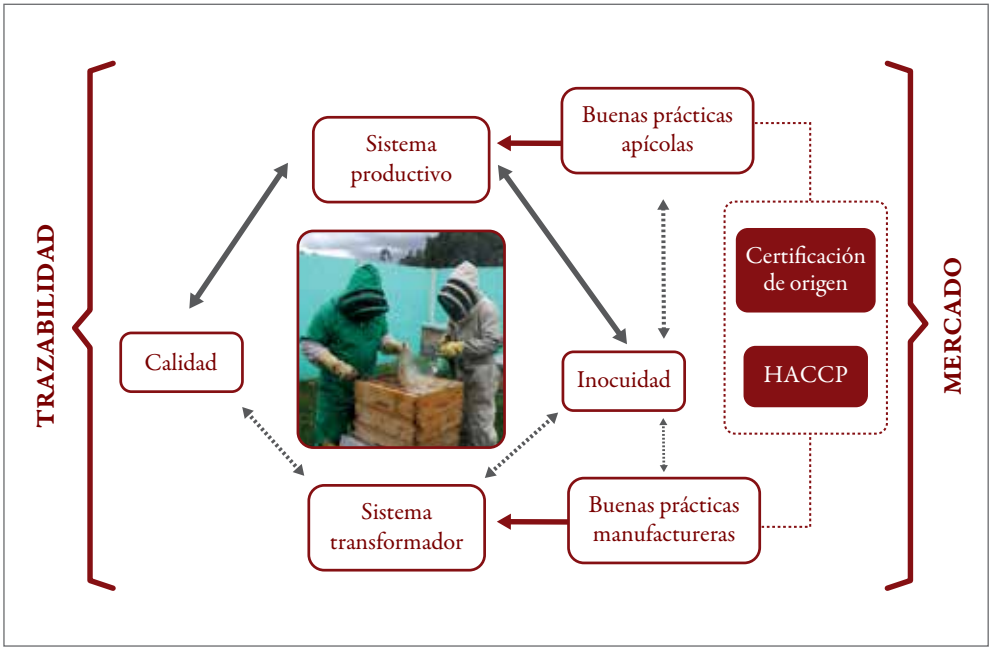


Figura 22. Factores a tener en cuenta para la implementación de las buenas prácticas apícolas en la producción de miel y polen.
Fuente: Autores 2015

Para contribuir a ser más eficientes y conseguir productos de calidad frente a un sistema de BPAp, se han establecido, para su manejo, las llamadas vitrinas apícolas, las cuales apoyan la realización de una trazabilidad más acorde a las colmenas y el seguimiento para obtener productos de buena calidad. Por otro lado, son escenarios de intercambio de conocimiento para asistentes técnicos y productores, modelos demostrativos de sistemas de producción, escenarios para la transferencia de opciones tecnológicas, generación de información de apoyo a la comunidad y plataforma para la transferencia de tecnología. En la figura 23 se muestran las vitrinas apícolas con la interacción de diferentes factores indispensables para que las abejas tengan un mejor desempeño y bienestar.

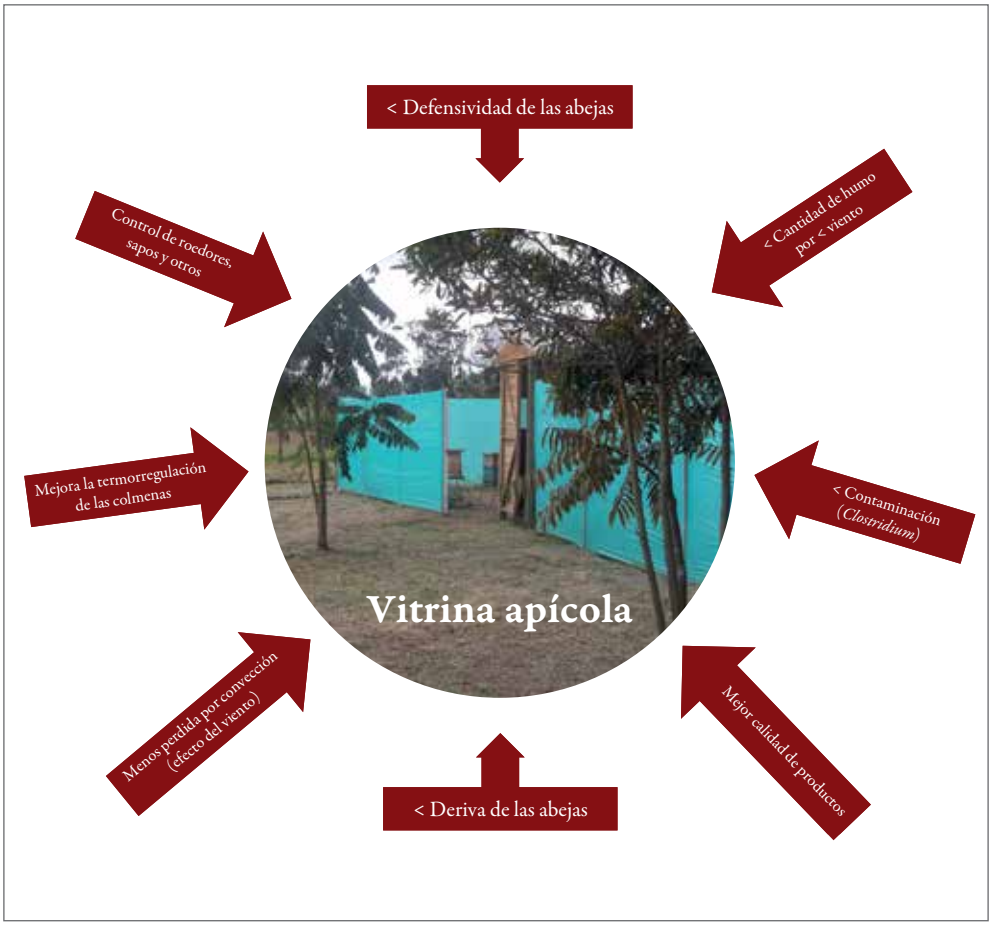


Figura 23. Vitrina apícola hacia las buenas prácticas en la producción de los productos de la colmena.
Fuente: Autores 2015

Buenas prácticas apícolas en el apiario

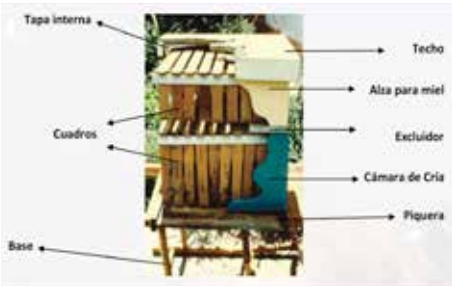
En la tabla 12 se muestran los diferentes pasos que se llevan a cabo en la instalación de un apiario, los equipos de protección y manejo necesarios para el funcionamiento de un apiario.

Tabla 12. Pasos llevados a cabo para la instalación de un apiario que garantice las BPAp

Categorías	Campo	**Recomendaciones**
	1	
Subcategorías	Instalación de apiario	
Pasos	Ubicación del sitio	• Se debe tener en cuenta las condiciones agroclimáticas • Que haya abundancia de especies vegetales • Tener disponible fuentes de agua potable • Ubicar las colmenas a una distancia no menor de 2 km de focos de contaminación como aguas estancadas, rellenos sanitarios y de fábricas • Instalación de barreras naturales y artificiales • Tener en cuenta los agroquímicos utilizados en los cultivos circundantes • Instalación de los apiarios en lugares donde puedan acceder vehículos • Ubicar los apiarios a mínimo de 200 m de viviendas, establos, galpones y vías públicas y a 1.500 m de otros apiarios • Señalización de los apiarios a 100 m a la redonda • En el apiario ubicar una colmena por cada 1,5 m^2
		

(Continúa)

(Continuación tabla 12)

Categorías	Campo	Recomendaciones
	1	• Una colmena esta compuesta por: 1. Base 2. Piquera y reductor de piquera 3. Camara de cría (10 cuadros) 4. Alzas con cuadros (10 cuadros) y trampa de polen 5. Techo y sobre techo • El material de la colmena debe ser de madera y sin pintura, pues esta puede contener plomo • Madera de pino es recomendada para climas fríos y para climas cálidos se recomienda madera de roble
Subcategorías	Instalación de apiario	
Pasos	Consecucción del material apícola	
		

Categorías	Campo	Recomendaciones
	1	• Máximo 10 colmenas por apiario • Las colmenas se deben disponer horizontalmente respecto al suelo • Ubicar todas las piqueras de las colmenas hacia una misma orientación y en dirección contraria al viento • Para evitar humedad y aislar las colmenas del suelo, ubicar las colmenas en bases individuales a 40 cm del suelo; además de limpiar la zona de malezas • Para facilitar el manejo de registros, realizar la identificación de cada colmena
Subcategorías	Instalación de apiario	
Pasos	Montaje y numeración de las colmenas	
		
		

(Continúa)

(Continuación tabla 12)

<table>
<tr><td rowspan="2">Categorías</td><td>Equipos</td><td rowspan="4">Recomendaciones</td></tr>
<tr><td>2</td></tr>
<tr><td>Subcategorías</td><td>Equipos</td></tr>
<tr><td>Pasos</td><td>Equipo de protección</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>• Se debe utilizar overol americano, botas amarillas y guantes de carnaza</td></tr>
<tr><td>Pasos</td><td>Equipo de manejo</td><td rowspan="2">• Utilizar palanca, cepillo y ahumador
• Para encendido del ahumador, se deben utilizar materiales vegetales como hojas, corteza de árbol, aserrín, entre otros
• No utilizar estiércol de animales e hidrocarburos</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
</table>

(Continúa)

(Continuación tabla 12)

Pasos	Equipo de cosecha de miel	
	 	• Se recomienda que la centrífuga sea de acero inoxidable, para evitar la propagación de microorganismos • El cuchillo desoperculador, de preferencia, eléctrico • Utilizar filtros o tamiz en la boquilla de la centrífuga • Los utensilios utilizados en este proceso, deben ser de acero inoxidable • Para el almacenamiento de la miel cosechada, utilizar cuñetes plásticos

Pasos	Equipo de recolección y procesamiento del polen	
	 	• Balanza portable • Utensilios plásticos para almacenamiento del polen y tamiz • Secador de polen en acero inoxidable

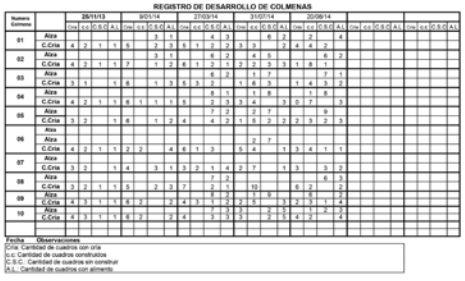
(Continúa)

(Continuación tabla 12)

Categorías	Campo	**Recomendaciones**
	3	
Subcategorías	Manejo de colmenas	
Pasos	Revisión	
		• En lo posible, la revisión se debe realizar entre las 9 de la mañana y 3 de la tarde, hora donde la mayoría de la población se encuentra fuera de la colmena • El manejo de las colmenas se debe realizar mínimo cada 15 días • Se procede a suministrar humo de manera moderada a la colmena, especialmente en la piquera • Retirar el techo y el sobretecho • Se deben revisar los cuadros de derecha de izquierda • En la revisión, verificar la cantidad de alimento, si hay presencia de enfermedades y plagas, espacio, población y postura de la reina • Dependiendo de la época del año y las condiciones agroclimáticas puede ser necesario alimentar 1. Alimentación energética: jarabe de a partir de agua y azúcar, se puede realizar con miel que no esté contaminada 2. Alimentación proteica: tortas de polen • Después de la revisión se debe hacer un seguimiento a las colmenas por medio de registros

(Continúa)

(Continuación tabla 12)

Categorías	Campo	Recomendaciones
	3	
Subcategorías	Manejo de colmenas	
Pasos	Comportamiento de la reina	
		• Se debe observar que tenga una buena postura que sea homogénea, abundante cría operculada, huevos y larvas en diferentes estadios • La presencia de cría salteada es indicador de que la reina está senil o tiene una anormalidad, por lo tanto, se procede a sustituirla • La aparición de una alta presencia de cría de zángano por postura múltiple, se considera que la colmena posee una reina senil o que el vuelo nupcial no fue exitoso
Pasos	Documentos y registros	
 REGISTRO DE DESARROLLO DE COLMENAS		• Llevar registros por cada colmena, esto con el fin de: 1. Conocer qué material hace falta para llevar 2. Organizar actividades futuras 3. Hacer seguimiento del comportamiento productivo

Buenas prácticas apícolas en cosecha de miel

En la tabla 13 se observan los pasos que se deben tener en cuenta para la extracción del producto miel al seguir las buenas prácticas apícolas

Tabla 13. Pasos para el proceso de extracción de la miel

Categorías	Campo	**Recomendaciones**
	1	• Ubicar los cuadros llenos de miel y operculados en el alza melaria • Luego de la revisión, programar la cosecha de miel teniendo en cuenta factores climáticos y disponibilidad de personal
Subcategorías	Colmenas para producción de miel	
Pasos	Visita previa	
		

Categorías	Campo	**Recomendaciones**
	2	• Ahumar moderamente la piquera y dentro de la colmena, evitando ahumar los cuadros que contengan miel para no contaminarlos
Subcategorías	Beneficio	
Pasos	Ahumado de la colmena	
		

(Continúa)

(Continuación tabla 13)

Pasos	Selección de panales



- Para esta actividad, se requiere minimo de 3 personas
- Escoger los panales que contengan miel operculada en un 80%; ya que con un porcentaje menor, se corre el riesgo de cosechar miel inmadura
- Introducirlos en un alza limpia la cual se pueda tapar para evitar llevar abejas al sitio de extracción
- No cosechar cuadros con miel de la cámara de cría, ni que contenga celdas con cría abierta u operculada
- Se recomienda organizar lotes de producción de miel por apiario, para garantizar la trazabilidad del producto
- Evitar cosechar en los días de lluvia, o con alta humedad relativa

Categorías	Campo
	2
Subcategorías	Beneficio
Pasos	Selección de panales

Recomendaciones



- Alzas de miel y cuadros no deben tener contacto directo con el suelo; se pueden utilizar elementos como soportes para cuadros y bandejas plásticas
- No se deben seleccionar cuadros desarmados ni desclavados
- Es importante retirar las abejas en los cuadros de miel
- Los cuadros de miel no se deben apoyar en el piso

(Continúa)

(Continuación tabla 13)

Pasos	Transporte de los cuadros con miel	
 		• La extracción de la miel, se realiza en lugares adaptados para ello; puede ser cerca o dentro del apiario, o cargas previamente instaladas • El transporte de las alzas de miel, se debe realizar en vehículos donde las alzas estén cubiertas para evitar ser contaminadas • El piso de transporte debe ser de fácil limpieza y no permitir la entrada de polvo y agua durante el traslado • Se debe evitar el ingreso de abejas a la sala de extracción de miel • Al momento de transportar los cuadros, las alzas de miel se deben apilar formando una estructura sólida, atadas firmemente y cubrir con una manta
Categorías	Sala de extracción	**Recomendaciones**
	2	• Dentro del sitio de extracción se selecciona un lugar para realizar esta labor • Para todo el proceso de beneficio la persona encargada debe utilizar un delantal limpio, cofia, guantes y lavarse las manos regularmente • Se utiliza un cuchillo eléctrico para separar el alveolo del opérculo • Los elementos utilizados para desopercular los cuadros deben ser en acero inoxidable y no deben estar en contacto en el suelo; además de ser lavados regularmente • Una buena desoperculación posibilita regresar el cuadro a la colmena sin daño alguno • Abrir aquellos opérculos de los cuadros que no fueron correctamente desoperculados con un peine en acero inoxidable • No usar baldes con agua, ni trapos para lavado de pinzas; así como se debe evitar el contacto innecesario de la miel con la persona encargada de la extracción
Subcategorías	Beneficio	
Pasos	Desoperculado	
		

(Continúa)

(Continuación tabla 13)

Categorías	Sala de extracción	Recomendaciones
	2	• Es importante que la centrífuga en acero inoxidable esté limpia y desinfectada correctamente • Clasificar los cuadros según el tamaño, con el fin de nivelar la centrífuga • Al momento del centrifugado, se recomienda dar dos vueltas por cada cara a los cuadros nuevos, y a los cuadros viejos una vuelta • Para esta labor se recomienda apoyar sólidamente la centrífuga para evitar su vibración • Ajustar la velocidad aumentándola progresivamente teniendo en cuenta la cantidad de miel y estado del uso del panal • Se sugiere utilizar extractores de cuadros • Una vez terminado el centrifugado, introducir los cuadros en alzas para retornar a las colmenas • Cada extracción de miel por apiario debe poseer un número de lote, para garantizar trazabilidad
Subcategorías	Beneficio	
Pasos	Centrifugado	
 		

Categorías	Sala de extracción	Recomendaciones
	2	• La centrífuga debe contener en la válvula de salida un filtro o colador que retenga los elementos gruesos contenidos en la miel
Subcategorías	Beneficio	
Pasos	Filtración gruesa	
		

(Continúa)

(Continuación tabla 13)

Pasos	Filtración fina	
		• Para este proceso, se debe disponer de un tamiz, colador o filtro de reposición de 5 mm, para separar restos de cera y materiales extraños • Para facilitar esta labor se calienta la miel a baño maría, se pasteuriza a un temperatura de 62 °C por 30 minutos, ya que a temperaturas más altas se pueden elevar los niveles de HMF y haber una alteración del color de la miel • Mantener el tamiz limpio para que fluya la miel, además de tener uno de reemplazo. Retirar la espuma gruesa generada por el calentamiento antes de realizar el empacado
Categorías	Sala de extracción	**Recomendaciones**
	3	• La miel puede ser empacada en cuñetes de aproximadamente 30 kg (baldes plásticos, de color blanco y aptos para empaque de miel) • Los cuñetes se deben tapar bien y rotular con datos del apiario, región, empresa, fecha de colecta, y floración, si es posible • Al momento del almacenamiento se debe mantener en un lugar fresco y ventilado con temperatura inferior a 20°C, esto con el fin de evitar el deterioro en la miel • El incorrecto almacenamiento deteriora la calidad de la miel y ocasiona modificaciones físico químicas • Almacenar en lugares cerrados que impidan la entrada de agua y luz solar, con el fin de disminuir los riesgos de deterioro por absorción de humedad • No golpear los cuñetes, moverlos con cuidado o contar con carretillas o guinches para facilitar su traslado • En caso de abrir los cuñetes para su revisión, esta se debe hacer higiénicamente y nunca a la intemperie
Subcategorías	Manufactura	
Pasos	Empaque en cuñetes	
		

(Continúa)

(Continuación tabla 13)

Pasos	Empaque fraccionado	
		• Se recomienda realizar el empaque en frascos de boca ancha y cierre hermético con capacidad de 250 y 500 g • Los frascos se deben tapar bien y rotular con datos del apiario, región, empresa, fecha de colecta, y floración, si es posible
Categorías	Sala de extracción	**Recomendaciones**
	3	
Subcategorías	Manufactura	
Pasos	Rotulado	
		• En caso de tratarse de miel cristalizada se especifica el contenido neto en unidades de masa, si es en presentación líquida, en unidades de volumen • Los lineamientos de la descripción de la etiqueta se contemplan en la Norma Técnica Colombiana NTC 512-2 • La etiqueta debe contener la siguiente información: 1. Razón social o marca del alimento 2. Contenido neto 3. Origen 4. Nombre y dirección del productor 5. Fecha de vencimiento 6. Información nutricional

De acuerdo a lo realizado en campo y en la planta de extracción, se construye un diagrama de flujo para el proceso de extracción para el producto (miel y polen), basado en un esquema que permite visualizar paso a paso todos los procesos y el tiempo en que se llevan a cabo cada una de estas actividades. Los valores reportados en este flujograma cuentan con que el apicultor tenga experiencia en la organización de su apiario respecto a la marcación de cada una de las colmenas y su seguimiento a través de registros de producción.

Para la aplicación de esta herramienta se utiliza una simbología estándar a nivel internacional, que representa el tipo de acción a realizar en cada una de las actividades en estos dos procesos (tabla 14).

Tabla 14. Identificación y significado del tipo de operación que se realiza en cada proceso

Convenciones	
	Operación: cambio o transformación en algún componente del producto, ya sea por medio físico, mecánico o químico o combinaciones.
	Transporte: acción de movilizar de un sitio a otro algún elemento.
	Demora: cuando existe un cuello de botella en el proceso y se debe esperar para efectuar la actividad.
	Almacenamiento: de materia prima, de producto en proceso o terminado
	Inspección: Acción de control de una operación, un transporte o verificación de la calidad del producto.
	Operación combinada: ocurre cuando se efectúan simultáneamente dos de las acciones mencionadas

Flujograma del proceso de la miel

Para este flujograma se debe contar con que el apicultor ya tenga experiencia en la organización de su apiario en cuanto a marcación en cada una de sus colmenas, sus respectivos registros de producción y georreferenciación.

En las tablas 15 (miel) y 17 (polen) se describen los pasos, al igual que el tiempo y el lugar requerido para el proceso de extracción y beneficio de la miel y el polen, para ello se estima que una unidad mínima que conforma un apiario con 10 colmenas.

El beneficio de la miel requiere, además del lugar en campo donde se recolecta la miel, un sitio de acopio para su procesamiento. Esta etapa productiva está compuesta por 7 procesos (18 pasos) que tienen una duración de 11 horas y 15 minutos, tal como se detalla a continuación:

1. En campo se realizan 3 procesos con sus respectivos pasos, que tienen una duración de 3 horas y 5 minutos, y que varía según el manejo de las colmenas:

   - Primer proceso: uso y manejo del equipo de protección (15 minutos)
   - Segundo proceso: manejo de colmenas para la extracción de miel (2 horas)
   - Tercer proceso: transporte del producto a la planta de beneficio (50 minutos)

2. En la planta de beneficio se realizan 4 procesos con sus respectivos pasos, que tienen una duración de 8 horas y 10 minutos, y que varía según el manejo de los panales que son extraídos:

   - Primer proceso: beneficio (6 hora y 20 minutos)
   - Segundo proceso: manufactura (1 hora)
   - Tercer proceso: almacenamiento (50 minutos)



Tabla 15. Flujograma del proceso para la miel

Lugar	Procesos	N.°	Pasos	Simbolos de flujo	Tiempo parcial por apiario/ minutos	Tiempo acumulado por proceso/ minutos
Campo	Equipo de manejo y protección	1	Equipo de protección	●	5	15
		2	Prendida del ahumador	●	10	
	Manejo de colmenas para la extracción de miel	3	Cosecha-selección de panales	◗	90	120
		4	Almacenamiento de alzas con cuadros seleccionados con miel	◗	30	
	Transporte del producto a la planta de beneficio	5	Carga de alzas en el vehículo	●	30	50
		6	Trasporte y llegada de alzas del apiario a la planta de beneficio	➡	20	
	3 procesos	**6 pasos**	TIEMPO PARCIAL EN CAMPO			185
Planta	Beneficio	7	Descarga de alzas de miel con buenas prácticas	●	20	380
		8	Revisión de no conformidad para alzas de miel	■	20	
		9	Desoperculado	●	60	
		10	Centrifugado	◙	60	
		11	Colado o tamizado	◗	60	
		12	Decantación	■	120	
		13	Calentamiento-baño maria	◗	40	
	Manufactura	14	Envasado y fraccionamiento	●	30	60
		15	Embalaje y etiquetado	◙	30	
	Almacenamiento	16	Almacenamiento de cajas con miel	▼	20	50
		17	Identificación del lote y trazabilidad	■	30	
	Comercialización	18	Entrega a comercializadores	➡		
	4 procesos	**12 pasos**	Tiempo parcial en planta			490
2 lugares	**7 procesos**	**18 pasos**	Tiempo total para el proceso de la miel			675*

Estos 675 minutos equivalen a 11 horas y 15 minutos

Fuente: Maldonado 2015

Buenas prácticas apícolas en la producción de polen

En la tabla 16 se observan los pasos que se deben tener en cuenta para el beneficio del polen al seguir las buenas prácticas apícolas.

Tabla 16. Pasos para el proceso de beneficio del polen

Categorías	Campo	**Recomendaciones**
	1	• Las colmenas con destino a producción de polen deben ser alimentadas por lo menos cada 15 días • Para este proceso, se deben instalar trampas de polen • Las colmenas dedicadas a este proceso deben tener por lo menos 6 cuadros de cría, abundante población y reina joven • La revisión se debe realizar cada 15 días observando el estado de la cría, población y el material
Subcategorías	Recolección de polen	
Pasos	Colmenas en producción de polen	
		
Pasos	Recolección	• El polen se debe recoger cada 5 días, en épocas de lluvia cada 3 días y en climas templados cada 2 días • Es necesario utilizar guantes limpios para la recolección • Limpiar y desinfectar la canasta recolectora, utilizando hipoclorito en agua a una proporción de 1 ml por litro de agua • El polen se recoge en recipiente plástico o en bolsas plásticas para evitar su deterioro • Llevar registros y pesar como mínimo el polen de cada colmena • Para grandes producciones de polen se aconseja congelar
		

(Continúa)

(Continuación tabla 16)

<table>
<tr><td rowspan="2">Categorías</td><td>Sala de proceso</td><td rowspan="4">Recomendaciones
• Se debe utilizar un secador de polen en acero inoxidable con una buena corriente de aire (45°C)
• El tiempo de secado oscila entre 12 y 24 horas dependiendo de la humedad y el grosor de la bandeja
• El operario debe utilizar guantes, tapabocas y cofia para la manipulación del polen
• Registrar la hora de inicio, temperatura y hora en que finaliza el proceso de secado, esto con el fin de llevar trazabilidad del producto</td></tr>
<tr><td>2</td></tr>
<tr><td>Subcategorías</td><td>Beneficio</td></tr>
<tr><td>Pasos</td><td>Secado</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Pasos</td><td>Tamizado</td><td rowspan="2">• Utilizar mallas para retener las partículas de mayor tamaño en el polen</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Pasos</td><td>Limpieza manual</td><td rowspan="2">• Ubicar el polen en bandejas blancas y retirar las partículas visibles que no se extrajeron en los procesos anteriores</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
</table>

(Continúa)

(Continuación tabla 16)

Categorías	Sala de proceso	Recomendaciones
	3	
Subcategorías	Manufactura	
Pasos	Empaque	
		• Para el empaque, se utilizan bolsas plásticas de 5 kg o metalizadas de 500 g y frascos de 400 g • El operario debe utilizar guantes, tapabocas y cofia para la manipulación del polen
Pasos	Rotulado	
		• Los lineamientos de la descripción de la etiqueta se contemplan en la Norma Técnica Colombiana NTC 512-2 • La etiqueta debe contener la siguiente información: 1. Razón social o marca del alimento 2. Contenido neto 3. Origen 4. Nombre y dirección del productor 5. Fecha de vencimiento 6. Información nutricional

La extracción del polen requiere, además del lugar en campo donde se recolecta, un sitio de acopio para su procesamiento. Esta etapa productiva está compuesta por 7 procesos (21 pasos) que tienen una duración de 20 horas y 25 minutos, tal como se detalla a continuación:

1. En campo se realizan 3 procesos con sus respectivos pasos, que tienen una duración de 3 horas y 55 minutos, y que varía según el manejo de las colmenas, como son:

   - Primer proceso: uso y manejo del equipo de protección (15 minutos)
   - Segundo proceso: manejo de colmenas para la extracción de polen (2 horas y 40 minutos)
   - Tercer proceso: transporte del producto a la planta beneficio (1 hora)

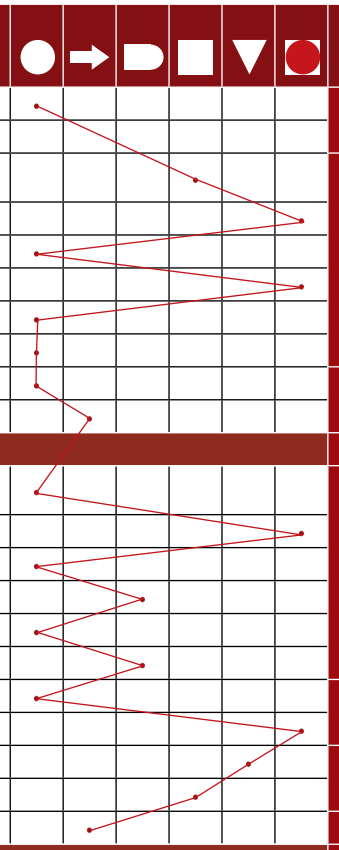
2. En la planta de beneficio se realizan 4 procesos con sus respectivos pasos, que tienen una duración de 16 horas y 30 minutos, y que varía según el manejos de los cuadros a extraer, como son:

   - Primer proceso: beneficio (14 horas y 40 minutos)
   - Segundo proceso: manufactura (1 hora)
   - Tercer proceso: almacenamiento (50 minutos)
   - Cuarto proceso: entrega a comercializadores (dependiendo de la zona)



Tabla 17. Flujograma del proceso de extracción de polen.

Lugar	Procesos	N.°	Pasos	Simbolos de flujo	Tiempo parcial por apiario/ minutos	Tiempo acumulado por proceso/ minutos
Campo	Equipo de manejo y protección	1	Equipo de protección	●	5	15
		2	Prendida del ahumador	●	10	
	Manejo de colmenas para la extracción de polen	3	Inspección e identificación de colmenas para producción de polen	■	10	160
		4	Instalación de trampas	●	40	
		5	Recolección de polen con buenas prácticas	●	20	
		6	Limpieza de la canasta colectora	●	30	
		7	Recepción del polen en elementos plasticos de alimentos	●	30	
Planta		8	Pesaje del polen humedo por colmena	●	30	
	Transporte del producto a la planta beneficio	9	Carga del polen para ser transportado	●	30	60
		10	Trasporte y llegada del polen del apiario a la planta de beneficio	➡	30	
	3 procesos	**10 pasos**	TIEMPO PARCIAL EN CAMPO			235
	Beneficio	11	Descargue del polen en canastilla de secado con buenas prácticas	●	20	880
		12	Inspección y pesaje del polen	●	20	
		13	Carga de bandejas de polen para el secado	●	30	
		14	Secado	▰	720	
		15	Recolección de bancdejas con polen seco	●	30	
		16	Tamizado y limpieza	▰	60	
	Manufactura	17	Envasado	●	30	60
		18	Embalaje y etiquetado	●	30	
	Almacenamiento	19	Almacenamiento	▼	20	50
		20	Identificación del lote y trazabilidad	■	30	
	Comercialización	21	Entrega a comercializadores	➡		
	4 procesos	**11 pasos**	Tiempo parcial en planta			990
2 lugares	**7 procesos**	**21 pasos**	Tiempo total para el proceso del polen			1225*



* Estos 1225 minutos equivalen a 20 horas y 25 minutos

Fuente: Maldonado 2015

Esquema para alcanzar un piso de calidad

En la figura 24 se muestran las diferentes etapas necesarias para conseguir un piso de calidad de los productos apícolas miel y polen. En él se observan las características que se deben evaluar para cada producto como son las características fisicoquímicas, las cuales permiten identificar si los productos apícolas presentan adulteraciones en su composición, además indica los procesos químicos que estos hayan podido sufrir debido a una mala manipulación; por otro lado, las características organolépticas permiten evaluar los aspectos que detectan los órganos de los sentidos del consumidor, como es el caso del olor, sabor y color; en cuanto a las características nutricionales, estas son evaluadas para definir el contenido de nutrientes que posee cada uno de los productos de las colmenas y así garantizar la calidad de estos. Otra etapa importante a tener en cuenta es lo relacionado con la inocuidad, que permite identificar los factores a controlar en cuanto a calidad microbiológica, contaminantes y patógenos. Los análisis de palinología ayudan a que los productos de la colmena miel y polen adquieran un valor agregado por medio de la identificación de su origen botánico y así lograr una diferenciación en el mercado. Todo lo anterior, sumado a la implementación de las BPAp desde el apiario hasta la obtención del producto final, es lo que determina un piso de calidad. Además, se refuerza este esquema con la elaboración de la ficha técnica de los productos apícolas miel y polen, en la que se incluye información importante como el origen geográfico, la descripción física, los ingredientes principales, las características fisicoquímicas, nutricionales, microbiológicas, el contenido de minerales, la flora apícola predominante en la zona, la forma de consumo, empaque, la presentación, el etiquetado y la vida útil del producto.



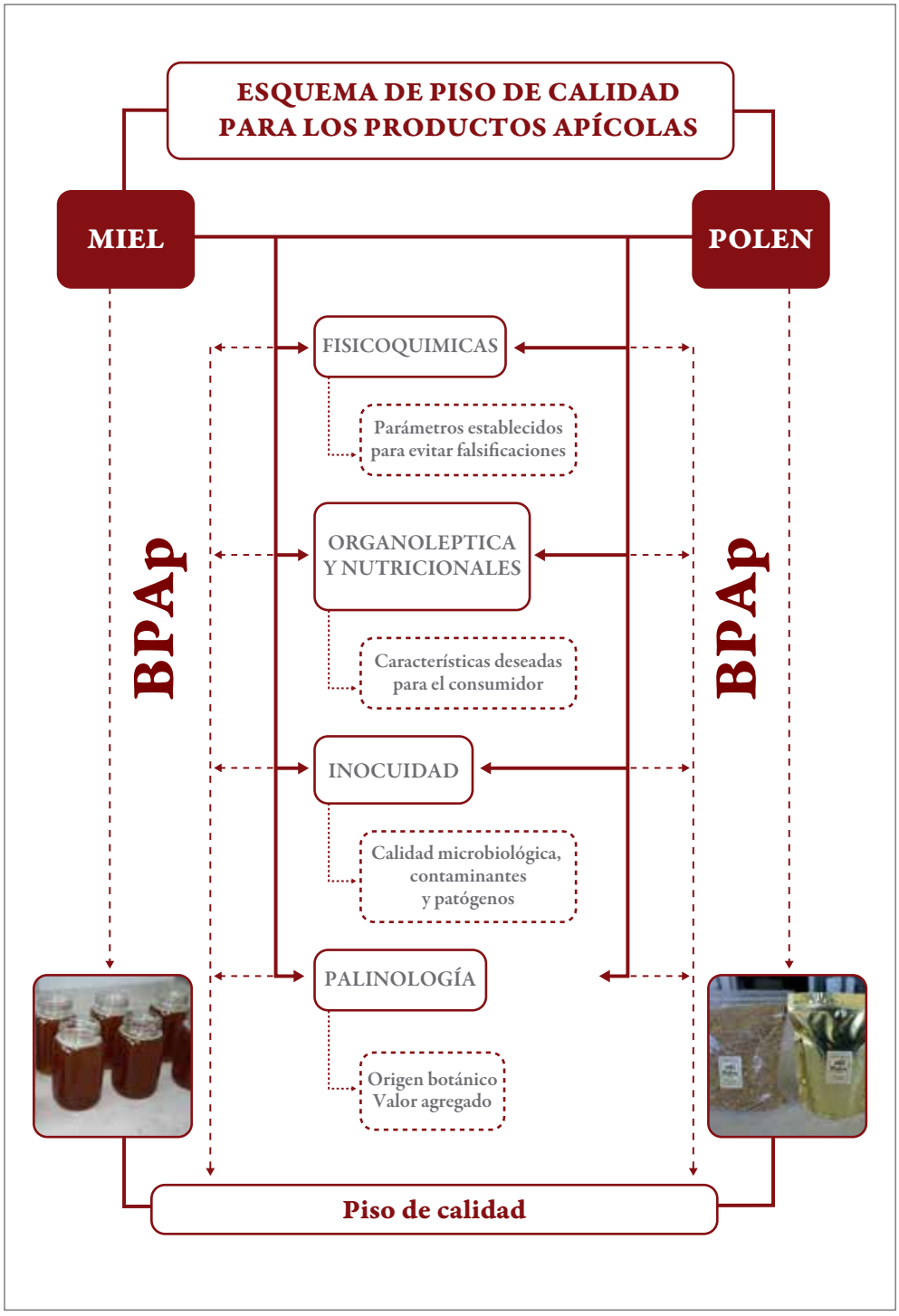


Figura 24. Esquema de piso de calidad para los productos apícolas miel y polen.
Fuente: Autores 2015

Conclusiones

Es evidente que el sector apícola colombiano ha adquirido ciertas modalidades investigativas y de interés frente a algunos productos de la colmena como la miel, el polen, la polinización entre otros; por ende, esta información ha dado diversas alternativas importantes para poner en práctica y así involucrarlas en su entorno; sin embargo, no se ha podido generar ningún documento oficial que acredite esta información y fomente las experiencias en todos los aspectos durante estos desarrollos investigativos. Para este caso, las buenas prácticas apícolas son un elemento necesario para la Cadena Productiva de las Abejas y Apicultura (CPAA) y el apicultor en campo, y se deben aplicar correctamente si se quiere lograr productos de calidad frente a mercados competitivos.

Como se demuestra, la propuesta de un protocolo de calidad en miel es tan solo un paso a la variabilidad de sucesos posibles que pueden ocurrir durante el manejo, beneficio y demás, y que, mediante los estudios, se pueden generar cambios y lograr acoplar las diversas formas de trabajo en el apiario, campo o planta. Esta propuesta comprende la necesidad de la creación e innovación frente a oportunidades sociales, económicas y educativas, que hacen que el apicultor empiece a explorar diversas características que apoyen y diversifiquen la creación de un manual de buenas prácticas apícolas con los entes involucrados frente a sanidad, calidad y aquellos que tengan relación con la cadena apícola.

En el análisis se tomaron ciertos manuales como modelo para formar y aplicar en nuestro ambiente, adaptándolos mediante cambios y toma de decisiones; a la vez, con el apoyo y asesoramiento de los técnicos y profesionales encargados de este tema para conformar un manual acorde a nuestro medio.

En cuanto a los permisos, la reglamentación y la formación del manual de buenas prácticas apícolas se debe determinar y detallar un proceso de diseño con un grupo de trabajo, que en este caso serían los entes gubernamentales como Corpoica, ICTA-Unal, entre otros, y privados como asociaciones y

universidades, que se unirián para generar organización e integración a los apicultores frente a los procesos y pasos a desarrollar productividad en la eficiencia en costos y material generado. Esta acción parte de la importancia de observar un resultado a futuro, para lograr la eficiencia personal del apicultor o empleado y el excelente desempeño mediante trabajo en grupo, capacitación y liderazgo.

Se espera que esta propuesta de protocolo de calidad en miel contribuya para el manual de buenas prácticas apícolas y genere grandes decisiones que darán pertinencia a todas estas distribuciones o canales de apogeo en el producto miel; también, se espera que contribuya a todos estos entornos que generalmente determinan la satisfacción o necesidad generadas de los consumidores que buscan nuevas propuestas en producción, calidad y manejo de trazabilidad, para así difundir y fortalecer aquellos escenarios que buscan el bienestar humano y alimenticio.

Un incremento para el sector apícola frente a la adquisición de estos resultados es la generación de propuestas, teniendo en cuenta el curso formativo de habilidades que la hacen una mejor creadora de oportunidades y fortalecen su eficiencia para asumir nuevos retos y responsabilidades; tanto que, se perciban metas y hechos para garantizar la fluidez y que permitan su aplicación. Igualmente, esta propuesta y el desarrollo del manual de buenas prácticas apícolas harán que el apicultor mantenga un equilibrio productivo y convierta sus obstáculos en puntos superados por las mismas exigencias que el entorno y el consumidor ha adquirido en una complejidad de conocimiento y críticas que se realizan frente a una captación y organización de expectativas.

Bibliografía

Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas. s. f. Norma mexicana de miel. Alimentos, miel, especificaciones y métodos de prueba; [consultado 2015 may 28]. http://www.anmvea.com/imagenes/normas/NMX-F-036-1997.pdf.

Colombia, Ministerio de la Protección Social. Resolución 1057, Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano. 23 de marzo de 2010; [consultado 2015 may 29]. http://www.confia.com.co/index.php/normas-y-decretos/item/39-resolucion-1057-de-2010-miel-de-abejas.

Cornejo L. 1994. Polen, tecnología de su producción, procesado y comercialización. La Plata: Iptea.

Falconer DS, Mackay TFC. 1996. Introduction to quantitative genetics. Harlow: Longman.

Felsner ML, Cano CB, Bruns RE, Wuatanabe HM, Almeida-Muradian LB, Matos JR. 2004. Characterization of monofloral honeys by ash contents trough a hierarchical design. J Food Comp Anal. 17(6):737-747.

Gallez LM, Fernández LA. 2009. Mieles del sistema serrano de Ventania: evaluación de la calidad microbiológica dentro del circuito de la planta de extracción. Rev Argent Microbiol. 41 (3):163-167.

Gramacho KY, Goncalves L. 1995. Estudo do comportamento higiênico em *Apis mellifera*, como subsidio a programas de seleção e melhoramento genético em abelhas [tesis de maestría]. [Sao Paulo]: Universidade de São Paulo.

Gramacho K, Gonçalves LS. 2006. Estructuras sensorias das abelhas africanizadas e o comportamento higienico. Ponencia presentada en: VII Encontro sobre Abelhas. Ribeirao Preto, Brasil.

Hungría. 1988. Norma Ramal de la Agricultura y Alimentación MSZ-08 0148-79. Polen. Especificaciones de calidad del polen apícola seco en Hungría; [consultado 2015 jun 3]. http://www.actaf.co.cu/revistas/apiciencia/2011-2/2polen.pdf.

Icontec. 2007 Norma Técnica Colombiana NTC 1273 de 2007. Tienda Iocntec; [consultado 2015 abr 12]. http://tienda.icontec.org/brief/NTC1273.pdf.

International Honey Comission. 2013. Rueda de olores y aromas de las mieles. Tenerife: International Workshop on Honey Sensorial Analysis.

Maldonado WD. 2015. Formulación de una propuesta de un protocolo de buenas prácticas apícolas "BPAp" en el producto de calidad (miel) para contribuir a la competitividad del sector apícola; [trabajo de grado]. [Bogotá]: Universidad Santo Tomas.

Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2000. Instrução Normativa N.º 11. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. Engetecno; [consultado 2015 may 30]. http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/mel_mel_rtfiq.htm.

Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2001. Instrução Normativa N.º 3. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pólen apícola. Engetecno; [consultado 2015 may 30]. http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/mel_polen_apicola.htm.

Ministerio de Salud y Acción Social. 1985. Código Alimentario Argentino. Requisitos de características físico químicas de la miel. Buenos Aires: Ministerio de Salud y Acción Social

Montenegro G, Gómez M, Pizarro R, Casaubon G, Peña RC. 2008. Implementación de un panel sensorial para mieles chilenas. Cien Inv Agr. [consultado 2015 may 29]; 35(I): 51-58. http://www.scielo.cl/pdf/ciagr/v35n1/art05.pdf.

Nates G. 2014. La palinología, una herramienta de diferenciación y generación de valor. Ponencia presentada en: I Seminario sobre Calidad y Generación de Valor de Productos de las Abejas. Medellín, Colombia.

Ochoa A. 1980. El polen. Recogida, manejo y aplicaciones. Madrid: Ministerio de Agricultura; [consultado 2015 may 29]. http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1980_08.pdf.

Piana ML, Oddo LP, Bentabol A, Bruneau E, Bogdanov S, Guyot C. 2004. Sensory analysis applied to honey: state of the art. Apidologie. 35(1): 26-37. http://www.apidologie.org//articles/apido/abs/2004/06/MHS05/MHS05.html.

Rothenbulher WC, Thomson VC. 1956. Resistance to American foul brood in honey bee. 1. Diferencial survival of larvae of different genetic lines.J Econ Entomol. 49: 470--475.

Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1989. Molecular cloning: a laboratory manual. Nueva York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Tello JE, Ávila O, Vargas GA, Mayorquín CA, Parrado MF. 2012. Mejoramiento genético de abejas *Apis mellifera* africanizadas en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Vásquez RE, Ballesteros HH, Tello JE, Castañeda SJ, Calvo NE, Ortega NC, Riveros LE. 2011. Polinización dirigida con abejas *Apis mellifera*. Tecnología para el mejoramiento de la producción de cultivos con potencial exportador. Bogotá: Corpoica.

Vásquez RE, Martínez RA, Ortega NC, Maldonado WD. 2012. Manual técnico de apicultura: abeja (*Apis mellifera*). Bogotá: Corpoica.

Vásquez RE, Tello JE. 1995. Producción apícola. Bogotá: Corpoica.

Vásquez RE, Tello JE, Martínez RA. 2000. El control de la varroasis. Manejo genético como alternativa. Bogotá: Corpoica.

Impresión y encuadernación:
Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.

Carvajal
SOLUCIONES DE COMUNICACIÓN

www.carvajalsolucionesdecomunicacion.com
Terminó de imprimirse
Octubre de 2015, Bogotá, DC, Colombia