

## El uso de componentes principales en la clasificación melisopalínológica de la miel de *Apis mellifera* L.\*

### Use of principal component in melissopalynology classification of honey from *Apis mellifera* L.

Selene Yuliet Jacinto-Pimienta<sup>1</sup>, José H. Rodolfo Mendoza-Hernández<sup>1</sup>, Juan Manuel Zaldivar-Cruz<sup>1§</sup>, Ángel Sol-Sánchez<sup>1</sup>, Luis Manuel Vargas-Villamil<sup>1</sup> y Carlos Augusto Reyes-Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n, km 3.5. Carretera Cárdenas-Huimanguillo. C. P. 86500, Cárdenas, Tabasco. (selene.jacinto@colpos.mx; rodolfo@colpos.mx; sol@colpos.mx; luis@avanzavet.com). <sup>2</sup>Universidad Politécnica del Centro. Carretera Federal Villahermosa-Teapa, km 22.5, R/a. Tumbulushal, C. P. 86290, Villahermosa, Tabasco. (iqreyes@hotmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: zaldivar@colpos.mx.

#### Resumen

Se colectaron 38 muestras de miel de *Apis mellifera* L. en seis municipios, pertenecientes a las cinco subregiones del estado de Tabasco, se realizó el análisis melisopalínológico obteniendo 37 tipos polínicos de importancia (>10%). *Bursera simaruba* L. (Burseraceae), *Spondiasmombin* (Anacardiaceae), *Diphysa* sp. (Fabaceae), *Erythrina* sp., (Fabaceae), *Mimosa orthocarpa* (Fabaceae), *Pipersp1*, *sp2*, *sp3* (Piperaceae), *Machaerium* sp., (Fabaceae), *Cecropia obtusifolia* (Moraceae), *Psidium guajava* (Myrtaceae), *Acalypha* sp., (Euphorbiaceae), *Celtis* sp., (Ulmaceae), *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae), *Conocarpus* sp., (Combretaceae), *Haematoxy lumcampechianum* (Fabaceae), *Mimosa albida* (Fabaceae), *Zeamays* L. (Gramineae), *Diphysacarthagenensis* (Fabaceae), *Quercus* sp., (Fagaceae), *Citrus* sp., (Rutaceae), *Cocos nucifera* (Arecaceae), *Mimosa* sp., (Fabaceae), *Mimosa pigra* var. *Berlandieri* (Fabaceae), *Eleocharis* sp., (Cyperaceae), *Rumex* sp., (Polygonaceae), *Eragrostis* sp., (Poaceae), *Spondiasradlkoferi* (Anacardiaceae), *Muntingiacalabura* (Elaeocarpaceae), *Asteraceae* sp1, (Asteraceae), *Borreriaverticillata* (Rubiaceae), *Coccolobaaff. Diversifolia* (Polygonaceae), *Quercusoleoides* (Fagaceae). En general se clasificaron 22 muestras de miel multifloral, 9 monofloral y 7 bifloral. Y al realizar el ACP, se obtuvieron

#### Abstract

38 honey samples from *Apis mellifera* L. were collected in six municipalities belonging to five subregions from the state of Tabasco, the melisopalynological analysis was performed, obtaining 37 important pollen types (>10%). *Bursera simaruba* L. (Burseraceae), *Spondiasmombin* (Anacardiaceae), *Diphysa* sp. (Fabaceae), *Erythrina* sp., (Fabaceae), *Mimosa orthocarpa* (Fabaceae), *Pipersp1*, *sp2*, *sp3* (Piperaceae), *Machaerium* sp., (Fabaceae), *Cecropia obtusifolia* (Moraceae), *Psidium guajava* (Myrtaceae), *Acalypha* sp., (Euphorbiaceae), *Celtis* sp., (Ulmaceae), *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae), *Conocarpus* sp., (Combretaceae), *Haematoxy lumcampechianum* (Fabaceae), *Mimosa albida* (Fabaceae), *Zea mays* L. (Gramineae), *Diphysacarthagenensis* (Fabaceae), *Quercus* sp., (Fagaceae), *Citrus* sp., (Rutaceae), *Cocos nucifera* (Arecaceae), *Mimosa* sp., (Fabaceae), *Mimosa pigra* var. *Berlandieri* (Fabaceae), *Eleocharis* sp., (Cyperaceae), *Rumex* sp., (Polygonaceae), *Eragrostis* sp., (Poaceae), *Spondiasradlkoferi* (Anacardiaceae), *Muntingiacalabura* (Elaeocarpaceae), *Asteraceae* sp1, (Asteraceae), *Borreriaverticillata* (Rubiaceae), *Coccolobaaff. Diversifolia* (Polygonaceae), *Quercusoleoides* (Fagaceae). Overall honey samples from 22 multi-floral, 9 monofloral and 7 bifloral were classified. And when performing the PCA, two

\* Recibido: octubre de 2015  
Aceptado: enero de 2016

dos componentes que explican 65% de la variación total, mostrando que Cárdenas y Huimanguillo tienen afinidad por *Bursera simaruba* L. (Burseraceae) y *Cecropia obtusifolia* (Moraceae), en cambio Centro, Tacotalpa y Balancán comparten preferencia por *Mimosa albida* (Fabaceae), *Psidium guajava* (Myrtaceae) y *Rumex* sp. (Polygonaceae) y Centla en cambio mostró una clara diferencia con los 5 municipios restantes.

**Palabras claves:** ACP, miel, melisopalinología, Prinqual, Tabasco.

## Introducción

La producción anual de miel de abeja en México es de 55 mil 500 toneladas, la cual es insuficiente para cubrir la demanda interna y externa del producto. En la última década, la miel ha tenido un incremento de dos mil toneladas (SENASICA 2013), incremento que no ha sido acompañado por mejores precios, debido a las recurrentes adulteraciones del producto ofrecido y al desconocimiento de su calidad. Actualmente, la industria de la miel se encuentra frente a nuevos horizontes de mercado, tanto dentro como fuera del país, por ello, la caracterización melisopalinológica de la miel y su ubicación geográfica, son herramientas fundamentales para definir las especies florales de las cuales proviene, complementado esta información con sus características físico-químicas y organolépticas (De la Serna-Ramos, 2009). El definir estándares de calidad de la miel, perfectamente localizados geográficamente y diferenciadas con base a sus características únicas sobresalientes, permitirá que los consumidores tengan la oportunidad de definir sus preferencias, incrementar la demanda y, consecuentemente, mejorar su precio.

Para evaluar la calidad comercial de la miel es necesario considerar su sabor, aroma, consistencia, color, porcentaje de humedad y contenido de azúcar, entre otros. Así, una miel monofloral tiene un olor y sabor característico, que es apreciado por los consumidores, y por ello tiene un mejor precio. Sin embargo aquella que proviene de diferentes especies florales sin una predominante denominada multifloral no tiene la misma preferencia (Telleria, 2001). Por ello, la determinación del origen botánico de la miel, basado en análisis cualitativos y cuantitativos del tipo de polen predominante, ubicando la flora de la cual provienen, es fundamental para el manejo y ubicación de nuevos apiarios

components that explain 65% of total variations were obtained, showing that Cardenas and Huimanguillo have affinity for *Bursera simaruba* L. (Burseraceae) and *Cecropia obtusifolia* (Moraceae), instead Centro, Tacotalpa and Balancán share a preference for *Mimosa albida* (Fabaceae), *Psidium guajava* (Myrtaceae) and *Rumex* sp. (Polygonaceae) and Centla showed a clear difference with the other 5 municipalities.

**Keywords:** honey, melissopalynology, PCA, Prinqual, Tabasco.

## Introduction

The annual production of honey in Mexico is 55 thousand 500 t, which is enough to meet domestic and external demand. In the last decade, honey has had an increase of two thousand tons (SENASICA, 2013), increase that has not been accompanied by higher prices due to recurrent adulteration of the product offered and the lack of quality. Currently, the honey industry is facing new market horizons both within and outside the country, therefore melissopalynology characterization of honey and its geographical location, are fundamental tools in defining floral species from which it comes, complementing this information with their physicochemical and organoleptic characteristics (De la Serna-Ramos, 2009). Defining quality standards of honey, perfectly located geographically and differentiated based on their unique outstanding characteristics, will allow consumers to have the opportunity to define their preferences, increase demand and, consequently, improve its price.

To assess the commercial quality of honey is necessary to consider its flavor, aroma, texture, color, moisture and sugar content, among others. Thus, a mono-floral honey has a characteristic smell and taste, which is appreciated by consumers, and therefore has a better price. However those coming from different plant species without a predominant called multi-floral does not have the same preference (Telleria, 2001). Therefore, the determination of the botanical origin of honey, based on qualitative and quantitative analysis of the type of predominant pollen, locating the plants from where they come, it is essential for management and location of new apiaries and possibly the achievement of greater harvest (Schweitzer, 2009). Although, if the geographical areas of honey production overlap or are very close, the geographical identification of honey is difficult, since their variations are minimal, which are influenced by weather conditions and flowering season (Varis *et al.*, 1982 and 1983).

y posiblemente del logro de una mayor cosecha (Schweitzer, 2009). Sin embargo, si las zonas geográficas de producción de la miel se traslapan o están muy cercanas, la identificación geográfica de la miel resulta difícil, ya que sus variaciones son mínimas, las cuales son influenciadas por las condiciones climáticas y temporada de floración (Varis *et al.*, 1982 y 1983).

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística multivariada que ha sido usada en estudios exploratorios de datos provenientes de muestreos, observación directa o información periódica y ha permitido la descripción de la variación total de muestras de polen y clasificación de miel según su área de origen (Krauze y Zelewski, 1991). Mediante la información procedente de los análisis melisopalinológicos, es posible la clasificación o formación de subgrupos en unidades de producción similares. El ACP facilita la reducción de la dimensión del conjunto de datos, al transformarlos en un nuevo conjunto no correlacionadas (Herrera, 2010).

El objetivo de esta investigación fue clasificar la miel de diferente origen floral, utilizando la técnica de análisis de componentes principales.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

El estado de Tabasco está ubicado geográficamente el sureste de México entre los 17° 15' 00'' y 18° 39' 07'' latitud norte, 90° 50' 23'' y 94° 07' 49'' longitud oeste. Limita al norte con el Golfo de México, al noroeste con el estado de Campeche, al sureste con la República de Guatemala y al sur y oeste con los estados de Chiapas y Veracruz, respectivamente. El estado de Tabasco cuenta con cinco subregiones caracterizadas por diferentes condiciones geográficas, ecológicas y socioeconómicas: Chontalpa, Centro, Sierra, Ríos y Pantanos. En la presente investigación se colectaron muestras en diversos apiarios, ubicados en las cinco subregiones aptas para el desarrollo de la apicultura de acuerdo con SAGARPA (2004).

### Trabajo de campo

Durante los años 2006, 2007 y 2008 el trabajo de campo se realizó en seis apiarios ubicados en cinco regiones, muestreando únicamente seis municipios dentro de ellos.

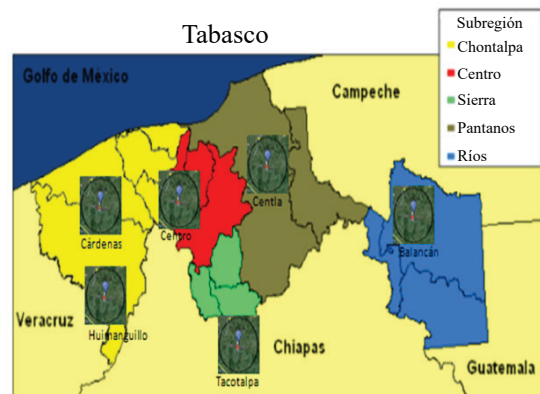
The principal component analysis (PCA) is a multivariate statistical technique that has been used in exploratory studies of data from surveys, direct observation or regular information and allowed the description of the total variation of pollen samples and classifies the honey according to their area of origin (Krauze and Zelewski, 1991). Using information from the melissopalynological analysis, it is possible the classification or cluster formation in similar production units. The PCA facilitates the reduction of cluster data set, by transforming them in a new uncorrelated cluster (Herrera, 2010).

The objective of this research was to classify honey from different floral sources, using principal component analysis.

## Materials and methods

### Description of the study area

The state of Tabasco is located geographically southeastern Mexico between 17° 15' 00" and 18° 39' 07" north latitude, 90° 50' 23" and 94° 07' 49" west longitude. Limit to the north with the Gulf of Mexico, northwest with the state of Campeche, in the southeast with the Republic of Guatemala and south and west by the states of Chiapas and Veracruz, respectively. The state of Tabasco has five sub-regions characterized by different geographical, ecological and socioeconomic conditions: Chontalpa Centro, Sierra, Rivers and Swamps. In this research samples were collected in various apiaries located in the five sub-regions suitable for the development of apiculture according to SAGARPA (2004).



**Figura 1. Mapa del estado de Tabasco mostrando los seis municipios, donde se colectaron las 38 muestras de miel.**

**Figure 1. Map from the state of Tabasco showing the six municipalities where the 38 honey samples were collected.**

En cada apiario, se colectaron muestras de miel sedimentada en tambos de plástico y acero inoxidable, usando frascos de plástico con capacidad de 200 ml. La miel contenida en los tambos fue previamente centrifugada, sedimentada y filtrada para que esté libre de impurezas, de acuerdo a la técnica del apicultor. Cada muestra fue identificada con una etiqueta con el nombre del municipio, apicultor, fecha de colecta y región de procedencia (Cuadro 1).

Las muestras fueron almacenadas en el Laboratorio de Ciencia de los Alimentos del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, hasta su análisis e identificación.

### Análisis de laboratorio

#### Análisis melisopalinológico

El análisis melisopalinológico se realizó en el Laboratorio de Palinología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (IGLUNAM) bajo la dirección de la Dra. Elia Ramírez Arriaga, con la finalidad de tener una mejor representatividad del contenido polínico de las muestras de miel, se modificó la técnica convencional de Louveaux *et al.* (1978), posteriormente se procedió a la acetólisis siguiendo el método de Erdtman (1969), se prepararon 4 laminillas por muestra, las cuales fueron registradas e incorporadas a la colección palinológica de la UNAM.

Estos análisis incluyeron el procesamiento de las muestras de miel, para conocer la morfología polínica de los granos de polen y poder describirlos, identificarlos hasta el nivel posible y realizar el conteo de los mismos para conocer su representatividad, este análisis cuenta con dos etapas: una cualitativa y otra cuantitativa.

#### Análisis cualitativo

Se observaron las preparaciones en un microscopio de luz transmitida Carl Zeiss de contraste de fases y bajo el objetivo de 100 x. Se describieron los tipos polínicos encontrados en una frecuencia mayor a 10%.

Lo anterior permitió la identificación, por comparación con la colección de referencia del mismo laboratorio, además se consultaron Catálogos Palinológicos como el "Atlas de las plantas y el polen utilizados por las cinco especies principales de las abejas productoras de miel en la región del Tacaná,

### Field work

During 2006, 2007 and 2008 the fieldwork was conducted in six apiaries located in five regions, sampling only six municipalities within them. In each apiary collected sedimented honey samples in plastic bottles and stainless steel, using plastic bottles with a capacity of 200 ml. The honey contained in the bottles was previously centrifuged, settled and filtered so that it is free of impurities, according to the technique from apiarist. Each sample was identified with a label with the name of the municipality, apiarist, date of collection and region of origin (Table 1).

#### Cuadro 1. Identificación de las muestras de miel.

Table 1. Identification of honey samples.

Núm. de muestras	Municipio	Región
8	Balancán	Ríos
7	Cárdenas y Huimanguillo	Chontalpa
3	Centla	Pantanos
8	Centro	Centro
12	Tacotalpa	Sierra

The samples were stored in the Laboratory of Food Science Campus Tabasco from the Postgraduate College in Agricultural Sciences, until analysis and identification.

### Laboratory analysis

#### Analysis melisopalinological

The melisopalinological analysis was performed on the Palynology Laboratory from the Institute of Geology from the National Autonomous University of Mexico (UNAM) (IGLUNAM) under the direction of Dr. Elia Ramirez Arriaga, in order to have better representativeness from the pollen content of the honey samples, the conventional technique was modified from Louveaux *et al.* (1978), later proceeded to acetolysis following the method from Erdtman (1969), 4 platelets per sample were prepared, which were recorded and incorporated into the palynological collection of UNAM.

These analyzes included the processing of honey samples to know pollen morphology of pollen grains and to describe them, to identify to the possible level and count them to know its representativeness, this analysis has two stages: qualitative and quantitative.

Chiapas, México" (1993) y "flora palinológica de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an Quintana Roo, México" (1991), además de contar con el asesoramiento de especialistas en melisopalinología.

Las determinaciones de los granos de polen se realizaron a nivel de familia, género y/o especie. En aquellos casos donde no fueron determinados se les asignó un número que corresponde a un tipo morfológico.

### Análisis cuantitativo

Una vez descritos y diferenciados los tipos polínicos se procedió a realizar el conteo de 500 granos al azar, de acuerdo a Louveaux y Vorwhol (1977) y de manera independiente se llevó el registro de esporas de *Lycopodium clavatum*. Posteriormente, se calcularon los porcentajes de cada especie para conocer su representatividad en cada muestra, especies con porcentajes  $\geq 10\%$  fueron consideradas importantes.

### Cantidad absoluta de granos de polen

Para calcular la cantidad absoluta de los granos de polen por gramo de muestra se utilizó la siguiente fórmula de Stockmarr (1971) y Maher (1981):

$$P_{conc} = RM/V$$

Donde:  $P_{conc}$  es el polen por gramo;  $R$  son los granos de polen contados/el número de esporas contadas;  $M$  es la cantidad de esporas adicionadas en cada tableta;  $V$  es el peso total de la muestra de miel. Las concentraciones de polen fueron clasificados siguiendo el esquema de Maurizio (1939).

### Caracterización botánica de la miel

Una vez obtenida la cantidad absoluta de granos de polen, la miel fue caracterizada como "monofloral" cuando en su composición presentó una especie con porcentaje superior o igual a 45% y multifloral cuando tres o más especies se presentaron con porcentajes  $\geq 10\%$  (Louveaux y Vorwhol, 1977; Ramírez-Arriaga y Martínez- Hernández, 2009). Éstas últimas se dividieron en "bifloral" cuando dos especies fueron de importancia, aunque, no ha sido aceptado formalmente, en esta investigación se consideraron para la clasificación de las muestras de miel.

### Qualitative analysis

Preparations were observed under a transmitted light microscope Carl Zeiss phase contrast and under 100 x objective. The pollen types found at a frequency higher than 10% were described.

This allowed the identification, by comparison with the reference collection from the same laboratory, besides Palynological Catalogues were consulted as the "Atlas of plants and pollen used by the five main species producing honey bees in the region from Tacana, Chiapas, Mexico" (1993) and "palynological flora from Sian Ka'an biosphere reserve in Quintana Roo, Mexico" (1991), in addition to the advice of specialists in melissopalynology.

Determinations of pollen grains were made at family, genus and / or species level. In cases where could not be determined, this were assigned a number corresponding to a morphological type.

### Quantitative analysis

Once described and differentiated the pollen types, proceeded to count 500 grains randomly, according to Louveaux and Vorwhol (1977) and independently recording *Lycopodium clavatum* spores. Subsequently, percentages of each species were calculated to know its representativeness in each sample, species with percentages  $\geq 10\%$  were considered significant.

### Absolute number of pollen grains

To calculate the total amount of pollen grains per gram of sample, Stockmarr (1971) and Maher (1981) formula was used:

$$P_{conc} = RM/V$$

Where:  $P_{conc}$  is pollen per gram;  $R$  is counted pollen grains / number of spores counted;  $M$  is the number of spores added in each tablet;  $V$  is the total weight of honey sample. Pollen concentrations were classified following the scheme from Maurizio (1939).

### Botanical characterization of honey

Once the absolute number of pollen grains, honey was characterized as "monofloral" when in its composition had a species with a percentage greater than or equal to



## Análisis estadístico

El resultado obtenido del análisis melisopalinológico de las muestras de miel de los seis municipios, se analizó mediante el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.3 utilizando un análisis de preferencia de polen mediante el procedimiento PRINQUAL, el cual realiza análisis de componentes principales (ACP) de datos cualitativos, cuantitativos y mixtos, que encuentra transformaciones lineales y no lineales de las variables, utilizando mínimos cuadrados alternos, que optimizan las propiedades de correlación o covarianza matricial de las variables transformadas. De todas las muestras tomadas de cada municipio, las especies que se repetían se sumaron formando un solo porcentaje, distinguiendo así las preferencias por determinadas especies y posteriormente se procedió al análisis de componentes principales con datos cualitativos.

Se utilizó PROC PRINQUAL, para realizar un análisis de preferencia multidimensional no métrica (MDPREF). El análisis MDPREF, es un análisis de componentes principales de una matriz con columnas que corresponden a los municipios y filas que corresponden a los tipos polínicos. Los datos son porcentajes de las preferencias de los municipios para cada tipo polínico. El resultado final de este análisis es un biplot; es decir, una representación gráfica de las preferencias de los municipios por determinadas especies.

## Resultados y discusión

### Análisis melisopalinológicos

Los análisis de las 38 muestras de miel de *Apis mellifera* L. del estado de Tabasco, mostraron un total de 37 tipos polínicos de importancia, los cuales se identificaron a nivel de género, especie y familia, el resto fueron asignados a tipos morfológicos (Cuadro 2, 3, 4, 5, 6, 7).

En el municipio de Cárdenas se reportó una muestra de miel monofloral de *Cecropia obtusifolia* y tres muestras de miel multifloral.

Para el municipio de Tacotalpa se reportó dos muestras de miel monofloral de *Diphysa carthagenensis* y *Mimosa albida*, dos muestras bifloral y ocho muestras multifloral.

Para el municipio de Huimanguillo se reportó las tres muestras de miel multifloral.

45% and multifloral when three or more species were with percentages  $\geq 10\%$  (Louveaux and Vorwhol, 1977; Ramírez-Arriaga and Martínez-Hernández, 2009). The latter were divided into "bifloral" when two species were of importance, though it has not been formally accepted, but in this research were considered for the classification honey samples.

### Statistic analysis

The results from the melisopalinological analysis of honey samples from six municipalities, were analyzed using the Statistical Analysis System (SAS) version 9.3 program using a preference of pollen analysis through PRINQUAL procedure, which performs principal component analysis (PCA) from qualitative, quantitative and mixed data, finding linear and nonlinear transformations of the variables, using partial least square, optimizing the correlation or covariance matrix properties of the transformed variables. Of all the samples taken from each municipality, recurrent species were added forming a single percentage, thus distinguishing preferences for certain species and then to the principal components analysis with qualitative data.

PROC PRINQUAL was used to perform a non-metric multidimensional preference (MDPREF) analysis. MDPREF analysis is a principal component analysis of a matrix with columns that correspond to municipalities and rows corresponding to pollen types. The percentages are the preferences of the municipalities for each pollen type. The end result of this analysis is a biplot; that is, a graphical representation of municipalities preferences for certain species.

## Results and discussion

### Melisopalinological analysis

The analysis from 38 honey samples from *Apis mellifera* L. of Tabasco state, showed a total of 37 pollen types of importance, which were identified at genus, species and family level, the rest were assigned to morphological types (Table 2, 3, 4, 5, 6, 7).

In the municipality of Cárdenas was reported a monofloral honey sample of *Cecropia obtusifolia* and three from multi-floral.

**Cuadro 2. Resultado del análisis melisopalinológico de las muestras del municipio de Cárdenas.****Table 2. Results of the melisopalinological analysis of samples from the municipality of Cárdenas.**

Municipio	Familia	Tipo polínico
Cárdenas	Leguminosae	Leguminosae
	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L.
	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>
	Fabaceae	<i>Diphysa</i> sp.
	Fabaceae	<i>Erythrina</i> sp.
	Fabaceae	<i>Mimosa orthocarpa</i>
	Piperaceae	<i>Piper</i> sp2.
	Fabaceae	<i>Machaerium</i> sp.
	Piperaceae	<i>Piper</i> sp3.
	Moraceae	<i>Cecropia obtussifolia</i>

**Cuadro 3. Resultados del análisis melisopalinológico de las muestras del municipio de Tacotalpa.****Table 3. Results of the melisopalinological analysis of samples from the municipality of Tacotalpa.**

Municipio	Familia	Tipo polínico
Tacotalpa	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>
	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i> sp.
	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L.
	Compositae	Compositae
	Ulmaceae	<i>Celtis</i> sp.
	Tiliaceae	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>
	Piperaceae	<i>Piper</i> sp2
	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>
	Combretaceae	<i>Conocarpus</i> sp.
	Tiliaceae	<i>Haematoxylum campechianum</i>
	Combretaceae	Combretaceae sp2
	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>
	Gramineae	<i>Zea mays</i> L.
	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>

Para el municipio de Centla se reportó una muestra de miel monofloral de *Cocos nucifera*, una muestra bifloral y una muestra multifloral.

Para el municipio de Centro se reportó una muestra de miel monofloral de *mimosa albida*, dos muestras bifloral y cinco muestras multifloral.

For the municipality of Tacotalpa two monofloral honey samples of *Diphysa carthagenensis* and *Mimosa albida*, two bifloral samples and eight multifloral samples were reported.

For the municipality of Huimanguillo reported three multifloral honey samples.

**Cuadro 4. Resultados del análisis melisopalinológico de las muestras del municipio de Huimanguillo.****Table 4. Results of the melisopalinological analysis of samples from the municipality of Huimanguillo.**

Municipio	Familia	Tipo polínico
Huimanguillo	Compositae	Compositae
	Moraceae	<i>Cecropia obtussifolia</i>
	Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.
	Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.
	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L.
	Leguminosae	Leguminosae

For the municipality of Centla reported one sample of monofloral honey sample from *Cocos nucifera*, a bifloral sample and a multifloral sample.

**Cuadro 5. Resultados del análisis melisopalinológico de las muestras del municipio de Centla.****Table 5. Results of the melisopalinological analysis of samples from the municipality of Centla.**

Municipio	Familia	Tipo polínico
Centla	Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>
	Fabaceae	<i>Mimosa orthocarpa</i>
	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>
	Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.
	Gramineae	Gramineae
	Ulmaceae	<i>Celtis</i> sp.

For the municipality Centro reported a monofloral honey sample from *mimosa albida*, two bifloral samples and five multifloral samples.

For the municipality Balancan reported five monofloral honey samples, four from *Rumex* sp., and one from *Mimosa albida*, two bifloral samples and one multifloral sample.

**Cuadro 6. Resultados del análisis melisopalinológico de las muestras del municipio de Centro.****Table 6. Results of the melisopalinological analysis of samples from the municipality Centro.**

Municipio	Familia	Tipo polínico
Centro	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>
	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>
	Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i> var. <i>Berlandieri</i>
	Cyperaceae	<i>Eleocharis</i> sp.
	Polygonaceae	<i>Rumex</i> sp.
	Moraceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>
	Poaceae	<i>Eragrostis</i> sp.
	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>
	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L.
	Anacardiaceae	<i>Spondias radlkoferi</i>
	Elaeocarpaceae	<i>Muntingia calabura</i>

Para el municipio de Balancán se reportó cinco muestras de miel monofloral, cuatro de *Rumex* sp. y una de *Mimosa albida*, dos muestras bifloral y una muestra multifloral.

*S. mombin*, (jobo roñoso), *C. nucifera*, *B. simaruba* (palo mulato), *M. albida*, *M. pigra* var. *Berlandieri*, *M. sp.*, *Zea mays*, *C. aff. diversifolia* y *Rumex* sp., *Psidium guajava*, *Piper* sp1, sp2, sp3, *Celtis*, *Q. oleoides*, *C. obtusifolia* (Guarumo), *H. appendiculatus* (joltzin), *H. campechianum* (Palo de tinto), *B. verticillata*, *Muntingia calabura*, *Erythrina*, *D. carthagenensis*, han sido reportado como parte de la flora melifera de México (Espina y Ordtx 1983), del Valle de México (Piedras y Quiroz 2007), del estado de Tabasco (SAGARPA, 1998, 2002, 2003 y 2004; Cárdenas, 1985; Villegas *et al.*, 2004); Oaxaca (Santos-Ramos, 2008; Navarro, 2008; Ramírez-Arriaga *et al.*, 2011); Puebla (Ramírez-Arriaga y Martínez-Hernández 2007); península de Yucatán (Villanueva *et al.*, 1998, 2002); Veracruz (Villegas *et al.*, 2003); Campeche (Porter *et al.*, 2001); en Sudamérica (Sodré *et al.*, 2007) y forma parte de la flora apícola por observaciones de campo en regiones tropicales (Espina y Ordtx, 1983).

**Análisis de componentes principales**

El resultado del análisis PROC Prinqual muestra los valores propios, y la varianza explicada, donde se observa claramente la separación de los dos primeros componentes explicando 65% de la variabilidad y el resto de ello (Figura 2).

**Cuadro 7. Resultados del análisis melisopalinológico de las muestras del municipio de Balancán.****Table 7. Results of the melisopalinological analysis of samples from the municipality Balancán.**

Municipio	Familia	Tipo polínico
Balancán	Fabaceae	<i>Mimosa albida</i>
	Fabaceae	<i>Haematoxylum campechianum</i>
	Asteraceae	Asteraceae sp1
	Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i>
	Polygonaceae	<i>Rumex</i> sp.
	Polygonaceae	<i>Coccoloba</i> aff. <i>Diversifolia</i>
	Piperaceae	<i>Piper</i> sp1
	Fagaceae	<i>Quercus oleoides</i>

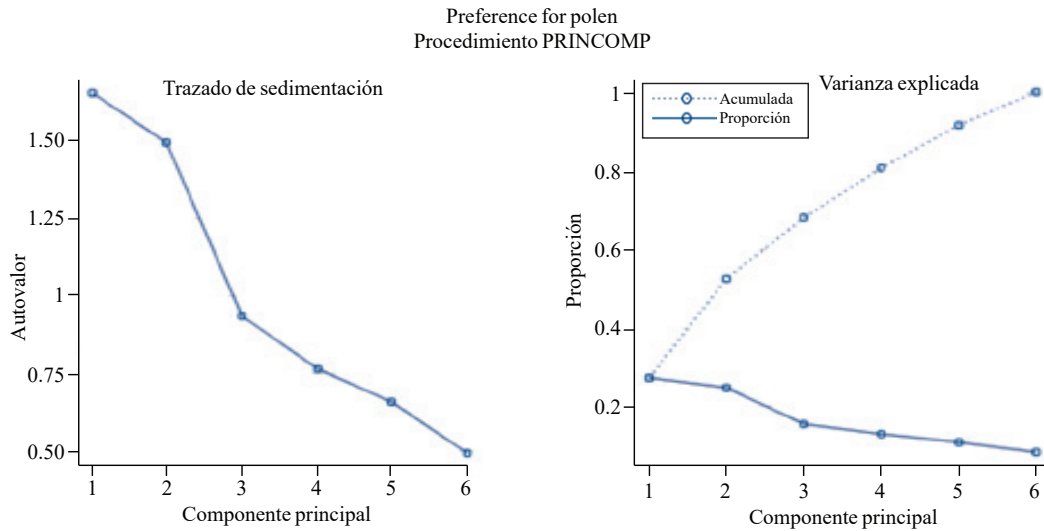
*S. mombin*, (jobo roñoso), *C. nucifera*, *B. simaruba* (palo mulato), *M. albida*, *M. pigra* var. *Berlandieri*, *M. sp.*, *Zea mays*, *C. aff. diversifolia* y *Rumex* sp., *Psidium guajava*, *Piper* sp1, sp2, sp3, *Celtis*, *Q. oleoides*, *C. obtusifolia* (Guarumo), *H. appendiculatus* (joltzin), *H. campechianum* (Palo de tinto), *B. verticillata*, *Muntingia calabura*, *Erythrina*, *D. carthagenensis*, have been reported as part of the honey flora from Mexico (Espina and Ordtx 1983), Valley of Mexico (Stones and Quiroz 2007), the state of Tabasco (SAGARPA, 1998, 2002, 2003 and 2004; Cardenas, 1985; Villegas *et al.*, 2004); Oaxaca (Santos Ramos, 2008; Navarro, 2008; Ramírez-Arriaga *et al.*, 2011); Puebla (Ramírez-Arriaga and Martínez-Hernández 2007); Yucatán (Villanueva *et al.*, 1998, 2002); Veracruz (Villegas *et al.*, 2003); Campeche (Porter *et al.*, 2001); South America (Sodre *et al.*, 2007) and it is part of the bee flora by field observations in tropical regions (Espina and Ordtx, 1983).

**Principal component analysis**

The results from the PROC Prinqual analysis shows eigenvalues and explained variance, observing separation of the first two components explaining 65% of the variability and the rest of it (Figure 2).

Since the MDPREF analysis is based on a model of principal components, the biplot, which is a graphical representation showing the relationship between the matrix data (columns and rows); the biplot dimensions are the first two components (Figure 3). The first component is one that has a greater dimension of the biplot, is the global



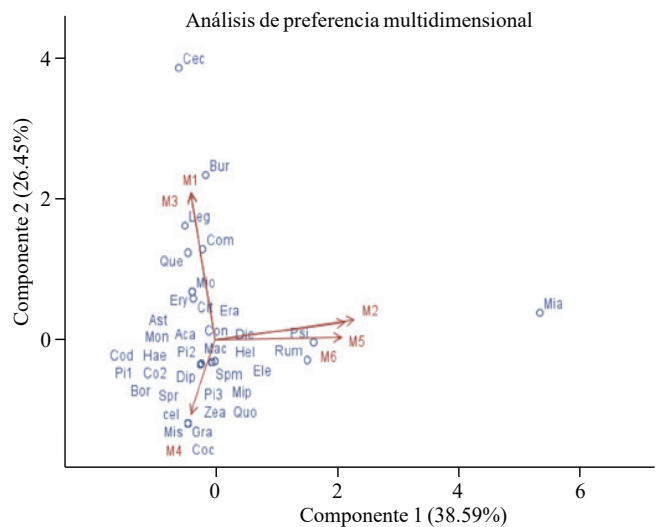


**Figura 2. Representación gráfica de los valores propios y la varianza explicada.**  
**Figure 2. Graphical representation of eigenvalues and explained variance.**

Puesto que el análisis MDPREF se basa en un modelo de componentes principales, el biplot, que es una representación gráfica que muestra la relación entre los datos de la matriz (las columnas y las filas), las dimensiones del biplot son los dos primeros componentes (Figura 3). El primer componente es aquel que tiene una mayor dimensión del biplot, es la preferencia global de los municipios. El segundo componente es ortogonal al primero, siendo el segundo más preferido. En el biplot, se muestran puntos que observan los tipos polínicos y cada municipio por un vector. Los puntos que están estrechamente agrupados en una región del gráfico representan los tipos polínicos que tienen los mismos patrones de preferencia a través de los municipios. Los vectores que apuntan en más o menos la misma dirección representan los municipios que tienen los patrones de preferencias similares.

En la parte superior izquierda se muestra la preferencia de M1 (Cárdenas) y M3 (Huimanguillo), por los tipos polínicos: Cec (*Cecropia obtusifolia*), Bur (*Bursera simaruba* L.), Leg. (Leguminosae), Com. (Compositae) y Que (*Quercus* sp.). En la parte derecha se observa la preferencia de M2 (Tacotalpa), M5 (centro) y M6 (Balancán), por los tipos polínicos Mia (*Mimosa albidia*), Psi (*Psidium guajava*) y Rum. (*Rumex* sp.) y finalmente la preferencia de M4 (Centla) por Coc (*Cocos nucifera*) y Gra (Gramineae). Este resultado es explicado por los porcentajes del tipo polínico presente en las muestras tomadas de cada municipio.

preference of municipalities. The second component is orthogonal to the first, being the second most preferred. In the biplot, shows points that observe the pollen types and each municipality by a vector is. The points are closely grouped in a region of the graph represent the pollen types that have the same preference patterns through the municipalities. The vectors points in more or less to same direction represent the municipalities with similar preferences patterns.



**Figura 3. Representación gráfica de la relación existente entre municipios y tipos polínicos.**  
**Figure 3. Graphical representation of the relationship between municipalities and pollen types.**

## Conclusiones

Los análisis de las 38 muestras de miel de *Apis mellifera* L. del estado de Tabasco, mostraron un total de 37 tipos polínicos de importancia y al realizar el ACP, se obtuvieron dos componentes que explican 65% de la variación total, mostrando que Cárdenas y Huimanguillo tienen afinidad por *Bursera simaruba* L. (Burseraceae) y *Cecropia obtusifolia* (Moraceae), en cambio Centro, Tacotalpa y Balancán comparten preferencia por *Mimosa albida* (Fabaceae), *Psidium guajava* (Myrtaceae) y *Rumex* sp. (Polygonaceae) y Centla en cambio mostró una clara diferencia con los 5 municipios restantes.

## Agradecimientos

Al Dr. José G. Herrera Haro por su apoyo en la parte estadística

## Literatura citada

- Belmonte, J. y Roure, J.M., "Introducción. Polinosis", Universidad Autónoma de Barcelona, 2002.
- Haydak, M. H. 1970. Honey bee nutrition. *Annual Review of Entomology* 15:143-156.
- Ibrahim, S. H. 1974. Composition of pollen gathered by honeybees from some major sources. *Agricultural Research Review* 52:121-123.
- Knox, D. A.; Shimanuki, H. and Herbert, E. W. 1971. Diet and the longevity of adult honey bee (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*. 64:1415-1416.
- Louveaux, J.; Maurizio, A. and Vorwohl, G. 1978. Methods of Melissopalynology. *Bee World*, 59:39-157.
- Maher, L. J. 1981. Statistics for microfossil concentration measurements employing samples spiked with marker grains. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 32:153-191.
- Maurizio, A. 1939. Untersuchungen zur quantitativen Pollenanalyse des Honigs. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*. 30:27-69.
- Machado, J. O. e Camargo, J. M. F. 1972. Alimentação e composição da geléia real, mel e pólen. Manual de Apicultura. Editora Agronômica Ceres Ltda., Sao Paulo, Brasil, 117-142 pp.

On the upper left side can be seen the preference from M1 (Cárdenas) and M3 (Huimanguillo) by type of pollen: Cec (*Cecropia obtusifolia*), Bur (*Bursera simaruba* L.), Leg. (Leguminosae), Com. (Compositae) and Que (*Quercus* sp.). On the right side the preference from M2 (Tacotalpa), M5 (centro) and M6 (Balancán) by pollen type: Mia (*Mimosa albida*), Psi (*Psidium guajava*) and Rum (*Rumex* sp.), and finally the preference from M4 (Centla) by Coc (*Cocos nucifera*) and Gra (Gramineae). This result is explained by the percentages of pollen type present in the samples taken from each municipality.

## Conclusions

The analysis of 38 samples of honey from *Apis mellifera* L. Tabasco state, showed a total of 37 pollen types of importance and make the ACP, two components that explain 65 % of the total variation were obtained, showing that Cardenas Huimanguillo have affinity for *Bursera simaruba* L. (Burseraceae) and *Cecropia obtusifolia* (Moraceae), however Centro, Tacotalpa and preference share Balancán *Mimosa albida* (Fabaceae), *Psidium guajava* (Myrtaceae) and *Rumex* sp. (Polygonaceae) and Centla instead showed a clear difference with the other 5 municipalities.

*End of the English version*



- Ramírez-Arriaga, E.; Navarro-Calvo, L. and Díaz-Carbajal, E. 2011. Botanical characterization of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. *Grana*, 50:40-54.
- Stockmarr, J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*, 13:615-621.
- Standifer, L. N. 1967. A comparison of the protein quality of pollens for growth-stimulation of the hypopharyngeal glands and longevity of honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Insectes Sociaux* 14 (4):415-425.
- Percival, M. 1961. Types of nectar in angiosperms. *New Phytologist* 60:235-281.
- Todd, F. E. and Bretherick, O. 1942. The composition of pollens. *Journal of Economic Entomology* 35(3):312-317.