



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA**



**“CONTENIDO NUTRICIONAL DE POLEN UTILIZADO POR  
*Apis mellífera* EN MÉXICO, EN ÉPOCA SECA”**

**Tesis**

**Como requisito parcial para obtener el título profesional de**

**Maestra en Ciencias Biológicas**

**Presenta:**

**MVZ Yazmín Sorayda Hernández Valencia**

**Directora de Tesis: Dra. Yvonne Herrerías Diego**

**Co Tutor: Dr. Mauricio Quesada Avendaño**

**Morelia, Michoacán; México Marzo, 2020.**

**DEDICATORIA**

**A mis hijos y su padre:**

***Sergio, Sergio Jr., Sarah y Samantha Espinoza***

**A mis padres:**

***Jazmín Valencia y Santiago Hernández***

***Javier Juárez***

## **AGRADECIMIENTOS**

Debo manifestar mi más sincero agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por la oportunidad y el recurso otorgado durante este tiempo. Muy especialmente para mi tutora la Dra. Yvonne Herreras Diego y mi querido amigo y maestro Martín Hesajim de Santiago que jamás me abandonaron en el proceso. A mi cuna formativa, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, su facultad de Biología y al Dr. Eduardo Cuevas por su disposición y paciencia para conmigo. A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y a la Dra. Ernestina Juárez por su apoyo incondicional, así como a la Universidad Autónoma de México UNAM campus Morelia mi querida Dra. Silvana Martén. A los centros de investigación científica donde además de permitirme el acceso, se me otorgaron siempre las herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso experimental de este trabajo de Tesis, en el Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE) de la UNAM donde un grupo estelar de inigualables mentes brillantes me dieron un lugar y compartieron conmigo durante cada viaje su experiencia y conocimientos para que pudiese desarrollar ese pensamiento crítico analítico que te obliga a subirte al tren de mi tutor el Dr. Mauricio Quesada, donde los sueños de los mortales se hacen ciencia, y en donde conocí a grandes amigos Glori, Bambi, Samantha y Erika, agradecida estoy y los llevo siempre presentes cuando miro las abejas y recuerdo cada fantástica aventura que pasamos juntos.

En el Laboratorio de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva Animal LABNMDA (ISO 9001- 2015 ) siguiendo al Dr., mentor y maravilloso guía Carlos Martínez Palacios que junto a un estupendo equipo de trabajo representado por la Maestra y

amiga Sibila Santos y la Ing. Lupita Pámanes descubrimos como estudiar de abejas; por su paciencia, tiempo y empatía infinitas gracias. Al Subcomité Estatal de Apicultura de Michoacán A.C dirigido por mi gran amigo el Médico Julián Rodríguez Álvarez quien nos guió siempre hacia los mejores sitios. Al Comité Sistema Producto y a cada uno de los Apicultores distribuidos por todo el país que amablemente colaboraron y confiaron en nuestro trabajo.

A mi padre celestial por la oportunidad...

A mis seres queridos, familia, amigos y personas especiales en mi vida, que compartieron conmigo su maravillosa e inigualable experiencia y tiempo. Tienen en este proceso y en cada momento de mis circunstancias de humano, importancia inimaginable. La confianza depositada sobre mi persona me ha motivado a seguir. Preciso es agradecer su presencia y apoyo incondicional para que este nuevo logro que parecía inalcanzable e interminable, por dicha concluya con éxito.

Quisiera dedicar mi tesis a ustedes personas de bien, seres de amor que con su luz han alumbrado mi camino.

Infinitas gracias a aquellos seres queridos que siempre guardo en mi alma.

## INDICE

<b>Resumen</b> .....	<b>6</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>9</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>13</b>
<b>Relevancia del estudio</b> .....	<b>17</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>18</b>
General .....	18
Particulares .....	18
<b>Hipótesis</b> .....	<b>18</b>
<b>Materiales y Métodos</b> .....	<b>19</b>
Especie de Estudio.....	19
Sitio de Estudio .....	19
Humedad .....	23
lípidos .....	23
proteínas .....	24
cenizas .....	24
<b>Resultados y discusión</b> .....	<b>26</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>34</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>36</b>
<b>Tablas y figuras</b>	
Tabla 1. Ubicación de los apiarios .....	21
Figura 1. Mapa de sitios de colecta.....	20
Figura 2. Contenido de humedad.....	27
Figura 3. Contenido de cenizas .....	29
Figura 4. Contenido de lipidos .....	30
Figura 5. Contenido de Proteinas.....	30
<b>Anexo 1. Cuadro de ANOVA de las variables utilizadas</b> .....	<b>35</b>

## RESUMEN

El contenido nutricional de las colmenas de *Apis mellifera* depende de la presencia de recursos florales (néctar y polen) que las abejas obtienen de las plantas disponibles en el ambiente. El polen como recurso floral representa la principal fuente de proteínas en la dieta de *Apis mellifera*, por lo que se considera un componente esencial en el desarrollo fisiológico y morfológico de las colonias de abejas melíferas. El objetivo de este estudio, es determinar la variación de la calidad nutricional de polen en colmenas de distintas regiones apícolas durante la época seca, en México. Para lograr nuestro objetivo, se colectaron muestras de polen de apiarios en condiciones contrastantes: un sitio dentro de un área natural protegida y un sitio en áreas de uso agrícola. Se colectó polen ubicado en bastidores de reserva de alimento en la colmena y también en los espacios de cría. De cada apiario, se obtuvieron muestras de polen del 20% del total de colmenas disponibles. Con las muestras obtenidas se realizaron análisis bromatológicos para determinar el contenido nutrimental. Se esperó encontrar niveles mayores de nutrientes en las regiones Pacífico y Altiplano, y en el área de cría de la colmena debido a la disponibilidad de recursos florales durante la época seca. Los resultados no mostraron diferencias significativas en el contenido de nutrientes dentro de la colmena, y entre regiones apícolas únicamente los niveles de humedad para el Pacífico-Norte se distinguieron del Altiplano, así como el contenido de Cenizas en las regiones Pacífico-Altiplano de la región Norte. Se concluye que el desequilibrio entre la fenología de las plantas y la dinámica de las abejas, producto de las variaciones climáticas, ocasiona que el inicio prematuro de las floraciones se desfase con el ciclo de vida de las colmenas, ocasionando que el acopio de miel

pueda ser deficiente, y como consecuencia la calidad de polen y salud de la colmena.

**Palabras Clave:** *Apis mellifera*; recursos florales; contenido nutricional; polen de cría; polen de reserva.

## **ABSTRACT**

The nutritional content of *Apis mellifera* hives depends on the presence of floral resources (nectar and pollen) that bees obtain from plants available in the environment. Pollen as a floral resource represents the main source of protein in the *Apis mellifera* diet, which is why it is considered an essential component in the physiological and morphological development of honey bee colonies. The objective of this study is to determine the variation in the nutritional quality of pollen in hives from different beekeeping regions during the dry season in Mexico. To achieve our goal, pollen samples were collected from apiaries under contrasting conditions: one site within a protected natural area and one site in areas of agricultural use. Pollen collected on food reserve racks was collected in the hive and also in the rearing spaces. Pollen samples of 20% of the total available hives were obtained from each apiary. Bromatological analyzes were carried out with the samples obtained to determine the nutritional content. Higher levels of nutrients were expected to be found in the Pacific and Altiplano regions, and in the hive breeding area due to the availability of flower resources during the dry season. The results did not show significant differences in the content of nutrients within the hive, and between beekeeping regions only the humidity levels for the North-Pacific were distinguished from the Altiplano, as well as the Ash content in the Pacific-Altiplano regions of the

region North. It is concluded that the imbalance between the phenology of the plants and the dynamics of the bees, product of the climatic variations, causes that the premature beginning of the blooming is lagged with the life cycle of the hives, causing that the collection of honey can be deficient, and as a consequence the pollen quality and health of the hive.

**Keywords:** *Apis mellifera*; flower resources; nutritional content; brood pollen; reserve pollen

## INTRODUCCIÓN

El servicio ecosistémico de polinización es esencial en el mantenimiento, equilibrio y desarrollo de los ecosistemas naturales y modificados por el hombre (Bronstein, 1995) debido a que las plantas con flores (angiospermas) dependen de la polinización mediada por animales para reproducirse sexualmente (Sandoz, 2016). En la naturaleza, existen diferentes grupos de especies animales que llevan a cabo este proceso entre los cuales hay especies de aves, murciélagos e insectos (Buchmann, 1998; Kearns, 1997).

En los agroecosistemas, la especie de abeja *Apis mellifera* es considerada el polinizador con mayor relevancia a nivel mundial por su impacto ecológico y económico (Barrientos, 2014; Williams, 1998; Pantoja, 2014). A nivel mundial se ha estimado que *Apis mellifera* provee el servicio de polinización al 80% de los cultivos agrícolas (Garibaldi, 2013), con un valor de 188 mil billones de dólares por año (Gallai, 2009). En México, la población depende directamente de los servicios que el ecosistema les proporciona (Ashworth, Quesada y Aguilar, 2009), y las abejas son responsables de aproximadamente el 85% de la producción de las especies de frutos o semillas consumidos por los humanos, esto se traduce en un ingreso económico anual de 2.5 mil billones de dólares (Ashworth, Quesada y Aguilar, 2009). Además, México se ha descrito como uno de los países con mayor concentración de colonias manejadas de *A. mellifera* (1.5 millones de colmenas aproximadamente) que son utilizadas principalmente para la apicultura, lo que ubica a México entre los cinco principales productores de miel en el mundo (Winston, 1979; Quezada-Euán, 2007; Quezada Euán & otros, 2008). Sin embargo, el uso

desmedido de pesticidas en la agricultura, el cambio climático, la transmisión de parásitos y enfermedades, la carencia de diversidad genética y la destrucción del hábitat son factores que pueden provocar la disminución de los recursos florales y espacios de anidamiento disponibles para *A. mellifera* (Goulson, Nicholls, Botías, & Rotheray, 2015; Goulson, 2008; Balvanera, 2012; Didham, Tylianakis y Gemmell, 2007).

La continua pérdida de recursos alimenticios y de refugio para las colonias de *A. mellifera* son elementos clave en el declive de las colonias tanto ferales como manejadas (Ashworth, Quesada y Aguilar, 2009; Kevan, 1999; Goulson, Nicholls y Botías, 2015; Potts et al., 2010; Requier, 2015). Debido a que la continua disminución de recursos florales como el polen y el néctar afectan gravemente la nutrición de los individuos de *A. mellifera* (Vaudo et al. 2015; Requier, 2015; Michener, 2000; Amdam, 2002). El néctar es una fuente de hidratos de carbono rica en energía que permite a los individuos de *A. mellifera* realizar sus tareas dentro y fuera de las colmenas. Además, el néctar se utiliza para la elaboración de miel como reserva de alimento (Torres, 2008). Por otro lado, el polen es un recurso importante que aporta proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales (Liolios et al., 2015; Donkersley, 2017; Barrientos, 2014; Haydak, 1970; Brodschneider, 2010; Herbert, 1978; Sattler et al., 2015). La composición química del polen varía según la especie vegetal (Serra, 1988), las condiciones ambientales, la edad y el estado nutricional de las plantas cuando se produce el polen (Herbert y Shimanuki, 1978), además del sitio de recolección, estación y año de producción (O'Rourke y Buchmann, 1991; Szczesna et al., 2006). Una cosecha de polen que incluye una

gran diversidad de especies de plantas asegura que *A. mellifera* obtenga una dieta balanceada y además reducir el potencial tóxico de alcaloides u otras toxinas que algunas especies de plantas producen a través del polen (Martins, 2011). Algunos estudios han demostrado que los requerimientos nutricionales de las abejas cambian de acuerdo a su etapa de vida, tareas dentro de la colmena y la estación del año (Amdam, 2002; Haydak, 1970; Liolios, y otros, 2015; Toth, 2005; Crailsheim, 1990; Crailsheim et al., 1992). Además, se sabe que una limitada diversidad de especies de plantas o el bajo contenido de nutrientes generan situaciones de estrés nutricional que influyen en el comportamiento de búsqueda de alimento, longevidad, morfología, reproducción y salud de las abejas, (Vaudo et al. 2015; Dmitriew y Rowe, 2011; Al., 2012; Gill, Ramos y Rain, 2012; Paoli, 2014). Por lo tanto, la carencia de néctar y polen en los ecosistemas compromete la viabilidad y persistencia de las colmenas de *Apis mellifera* (Keller, Fluri, & Imdorf, 2005).

Actualmente, son pocos los estudios que evalúan las necesidades nutricionales de *A. mellifera* y la calidad de los recursos florales que las especies de plantas proveen (Vaudo et al. 2015). A pesar de la importancia ecológica y económica de la especie *A. mellifera*, México dispone de escasa información sobre la calidad nutricional de los recursos florales que visita. Además, México es un país con una gran diversidad de hábitats que ofrecen numerosos recursos florales que pueden variar de una región a otra (Ashworth, Quesada y Aguilar, 2009). En consecuencia las colonias de *A. mellifera* están expuestas a diferentes condiciones de nutrición dependiendo de la vegetación floral disponible, disponibilidad de flores, y la época del año (Liolios, 2015). Por lo tanto, en este estudio examinamos polen recolectado por colonias de

*A. mellifera* en apiarios ubicados en tres regiones apícolas de México Norte, Pacífico y Altiplano. Estas tres regiones se encuentran en diferentes ecosistemas: Bosque Tropical Seco, Matorral Submontano y Matorral Xerófilo, Selva Mediana y Bosque de Pino-Encino, que ofrecen vegetación contrastante. Además, se colectó polen almacenado ubicado en el área de reserva alimentaria de la colmena y también en los espacios de cría. Se determinó el porcentaje de humedad, lípidos, proteína, hidratos de carbono y cenizas de cada muestra de polen. Posteriormente a la caracterización del contenido nutricional del polen.

En este estudio esperamos que el polen colectado por *A. mellifera* en las regiones Altiplano y Pacífico tengan una mayor concentración de nutrientes. Específicamente esperamos que el contenido de humedad, lípidos, proteínas, carbohidratos y cenizas sea mayor en las regiones Altiplano y Pacífico debido a que se ha descrito una mayor diversidad y abundancia de recursos florales.

## ANTECEDENTES

El valor alimenticio de los granos de polen para *Apis mellifera* varía en función de la especie de planta, edad y estado nutricional de la planta cuando se desarrolló el polen, la época del año durante la maduración de los granos, los métodos de extracción y almacenamiento de los mismos (Maurizio, 1954; Todd, Betherick, 1942; Lunden, 1954; Vivino and Palmer, 1944; Louveaux, 1963; Hugel, 1962). Además, el comportamiento nutricional de *A. mellifera* varía drásticamente en función de sus requerimientos nutricionales que cambian de acuerdo a la edad y función de los individuos dentro de la colonia (Donkersley, 2017; Crailsheim & Stolberg, 1989; Manning, 2007; Manning, 2001; Requier F., 2015; Keller, Fluri, & Imdorf, 2005; Herbert, 1978; Brodschneider & Crailsheim, 2010; Di Pasquale, 2013; Haydak, 1970). Las abejas jóvenes necesitan principalmente proteínas, mientras que las abejas adultas requieren una mayor cantidad de carbohidratos (Crailsheim, 1990; Donkersley, 2017). La ingesta adecuada de nutrientes a partir del polen influye de manera positiva en la longevidad, supervivencia, productividad y estado sanitario de las colonias (Haydak, 1970 ; Toth, 2005; Barrientos, 2014; Manning, 2001; Manning, 2007; Ferreyra, 2009; Piedra, 2017).

Haydak (1970) describe que la longevidad de *A. mellifera* está determinada por la nutrición adecuada de las abejas, y la cría de larvas es el momento de mayor requerimiento de proteínas (Haydak, 1970; Keller, Fluri, & Imdorf, 2005; Crailsheim, 1990; Crailsheim, Schneidder y Buhlman, 1992; Crailsheim, Keller, Fluri, & Imdorf, 2005). Las larvas de abejas reinas, obreras y zánganos reciben como alimento jalea real. Solo las abejas reina reciben jalea real durante todo su desarrollo larvario,

mientras que las abejas obreras y zánganos reciben jalea durante tres días y posteriormente las abejas obreras reciben una mezcla de polen con miel y agua hasta su operculación, mientras que los zánganos sólo reciben polen (Haydak, 1970; Keller, Fluri, & Imdorf, 2005; Haydak, 1970). En el estudio de Crailsheim (1991) se analizó el contenido de polen en el tracto gastrointestinal de abejas obreras, describiendo que los requerimientos nutricionales de las abejas después de emerger, dependen de su edad y determinan las tareas que desempeñan dentro y fuera de la colmena cuando son: limpiadoras, nodrizas, ventiladoras, constructoras, guardianas o pecoreadoras (Cabello T. , 2007; Haydak, 1970; Herbert, 1978; Crailsheim K. , 1990; Crailsheim, Schneidder y Buhlman, 1992; Crailsheim, 1991; Anderson, 2014). Después de emerger, la primer tarea de las abejas es limpiar su celda y consumir polen almacenado en la colmena en sus primeras horas de vida, de esta manera la ingesta de polen promueve el desarrollo de las glándulas hipofaríngeas para producir jalea real y estas abejas pasan a ser llamadas “nodrizas”, estado que tendrá una duración aproximada de nueve días. Posteriormente las glándulas hipofaríngeas se contraen hasta casi desaparecer. Cerca del día once, las glándulas cereras ubicadas en la parte interna del abdomen se vuelven funcionales y las abejas asumen la tarea de constructoras. Pasado el día 18 la tarea de las abejas obreras es proteger la entrada de la colmena de abejas extrañas u otros insectos hasta cumplir 21 días de madurez, momento en que las glándulas dejan de funcionar y comienza la que será su última tarea: pecoreadora de néctar, polen, propóleos y agua (Haydak, 1970; Crailsheim, Schneidder y Buhlman, 1992; Crailsheim, 1990).

A partir del polen *A. mellifera* aprovecha proteínas y aminoácidos esenciales para el desarrollo de glándulas, músculos de vuelo, tejidos corporales y prepara alimentos para el óptimo desarrollo de las crías de: zánganos, obreras y reinas (Haydak, 1970; Crailsheim, 1992, 1991, 1990) (Haydak, 1970; Crailsheim, Schneider, y Buhlman, 1992; Crailsheim, 1990). Las abejas tienen una necesidad proteica promedio de 3.07 mg de Nitrógeno que corresponde a 19.2 mg de proteína, es decir 0.0203 mg de proteína por día (Crailsheim, 1990). Las abejas nodrizas (3-14 días) son las que tienen mayor demanda de polen debido a su función en la producción de jalea real y mantenimiento de las crías; también se ha descrito que las abejas pecoreadoras tienen los menores requerimientos de proteína (Brodschneider y Crailsheim, 2010). Sin embargo, el valor nutritivo del polen no se correlaciona completamente con la cantidad de proteína si no también con la cantidad de lípidos (Todd y Bretherick, 1942). Los lípidos contenidos en el polen (ácidos grasos) son de vital importancia para los individuos de *A. mellifera* ya que se almacenan en el cuerpo y son utilizados como fuente de energía durante la escasez de recursos y previo al período invernal (Robinson, 1980; Dobson, 1987; Amdam, 2002; Manning, 2001). Además, los ácidos grasos del polen tienen propiedades antimicrobianas (antibacterianas y antimicóticas) que aseguran la esterilidad de celdas con cría. (Char & Bhat, 1975; Manning, 2001; Evans et al., 2006; Dobson, 1988).

Las especies de plantas tienen perfiles distintivos de ácidos grasos en los granos de polen (Manning, 2001). El polen contiene altas concentraciones de lípidos, representados principalmente por ácidos grasos como el linoleico, linolénico,

mirístico y ácido láurico, los cuales participan significativamente en la inhibición del crecimiento de las bacterias formadoras de esporas, *larvas de Paenibacillus larvae* (loque americana), *plutón Melissococcus* (loque europea) y otros microbios alojados en los panales de cría de las colmenas. Sin embargo, algunos estudios sugieren que el exceso en la cantidad de ácido oleico en el polen, podría tener un efecto tóxico para las abejas (Manning, 2007). Por otro lado, se ha sugerido que el almacenamiento de polen de origen monofloral o polifloral afecta la fisiología de abejas nodrizas, y en consecuencia afecta la tolerancia a los parásitos. Se ha sugerido que la cosecha de polen de una gran diversidad de especies de plantas o la cosecha de polen de plantas con un alto contenido proteico beneficia la longevidad de las abejas parasitadas y mejora la respuesta inmunitaria en presencia del patógeno microsporidiano *Nosema ceranae* (Di Pasquale, 2013).

Los hidratos de carbono en el polen se derivan en su mayoría del néctar o la miel añadidos durante y para el transporte de los granos a la colonia (Todd y Bretherick, 1942). El polen como recurso, contiene carbohidratos que pueden complementar la dieta de *Apis mellifera* cuando el néctar escasea (Haydak, 1937; Brodschneider y Crailsheim, 2010). Los carbohidratos promueven la síntesis de grasa en forma de glucosa y fructosa que son fuente importante de energía (Haydak, 1970; Martins, 2001; Brodschneider y Crailsheim, 2010). En su etapa adulta y última como colectoras de polen y néctar los individuos de *A. mellifera* producen las enzimas necesarias para metabolizar carbohidratos y convertirlos en energía (Hrassnigg et al., 2005; Moritz y Crailsheim, 1987; Crailsheim et al., 1992). En el caso de las larvas su requerimiento energético se ha descrito es de 59.4 mg para alimentarse (Brodschneider y

Crailsheim, 2010). Son las abejas obreras nodrizas las encargadas alimentar a las larvas a partir de los 2.5 días de edad y mantener sus celdas inundadas de alimento conocido como “gelatina de obrera” que contiene los nutrientes necesarios para su crecimiento, entre ellos carbohidratos, lípidos y proteínas (Haydak, 1937,1970; Dixon, 1963). Por otro lado, la falta de carbohidratos limita la cantidad de larvas criadas en primavera cuando las fuentes de néctar son pobres y los recursos nectapoliníferos de invierno ya están agotados o cuando la miel de la colmena es cosechada (Brodschneider y Crailsheim, 2010).

### **Relevancia del estudio**

Debido a la importancia ecológica y económica de *A. mellifera*, es fundamental determinar el valor nutritivo del polen que proveen diferentes comunidades de plantas en las regiones apícolas de México. Por lo tanto, en este estudio se busca determinar la calidad nutricional del polen almacenado en colmenas de *A. mellifera* en diferentes regiones de México. Cuantificamos la cantidad de proteína, la concentración de carbohidratos, lípidos, humedad y cenizas.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

Determinar la calidad nutricional de polen almacenado por *Apis mellifera* en tres regiones apícolas de México durante la época seca.

### **PARTICULARES:**

1.- Colectar polen de cría y reserva almacenado en colmenas de *Apis mellifera* en tres regiones apícolas de México con diferente vegetación.

2.- Cuantificar y comparar la cantidad de nutrientes (humedad, cenizas, proteína, lípidos y carbohidratos) en polen almacenado en colmenas de *A. mellifera* en tres regiones apícolas de México.

### **HIPÓTESIS:**

En este estudio esperamos que el polen colectado por *A. mellifera* en las regiones Altiplano y Pacífico tengan una mayor concentración de nutrientes. Específicamente esperamos que el contenido de humedad, lípidos, proteínas, carbohidratos y cenizas sea mayor en las regiones Altiplano y Pacífico debido a que se ha descrito una mayor diversidad y abundancia de recursos florales.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Especie de estudio**

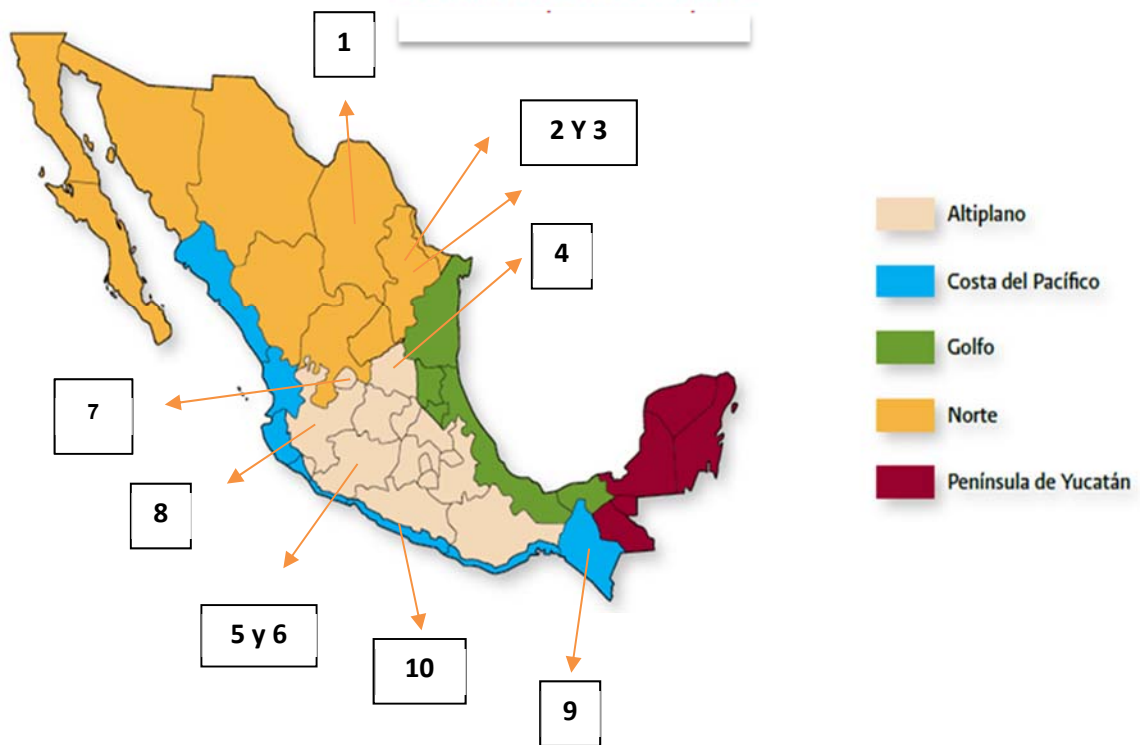
*Apis mellifera*, es una especie de abeja del orden hymenoptera, familia: *Apidae*, subfamilia: *Apinae* (Mendizabal, 2005). Es una especie de abeja doméstica europea, generalista y eusocial. Esta especie se organiza en colmenas mediante castas: Obreras, zánganos y una reina. La reina es el único individuo que puede ser fecundada por machos (Zánganos) (Michener, 2007). La abeja reina oviposita entre 1500 y 3000 huevos diarios. Los huevos fecundados dan origen a abejas obreras y los huevos sin fecundar dan origen a zánganos mediante partenogénesis (Michener, 2007).

### **Sitios de estudio**

La diversidad climática de México es propicia da origen a cinco regiones apícolas: Norte, Altiplano Central, Costa Pacífica, Costa del Golfo y Península de Yucatán (Labougle, 1991; Domínguez-Ayala et al, 2015). Seleccionamos tres regiones apícolas que presentan un mayor contraste en condiciones ambientales y de vegetación. En cada región seleccionamos cinco sitios y se localizó el mayor número de colonias para la colecta de polen. En cada apiario se obtuvieron muestras de polen del 20% del total de colmenas disponibles. Con las muestras de polen de cada apiario se realizaron análisis bromatológicos para determinar el contenido de Humedad (Análisis Gravimétrico AOAC 934.01), Nitrógeno proteico (Técnica de Dumas AOAC 968.06), Determinación de Extracto Etéreo (Método

micro Soxhlet AOAC 920.39), Carbohidratos (Por diferencia de los valores obtenidos), Cenizas (AOAC 942.05).

Figura 1.- Mapa de Sitios de colecta de Polen en apiarios en México.



Apiario	# Colmenas
1.- Montemorelos	8
2.- Carboneros	7
3.- Tierra Nueva	11
4.- Matehuala	4
5.- Villa Madero	5
6.- Zimpanio	7
7.- Jesús Ma.	6
8.- Primavera	4
9.- Cañón	9
10.- Tecpan	8

Tabla 1. La tabla muestra la ubicación de los apiarios, ubicación geográfica, tipo de vegetación y número de colmenas muestreadas.

# Sitio	Nombre	Municipio	Coordenadas	# Colmenas por Apiario	Tipo de Vegetación
1	Nuevo León: Monterrey	Montemorelos	(25.1884751-998367457)	8	Matorral Sub-montano
2	Tamaulipas: Ciudad Victoria	Carboneros	(23.915258-99.186964)	7	Matorral Sub-montano
3	Tamaulipas: Ciudad Victoria	Tierra Nueva	(23.8543894-99114394)	11	Matorral Sub-montano
4	San Luis Potosí	Matehuala	(23.6446058-100.6426022)	4	Matorral Xerófilo
5	Michoacán: Villa Madero	Palos Altos	(19.658323552278915-101.19766175332029)	5	Bosque Pino-Encino
6	Michoacán	Zimpanio	(19.658323552278915-101.19766175332029)	7	Bosque de Encino
7	Jalisco	Bosque de la primavera	(21.93681-101.19766175332029)	4	Bosque Pino-Encino
8	Aguascalientes	Posta Veterinaria	(21.967127-102.376625)	6	Matorral-Xerófilo

9	Chiapas	Cañón del Sumidero	(16.842774946065415-93.09071649953614)	13	BTS-Selva Mediana
10	Guerrero	Tecpan de Galeana	(16.8427749460065415-93.09071649953614)	8	BTS

## Humedad

Para determinar el contenido de humedad en el polen, utilizamos el método 934.01 (AOAC, Horwitz W., 2000). Utilizamos tres porciones de 1g de polen de cada colmena. El proceso se llevó a cabo a una temperatura constante de 95 - 100 ° C bajo presión <100 mm Hg (aprox. 24 h). Informe pérdida y secado como estimación del contenido de humedad y todas las pruebas se hicieron por triplicado. Para calcular el contenido de humedad cada muestra de polen se utilizó la siguiente fórmula:  $\% H = P_H \cdot (P_s - P_v) / P_H \times 100$ .

Donde  $P_H$  es el peso húmedo,  $P_s$  es el peso final de la muestra sin humedad y  $P_v$  es el peso promedio de la muestra húmeda. El resultado representa el porcentaje de Humedad contenido en cada muestra de polen fresco almacenado.

## Lípidos

Para determinar el contenido de lípidos en las muestras de polen, utilizamos el método de Soxhlet ó **920.39** avalado por la AOAC (Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL) (Horwitz W., 2000). Este método consiste en la extracción de lípidos mediante el uso de éter de petróleo. Utilizamos tres muestras de 3g de polen de cada colmena para determinar la concentración de extracto etéreo libre. Los resultados se expresan en porcentaje de extracto etéreo y el contenido de lípidos se calcula mediante la fórmula:  $\% E.E = G_3 - G_1 / G_2 \times 100$ . Donde:  $G_1$  es el peso promedio de la muestra,  $G_2$  es el peso de la muestra y  $G_3$  es el peso final de la muestra.

## **Proteína**

Para calcular el porcentaje de proteína contenido en el polen, utilizamos la técnica de Dumas aprobada por la AOAC (Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL) (Horwitz W., 2000). Este método consiste en analizar los gases resultantes de la combustión de la muestra a altas temperaturas en una atmósfera rica en oxígeno. El análisis se llevó a cabo en un equipo DUMATHERM marca LECO Mod PF-528. Se calibró el aparato con pesos blanco de EDTA para después comenzar las pesadas de las muestras de polen por triplicado, se colocaron en cápsulas de metal plateado introduciendo los datos del peso en la pantalla y al obtener los resultados hacer el cálculo correspondiente. Los resultados se expresan en porcentajes de Nitrógeno proteico contenidos en cada muestra de polen. Para calcular el porcentaje de proteína se utilizó la siguiente fórmula:

**% NP= % N X 6.25** (Factor de conversión Nitrógeno - Proteína en gramos). Donde: N es el porcentaje de nitrógeno proteico contenido en la muestra tras la combustión.

## **Cenizas**

Para determinar el contenido ceniza, se utilizó el método 942.05 mencionado en AOAC (Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL) (Horwitz W., 2000). Se pesaron por triplicado 0.2 g de polen en micro crisoles de porcelana previamente pesados. La mufla fue precalentada a 100 grados centígrados. La temperatura se incrementó 100 grados cada 30 minutos hasta alcanzar 600 grados centígrados durante 3 horas. Al término de la incineración, los crisoles se pasaron a un desecador hasta que alcanzaron la temperatura ambiente constante.

Posteriormente las muestras fueron pesadas. Para determinar el porcentaje de cenizas en cada muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$\% \text{ Cenizas} = ((G3-G1) / G2) 100$ . Donde G1= Peso de la muestra en el crisol;

G2= Peso de la muestra; G3= Peso final de la muestra. Los resultados se expresan en porcentajes.

Para comparar el contenido de carbohidratos, lípidos, proteínas, humedad y cenizas entre polen de cría y polen de reserva entre regiones apícolas, realizamos un Análisis de varianza (ANOVA). Debido a que las variables son porcentajes, cada variable fue transformada a proporciones para aproximar a la normalidad. Se utilizó la proporción de carbohidratos, lípidos, proteínas, humedad y cenizas como variables dependientes y la región apícola como variable independiente y la procedencia (polen de cría y polen de reserva). Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico JMP versión 6.0.0 (2005)

## Resultados y Discusión

Se realizaron los estudios bromatológicos del polen comprendido en colmenas de diferentes regiones de México (Pacífico, Altiplano y Norte). En relación con las variaciones en la calidad del polen se esperaba que fueran significativamente diferentes entre regiones y entre el polen de cría y reserva, así como la interacción. Sin embargo los resultados demuestran que estos dos últimos factores no presentaron diferencias significativas (Anexo 1). En el caso de la diferenciación de Regiones si se presentaron diferencias significativas, principalmente en el porcentaje de humedad ( $F_{2,2}=11.67$ ,  $p=0.0001$ ) y en el porcentaje de cenizas ( $F_{2,2}=6.94$ ,  $p=0.001$ ). Sin embargo, no siguieron el mismo patrón. En el caso de la humedad, la zona norte y pacífica tuvieron una mayor porcentaje. Mientras que la zona del altiplano presenta la menor humedad (Figura1). Esto contraviene a lo esperado, siendo que la humedad relativa va de la zona más húmeda la zona Pacífica seguido del Altiplano a la zona Norte, siendo esta la más seca. Sin embargo, los patrones fenológicos en la temporada seca comparten el Bosque Tropical Caducifolio, zonas con Matorral Xerófilo que presentan sus picos de floración en la temporada seca. Mientras que la zona de altiplano presenta vegetación de tipo mezquital y matorral, con picos de floración al inicio de la temporada de lluvias (Pennington y Sarukhán, 2005).

Los resultados que se presentan discrepan con reportes de 3.2 a 9.7% (Baldi et al 2004), 7.4% (Valla, 1983), 7 a 16% (Valla 1983) y 13.2 a 17.9% (Vit, 2008), pero concuerdan con valores tan altos como 18.8% (Human 2006) y 19 a 25% (Saenz 1978). Como ya se indicó, el polen seco debe mantener su forma y presentar una

textura dura, de grano de cereal, fragmentándose sin ceder y el porcentaje de humedad influye en este estado (Baldi et al 2004). El secado excesivo y por consiguiente bajas tasas de humedad influye sobre el color natural del polen favoreciendo los procesos de pardeamiento químico, además, que es un aspecto positivo que dificulta la contaminación microbiana posterior, en tanto que altos niveles de humedad significan un riesgo importante para la conservación. Es posible que el menor contenido de humedad en el polen apícola estudiado se deba al entorno ecológico donde se encontraban las colmenas de abejas.

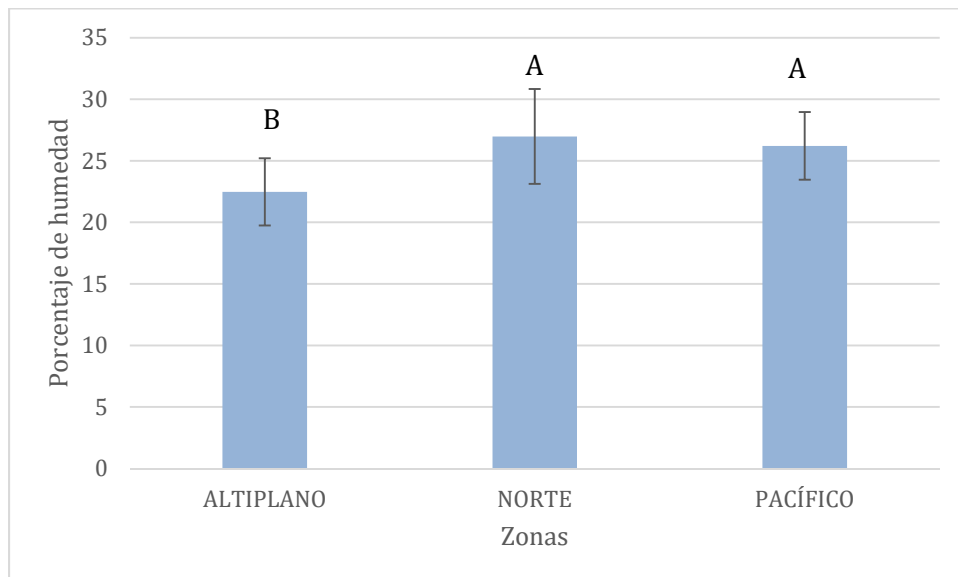


Figura 2.- Porcentaje del contenido de humedad de polen almacenado en colmenas de *A. mellifera* en cada región apícola. Letras iguales significa que no hay diferencias significativas. Las líneas encima de las barras representan la desviación estándar

El porcentaje de humedad es una de las características más importantes del polen y de la miel. Está en función de ciertos factores tales como los ambientales y del contenido de humedad del néctar. En el caso particular de la miel madura tiene normalmente un contenido de humedad por debajo del 18.5% y cuando se excede de este nivel, es susceptible a fermentar, particularmente cuando la cantidad de levaduras osmofílicas es suficientemente alta. Además, el contenido de agua en la miel influye en su viscosidad, peso específico y color, condicionando así la conservación y cualidades organolépticas de este producto. Después de la extracción de la miel de la colmena, su contenido de humedad puede cambiar dependiendo de las condiciones de almacenamiento (Campos 2006). La humedad en el polen puede ser utilizado como un indicador de la madurez y capacidad de permanecer estable durante el almacenamiento. Se ha reportado que el polen obtenido durante periodos de altas precipitaciones (época de lluvias) presentan un mayor contenido de humedad que las mieles producidas durante épocas de bajas precipitaciones (sequía) (Almeida et al. 2005). Debido a esto sería importante realizar en estas mismas regiones estas comparaciones.

El contenido de cenizas se obtuvieron diferencias significativas entre la región Norte con las regiones de Altiplano y Pacífico (Figura 2). Sobre el contenido de cenizas (3 y 4%), los resultados discrepan con reportes de 1.6 – 2.14% (Vit 2008) y 2.2% (Almeida-Muradian 2005) pero concuerdan significativamente con valores altos como 4 – 5.1% (Rojas, 1992; Saenz, 1978), así como con rangos tan amplios como 0.96 a 6.7% (Baldi et al. 2004) y 2,5 – 6,5% (Stanley 1974).

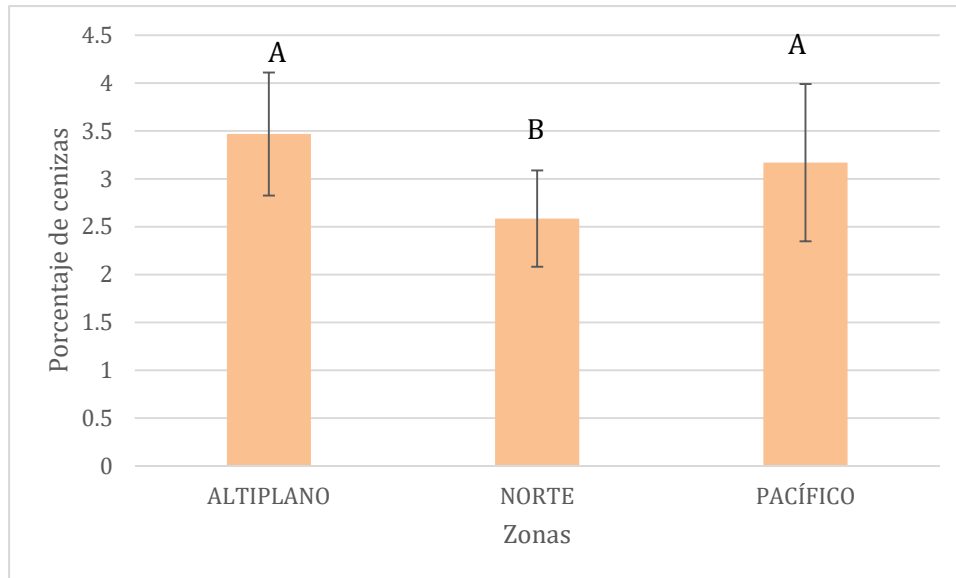


Figura 3.- Porcentaje del contenido de cenizas de polen almacenado en colmenas de *A. mellifera* en cada región apícola. Letras iguales significa que no hay diferencias significativas. Las líneas encima de las barras representan la desviación estándar

En lo referente al contenido de lípidos no hubo diferencias significativas (Figura 4) (con un promedio de 3 a 3.5) en este trabajo. Estos valores han resultado muy bajos si los comparamos con lo reportado para el polen apícola amarillo (5,37%) y similar al polen anaranjado (3,13%), colectados en otras partes del mundo (Vit 2008). Se ha indicado que el polen con cantidades elevadas de lípidos son buscadas selectivamente por las abejas como fuente nutritiva (Singh et al. 1999). Es posible que la concentración muy baja de lípidos en el polen apícola, en el trabajo que se presenta, obedezca a factores ambientales, en especial la temperatura, la cual es superior a 22 °C, en lugares de clima frío las plantas almacenan almidones en elevada concentración (Saenz 1978).

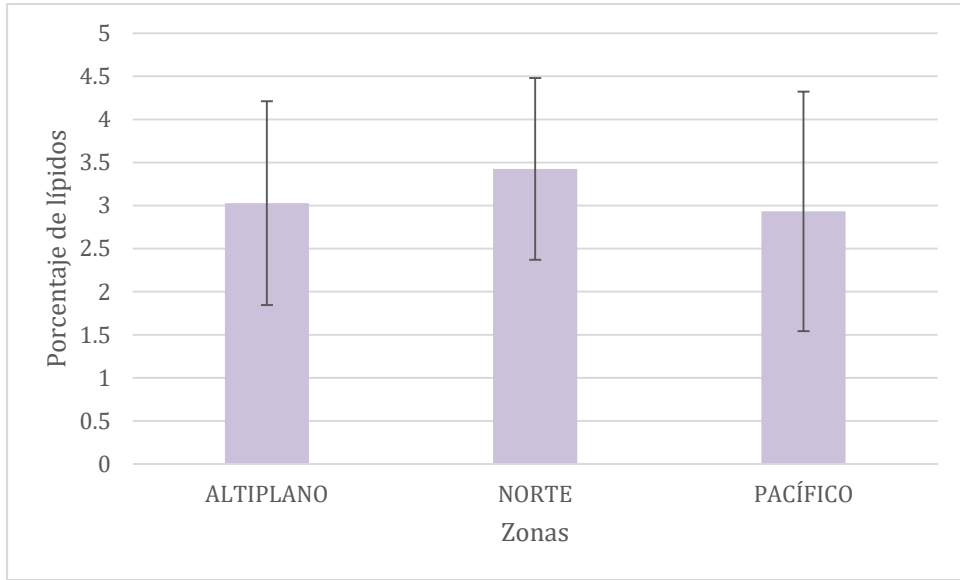


Figura 4.- Porcentaje del contenido de lípidos de polen almacenado en colmenas de *A. mellifera* en cada región apícola. Las líneas encima de las barras representan la desviación estándar

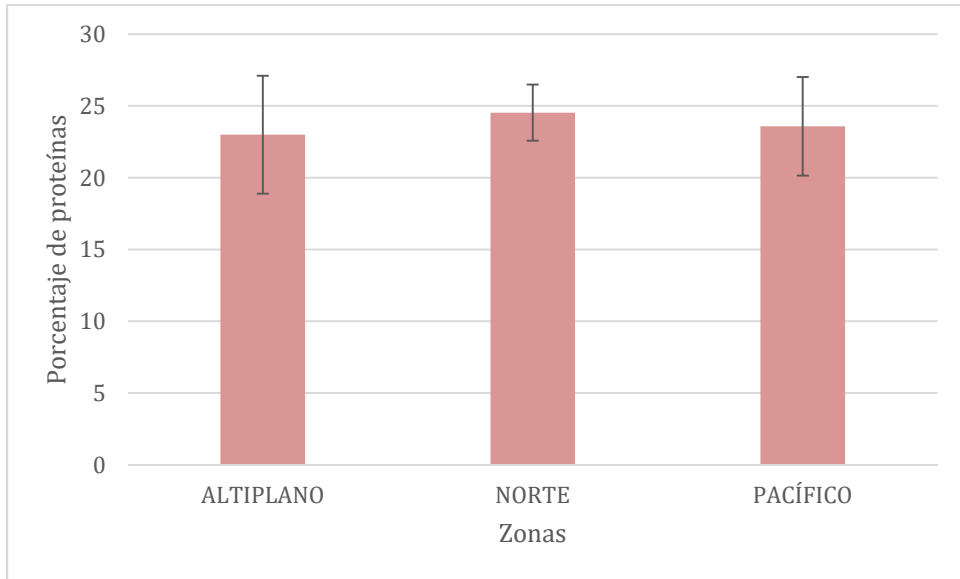


Figura 5.- Porcentaje del contenido de proteínas de polen almacenado en colmenas de *A. mellifera* en cada región apícola. Las líneas encima de las barras representan la desviación estándar

En cuanto al contenido de proteínas (22 y 25%) no se presentaron diferencias significativas (Figura 5). Sin embargo, también, resultó muy bajo si lo comparamos con lo reportado para el polen apícola anaranjado (52.6%) y amarillo (37.3%), colectados en colectados por Vit (2008). Estos valores devienen en inusualmente altos puesto que otros autores han reportado concentraciones más moderadas como 7 – 26% (Valla, 1983), 18 – 28% (Saenz 1978), 25% (Rojas, 1992), 17.26 – 30.86 (Baldi et al. 2004), 12.6 – 18.8% (Serra Bonvehí et al. 1985), 3144% (Human et al. 2006), 10 – 40 g/100 g de materia seca (Campo et al. 2008) y 20% (Almeida-Muradian 2005), los que se encuentran en concordancia con los resultados expresados en este trabajo que se presenta. Un estudio realizado en el sur del Caldén (Argentina) mostró que el contenido de proteína cruda de la mayoría del polen colectado por las abejas fue dramáticamente variable, con valores tan altos para el polen de *Condalia microphylla* y Brassicaceae con 31,9 y 30,5%, respectivamente, y tan bajos como el polen de *Plantago* sp. y *Erodium cicutarium* con 13,6 y 14,2%, respectivamente (Andrada y Telleria 2005); resultados similares fueron observados en el polen colectado por las abejas en la localidad de Viana do Ouro (Ourense), en el noroeste de España (De Sa-Otero et al. 2009). Por lo que la composición florística afecta directamente a esta propiedad, por lo que se debería de explorar no sólo el porcentaje de lípidos sino la composición.

Los resultados aquí realizados pueden mostrar la variación de algunas características de los granos de polen contenidos en colmenas de *Apis mellifera*. Posiblemente los factores más importantes en estas características son la disponibilidad de los recursos florales, por lo cual en escenarios cambiantes como

lo constituyen la influencia del cambio climático en la vegetación principalmente aquellos que influyen directamente en la floración de las especies; asimismo, los procesos de erosión, lixiviación, sequía y lluvias torrenciales asociados al calentamiento global, incrementan el riesgo de pérdida de nutrientes, la disposición de los mismos, y en consecuencia, la concentración y volumen de producción de néctar de las flores a las que las abejas acuden.

Pero no sólo son periodos de sequía lo que debe preocupar del cambio climático. Como consecuencia del calentamiento y la desertificación mencionada, se encuentran condiciones cada vez más extremas de temperatura en zonas habitualmente templadas. Las heladas fuera de temporada invernal son cada vez más comunes. El enfriamiento del aire por debajo de 0° C, provoca el congelamiento del agua al interior de los tejidos vegetales, que al cristalizarse afectan las paredes de las células sin que exista regeneración alguna, por lo que la planta afectada se pierde. Si una helada se presenta en épocas de floración, se rompe el flujo de néctar hacia la colmena, lo que deja sin alimento a las abejas.

Del mismo modo, si bien el agua es importante para el correcto desarrollo de las colonias de abejas, los periodos largos y discontinuos de lluvia originan alteraciones en las épocas de floración, la lluvia diluye el néctar y éstas pierden atractivo para las abejas, además, debido a que no pueden salir de las colmenas con la misma frecuencia, se incrementa el tiempo de resguardo, acompañado de un incremento en la humedad, favoreciendo la incidencia de enfermedades. Por otra parte, las tormentas tropicales y huracanes que actualmente se registran con más fuerza

destruccion originadas por el cambio climatico, pueden destruir apiarios por completo.

El desequilibrio entre la fenología de las plantas y la dinámica de las abejas, producto de las variaciones climáticas, ocasiona que el inicio prematuro de las floraciones se desfase con el ciclo de vida de las colmenas, ocasionando que el acopio de miel pueda ser deficiente, y como consecuencia, reducir el volumen de cosecha de miel, la calidad del polen colectado y la salud de la colmena.

## CONCLUSIONES

Los análisis bromatológicos muestran que:

- a) No hay diferencias significativas entre el polen de cría y el polen de reserva.
- b) Por regiones se presentó diferencias en el porcentaje de humedad entre la zona Pacífica-Norte y el Altiplano. En la cantidad de cenizas se presentó diferencias entre la zona Pacífica-Altiplano y la zona norte.
- c) No hubo diferencias por regiones en la cantidad de proteínas y lípidos.
- d) La variación de algunas características de los granos de polen contenidos en colmenas de *Apis mellifera*. Posiblemente los factores más importantes en estas características son la disponibilidad de los recursos florales.

## Anexo 1

### Cuadro de ANOVA de las variables analizadas.

<b>Fuentes de variación por variable respuesta.</b>					
<b>Humedad</b>	<b>Nparm</b>	<b>DF</b>	<b>Sum of Squares</b>	<b>F Ratio</b>	<b>Prob &gt; F</b>
Región	2	2	258.67283	11.6728	<.0001
Tipo	1	1	0.32991	0.0298	0.8635
Region*tipo	2	2	0.52691	0.0238	0.9765
<b>Lípidos</b>	<b>Nparm</b>	<b>DF</b>	<b>Sum of Squares</b>	<b>F Ratio</b>	<b>Prob &gt; F</b>
Región	2	2	3.9561387	1.3761	0.2590
Tipo	1	1	0.3454267	0.2403	0.6255
Region*tipo	2	2	3.4922232	1.2147	0.3027
<b>Proteína</b>	<b>Nparm</b>	<b>DF</b>	<b>Sum of Squares</b>	<b>F Ratio</b>	<b>Prob &gt; F</b>
Región	2	2	45.253452	2.3447	0.1031
Tipo	1	1	5.924454	0.6139	0.4359
Region*tipo	2	2	26.995152	1.3987	0.2535
<b>Cenizas</b>	<b>Nparm</b>	<b>DF</b>	<b>Sum of Squares</b>	<b>F Ratio</b>	<b>Prob &gt; F</b>
Región	2	2	6.9638321	7.7698	0.0011
tipo	1	1	0.4585918	1.0233	0.3161
Region*tipo	2	2	1.5687267	1.7503	0.1831

**Región tres niveles.- Pacífico, Altiplano y Norte.**

**Tipo dos niveles.- Polen de cría y polen de reserva- alimentación**

## REFERENCIAS

- Almeida-Muradian LB, Pamplona LC, Coimbra S, Barth OM. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *J Food Comp Anal* 2005; 18: 105-11.
- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchmann, S., Cane, J., ... & Inouye, D. (1998). The potential consequences of pollinator decline on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation biology*, 8-17.
- Amdam, G. V. (2002). The regulatory anatomy of honeybee lifespan. *Journal of Theoretical Biology*, 209-228.
- Andrada AC, Tellería MC. Pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from south of Caldén district (Argentina): botanical origin and protein content. *Grana* 2005; 44: 115-22.
- Anderson, K. E.-H. (2014). Hive-stored pollen of honey bees: many lines of evidence are consistent with pollen preservation, not nutrient conversion. *Molecular Ecology*, 5904-5917.
- Ashworth, L., Quesada, M. A., Ramiro, A., & Ken, O. (2009). Pollinator-dependent food production in México. *Biological Conservation*, 142 (5) 1050-1057.
- Baldi B, Grasso D, Chaves S, Fernández G. Características bromatológicas del polen apícola argentino. En: *Ciencia, Docencia y Tecnología Año XV 2004*; 29: 145-181

- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas*, 1-2.
- Barrientos, G. (2014). Efecto de la diversidad y la calidad nutritiva del polen sobre los componentes celulares y humorales del sistema inmunológico de *A. mellifera* L. (*Hymenoptera Apidae*). Tesis de Magister. Valdivia, Chile, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Barth, M. C. (2009). Impacto de los pesticidas agrícolas y acaricidas para las abejas en Revista Científica/Facultad de Farmacia, Universidad de Granada, 45.
- Biesmeijer, J. R. (2006). Parallel declines in pollinators and insect pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785), 351-354.
- Brodschneider, R. &. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 278-294.
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 278-294.
- Bronstein, J. (1995). The Plant-Pollinator Landscape. *Mosaic landscapes and ecological processes*.
- Buchmann, S. L., & O'Rourke, M. K. (1991). Importance of pollen grain volumes for calculating bee diets. *Grana*, 30(3-4), 591-595.
- Cabello, T. (2007). *Apicultura*. EPS. UAL. Obtenido de <http://w3.ual.es/personal/tcabello/Temario/ApiTema05Web.pdf>
- Cabello, T. (2007). Biología de la Abeja. *Apicultura*, 1-4.

- Campos C. O. 2006. "Producción y comercialización de miel en México: caso del estado de Campeche, 1990 – 2004", México, 2006, Monografía, UAAAN.
- Campos MGR, Bogdanov S, Almeida-Muradian LB, S esna T, Mancebo Y, Frigerio C, Ferreira T. Pollen composition standardisation of analytical methods. *J Apic Res and Bee World* 2008; 47: 154-61.
- Char, M., & Bhat, S. (1975). Antifungal Activity of pollen. *Nature*, 536.
- Crailsheim, K. (1990). The protein balance of honey bee worker. *Apidologie*, 417-429.
- Crailsheim, K. (1991). Interadult feeding of jelly in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*,, págs. 55-60.
- Crailsheim, K., & Stolberg, E. (1989). Influence of diet, age and colony condition upon intestinal proteolytic activity and size of the hypopharyngeal glands in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, págs. 596-602.
- Crailsheim, K., Schneider, L. H. W., Hrassnigg, N., Bühlmann, G., Brosch, U., Gmeinbauer, R., & Schöffmann, B. (1992). Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): dependence on individual age and function. *Journal of insect Physiology*, 38(6), 409-419.
- de Groot, A. P. (1953). *Protein and Amino Acid Requirements of the Honeybee (Apis Mellifica L.)*... W. Junk.

- De Sá-Otero MP, Armesto-Baztan S, Días-Losada E. Analysis of protein content in pollen loads produced in north-west Spain. *Grana* 2009; 48: 290-6.
- Dmitriew, C., & Rowe, L. (2011). The effects of larval nutrition on reproductive performance in a food-limited adult environment. *Plos one*, 6(3), e17399.
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., ... & Alaux, C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter?. *PloS one*, 8(8), e72016
- Didham, R. K., Tylianakis, J. M., Gemmill, N. J., Rand, T. A., & Ewers, R. M. (2007). Interactive effects of habitat modification and species invasion on native species decline. *Trends in ecology & evolution*, 489-496.
- Dixon, S. E., Shuel, R. W. (1963). Studies on the mode of action of royal jelly in honey bee development. III. The effect of experimental variation in diet on growth and metabolism of honey bee larvae. *Canadian Journal of Zoology*. 41, 733-39.
- Dobson, A. P. (1988). The population biology of parasite-induced changes in host behavior. *The Quarterly Review of Biology*, 139-165.
- Donkersley, P. R. (2017). Nutritional composition of honey bee food stores vary with floral composition. *Oecologia*, 749-761.
- Domínguez-Ayala, R., Moo-Valle, H., May-Itzá, W. D. J., Medina-Peralta, S., & Quezada-Euán, J. J. G. (2016). Stock composition of northern neotropical

- honey bees: mitotype and morphotype diversity in Mexico (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 47(5), 642-652.
- Evans\*, J., Aronstein†, K., Chen\*, Y., & Hetru‡, C. (2006). Immune pathways and defence mechanisms in. *Insect Molecular Biology*, 645-656.
- Ferreira, E. L., Lencioni, C., Benassi, M. T., Barth, M. O., & Bastos, D. H. M. (2009). Descriptive sensory analysis and acceptance of stingless bee honey. *Food Science and Technology International*, 15(3), 251-258.
- Gallai, N. S. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 810-821.
- Garibaldi, L. S.-D. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 1608-1611.
- Gill, R. J., Ramos-Rodriguez, O., & Raine, N. E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual-and colony-level traits in bees. *Nature*, 491(7422), 105.
- Goulson, D. L. (2008). Decline and conservation of bumble bees. *Annu. Rev. Entomol*, 191-208.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites pesticides and lack of flowers. *Science*, 6229.
- Hrassnigg, N., & Crailsheim, K. (2005). Differences in drone and worker physiology in honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, 36 (2), 255-277.

- Hrassnigg, N., Brodschneider, R., Fleischmann, P. H. & Crailsheim, K. (2005). Unlike nectar foragers, honey bee drones (*Apis mellifera*) are not able to utilize starch as fuel for flight. *Apidologie*, 36 (4), 547.
- Haydak, M. H. (1970). Honey bee nutrition. *Annual review of entomology*, 143-156.
- Haydak, M. H. (1937). The Influence of a pure carbohydrate diet on newly emerged honey bees. *Annals of the Entomological Society of América*, 30 258-62
- Herbert Jr, E. W. (1978). Chemical composition and nutritive value of bee-collected and bee-stored pollen. *Apidologie*, 33-40.
- Herbert Jr, E. W., & Shimanuki, H. (1978). Chemical composition and nutritive value of bee-collected and bee-stored pollen. *apidologie*, 9(1), 33-40.
- Human H, Nicolson SW. Nutritional content of fresh, beecollected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry* 2006; 67: 1486-92.
- Keller, I., Fluri, P., & Imdorf, A. (2005). Pollen nutrition and colony development in honey bees: part 1. *Bee Word*, 3-10.
- Kevan, P. (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity, and diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 373-393.
- Klein, A. M.-D. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. . *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological* , 303-313.

- Labougle, J. M. (1991). Beekeeping in Mexico: past, present and future. *American bee journal (USA)*.
- Liolios, V., Tananaki, C., Dimou, M., Kanelis, D., Goras, G., Karazafiris, E., & Thrasylvoulou, A. (2015). Ranking pollen from bee plants according to their protein contribution to honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 582-592.
- Manning, R. (2001). Fatty acids in pollen: a review of their importance. *Bee World*, 60-75.
- Manning, R. (2007). Lipid-enhanced pollen and lipid-reduced flour diets and their effect on. *Australian Journal of Entomology*, págs. 251-257.
- Martins, M. C., Morgano, M. A., Vicente, E., Baggio, S. R., & Rodriguez-Amaya, D. B. (2011). Physicochemical composition of bee pollen from eleven Brazilian states. *Journal of Apicultural Science*, 55(2), 107-116.
- Medel, R. &. (2009). Ecología y evolución de interacciones planta-animal. *Editorial Universitaria*, 287-290.
- Michener, C. (2000). *The Bees of the world*. University Press.
- Moritz B. Crailsheim K. (1987). Physiology of protein digestion in the midgut of the honey bee (*Apis mellifera*), *J. Insect Physiol.* 33, 923-931.
- Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (2000) 17 th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 999.11

- Pantoja. (2014). Principios y avances sobre polinización C., como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. *Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria*.
- Paoli, P. P., Donley, D., Stabler, D., Saseendranath, A., Nicolson, S. W., Simpson, S. J., & Wright, G. A. (2014). Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. *Amino acids*, 46(6), 1449-1458.
- Piedra, M. (Julio de 2017). Piedra, M. *Evaluación de la suplementación de una fórmula a base de vitaminas, minerales y aminoácidos a abejas melíferas (A. mellifera), medida a través del peso de la colmena, porcentaje de postura de la reina (Cría operculada) y Cantidad de proteína*. Quito, Ecuador, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 345-353.
- Quezada-Euán, J. J. G. (2007). A retrospective history of the expansion of africanized honeybees in México. *Journal of Apicultural Research*, 46(4), 295-300.
- Rojas A. Manual de Apicultura. Ed. El Águila. Cajamarca, Perú. 1992.
- Requier F., J. F. (2015). Honey bee diet in intensive farmland habitats reveals an unexpectedly flower richness and a major role of weeds. France.

- Roulston, T. A. H., & Cane, J. H. (2000). Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant systematics and Evolution*, 222(1-4), 187-209.
- Sáenz C. Polen y Esporas. Edit. Blume, Madrid. 1978.
- Sandoz, M. (2016). Efectos del cambio climático sobre la polinización y la producción agrícola en América tropical. *Journal of Tropical Engineering*, 13.
- Sattler, J. A. G., de Melo, I. L. P., Granato, D., Araújo, E., de Freitas, A. D. S., Barth, O. M., ... & de Almeida-Muradian, L. B. (2015). Impact of origin on bioactive compounds and nutritional composition of bee pollen from southern Brazil: A screening study. *Food Research International*, 77, 82-91.
- Singh S, Saini K, Jain KL. Quantitative comparison of lipids in some pollens and their phagostimulatory effects in honeybees. *J Apic Res* 1999; 38: 87-92.
- Serra Bonvehi, J., & Cañas Lloria, S. (1988). Caratteristiche fisicochimiche, composizione e spettro pollinico del miele di Eucalipto (*Eucalyptus* sp.) prodotto in Spagna. *Apicoltura*, 4, 59-81
- Serra Bonvehí J, Gómez-Pajuelo A, Gonell-Galindo J. Test organoleptiques du pollen em pelotes. *Tech Apic* 1985; 117-24.
- Standife, L. N. (1967). A Comparison of the Protein Qualite of Pollens for growth-simulation of the Hypopharyngeal Glands and longevity of Honey Bees, *Apis Mellifera* L (Himenoptera: Apidae). *Insectes Sociaux* , 415-425.

Stanley R, Linskens H. Pollen: Biology, Biochemistry, Management. Springer-Verlag, Heidelberg, New York. 1974.

Szczêsna, T. (2006). Protein content and amino acid composition of bee-collected pollen from selected botanical origins. *Journal of Apicultural Science*, 50(2), 81-90.

Todd, F. E., & Bretherick, O. (1942). The composition of pollens. *Journal of Economic Entomology*, 35 (3), 312-317.  
<https://doi.org/10.1093/jee/35.3.312>

Torres, C. &. (2008). IMPORTANCIA DE LOS POLINIZADORES EN LA REPRODUCCIÓN DE ASTERACEAE DE ARGENTINA CENTRAL/Relevance of pollinators in the reproduction of Asteraceae of central Argentina. . *Acta Botánica*, 473-493.

Toth, A. L. (2005). Toth, A. L., Kantarovich, S., Meisel, A. F., & Robinson, G. E. (2005). Nutritional status influences socially regulated foraging ontogeny in honey bees. *Journal of Experimental Biology*, 4651-4649.

Valla J. Morfología de las Plantas Superiores. Edit. Hemisferio Sur, Argentina. 1983.

Vaudo, A. D., Tooker, J. F., Grozinger, C. M., & Patch, H. M. (2015). Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 133-141.

Vit P, Santiago B. Composición química de polen apícola fresco recolectado en el páramo de Misintá de los andes venezolanos. *Arch Latinoam Nutr* 2008; 58: 411-5.

Williams, C. N. (1998). The economic value of bees in the UK. *Bee World*, págs. 115-123.

Winston, M. L., Otis, G. W., & Taylor Jr, O. R. (1979). Absconding behaviour of the Africanized honeybee in South America. *Journal of Apicultural Research*, 18(2), 85-94