

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Estudio de la africanización de las abejas (*Apis mellifera* L.) en la Comarca
Lagunera**

**POR
CARLOS MONTES HERNÁNDEZ**

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**ESTUDIO DE LA AFRICANIZACIÓN DE LAS ABEJAS (*Apis mellifera* L.) EN
LA COMARCA LAGUNERA**

POR:

CARLOS MONTES HERNÁNDEZ

TESIS:

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

ASESOR PRINCIPAL:



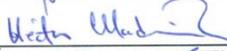
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

ASESOR:



ING. RUBI MUÑOZ SOTO

ASESOR:



DR. HÉCTOR MADAVEITIA RÍOS

ASESOR:



M.C. JOSÉ LUIS GALARZA MENDOZA



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO.

FEBRERO DE 2016.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. CARLOS MONTES HERNÁNDEZ, QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

PRESIDENTE:



DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

VOCAL:



ING. RUBI MUÑOZ SOTO

VOCAL:

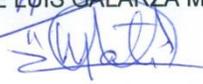


DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

VOCAL:



M.C. JOSÉ LUIS GALARZA MENDOZA



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO.

FEBRERO DE 2016.

DEDICATORIAS

A Dios

Dedico este logro importante en mi vida a Dios por siempre estar conmigo en los momentos de alegrías y de tristezas; por darme fuerza y valor para enfrentar las dificultades que se presentan en la vida.

A mis padres

Al Sr. Lorenzo Montes León y a la Sra. Marcelina Hernández Trinidad por ser unos excelentes padres y unas excelentes personas que han sabido guiarme con su ejemplo a ellos dedico este triunfo por su incondicional apoyo moral y económico, les agradezco de todo corazón todo lo que han hecho por mí; por inculcarme valores para hacer de mí una persona de bien. Muchas gracias papás los AMO.

A mis hermanos

Milagros, Ángel y Pati por su apoyo moral y económico y sus consejos quiero que sepan que a pesar de la distancia siempre los llevo presente en mi mente y en mi corazón.

A mis tíos

María, Juan y Javier por ser unas personas a las cuales yo les tengo un profundo respeto y un cariño muy especial ya que también de alguna forma han participado en mi formación como persona.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma terra mater

Por abrirme las puertas durante estos cuatro años y medio contribuyendo en mi formación profesional mil gracias mi querida Alma Terra Mater.

A mis asesores

A quienes admiro mucho, en particular al Dr. José Luis Reyes Carrillo, por ser una excelente persona con mucha ética personal y profesional además de ser un buen investigador, con mucha experiencia, a quien agradezco todo el apoyo que me brindó para la realización del presente trabajo. Muchas gracias.

A mis profesores

Quienes compartieron conmigo parte de su vida y me transmitieron sus conocimientos, mismos que ayudaron a mi formación profesional; por su apoyo, por hacer más amena y divertida la forma de aprendizaje, por enseñarme que en la vida no hay que rendirse, que para lograr las metas que uno se propone hay que luchar mucho, esforzarse y trabajar sin descanso para lograrlo. A todos ustedes maestros, muchas gracias, siempre tendré presente sus enseñanzas.

A mis amigos

Samuel Atahualpa Ramírez Macías, Horacio Román Pérez, Rodrigo Ramírez Enríquez, Nicolás Benítez Gómez, José Antonio Monjarás Castillejos, Valeria Reinat Mena Galicia, Erika Guadalupe Cervantes Padrón, Carolina De Lira Moreno y Marina Brígida Ventura Hernández por ser excelentes personas compañeros y amigos.

ÍNDICE

ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
Resumen.....	viii
I. Introducción	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipotesis	3
II. Revisión de literatura	4
2.1 Origen de la abeja africana	4
2.2 Proceso de africanización	5
2.3 Características biológicas y comportamiento.....	6
2.4 Diferencias entre la abeja africana y la abeja europea	7
2.4.1 Tiempo de desarrollo	8
2.4.2 Evasión.....	9
2.4.3 Pecoreo	9
2.4.4 Resistencia a enfermedades	10
2.4.5 Comportamiento higiénico	10
2.4.6 Defensa	11
2.5 Dispersión y distribución	11
2.6 Efectos de la africanización	13
2.7 Medidas de control.....	14
2.8 Métodos para la identificación de abejas africanizadas	15
III. Materiales y Métodos	17
3.1 Ubicación de la zona de estudio.	17
3.2 Material biológico	17
3.3 Obtención de muestras	17
3.4 Colecta de muestras para análisis.....	17

3.5 Recepción de muestras para el análisis.	18
3.5.1 Laboratorio de análisis.....	18
3.6 Materiales y equipo.....	18
3.7 Método de Identificación Morfométrico FABIS.....	18
3.8 Método FABIS I.....	19
3.9 Método FABIS II.....	21
IV. Resultados y Discusión.....	24
4.1 FABIS I.....	24
4.2 FABIS II.....	26
4.3 Análisis del total de muestras de las colmenas.....	28
V. Conclusiones.....	32
VI. Literatura Citada.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales diferencias entre la abeja africana y la abeja europea	7
Cuadro 2. Determinación de la africanización mediante el método FABIS I valores de longitud promedio de ala en colmenas de la Comarca Lagunera. 2015.	24
Cuadro 3. Valores de longitud promedio del fémur con el método FABIS II en colmenas de la Comarca Lagunera. 2015.	27
Cuadro 4. Número total de muestras analizadas en los métodos FABIS I y sospechosas en FABIS II en colmenas de la Comarca Lagunera de 2015.	28
Cuadro 5. Muestras africanizadas con respecto a los municipios identificados en la Comarca Lagunera 2015.....	29

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Resultados de africanización de colmenas mediante el método FABIS I en la Comarca Lagunera 2015.....	26
Grafica 2. Resultado de africanización en 11 casos sospechosos mediante el método FABIS II en la Comarca Lagunera 2015.....	28
Grafica 3. Porcentaje del muestreo general analizadas por los métodos de FABIS I y FABIS II, en colmenas de la Comarca Lagunera de 2015.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dispersión de la abeja africana en el Continente Americano.	13
---	----

Resumen

En México la producción apícola se ha desarrollado como una actividad relevante, debida básicamente a que representa una importante fuente generadora de empleo en las zonas marginadas del país, así como una de las principales actividades captadoras de divisas dentro del subsector pecuario. México ocupó en el 2010 el sexto lugar mundial en producción de miel, con 56,883 ton y el tercer lugar como exportador con 25,000 ton, cuyo destino principal fue el mercado europeo. De forma directa la actividad beneficia a 40,000 apicultores y de forma indirecta a 400,000 personas. Además se estima un valor de \$212 mil millones de dólares por el concepto de la polinización proporcionada por las abejas. Un problema prioritario para la industria apícola mexicana es la africanización de las poblaciones de abejas. La alta conducta defensiva de estas abejas ha causado problemas por picaduras a personas y animales; hecho que dificulta el manejo de las mismas y disminuye la productividad de la apicultura mexicana. El presente estudio se realizó con el objetivo de detectar la africanización en las colmenas de la comarca lagunera mediante el uso de la técnica morfométrica FABIS I y FABIS II (*Fast Africanized Bee Identification System*) con este propósito se estudiaron 116 colonias comercialmente manejadas en la región. Los resultados indicaron que el 5% de la población de colmenas muestreadas resultó africanizada, 3% es sospechoso de africanización y el 92% resultaron europeas.

Palabras clave: *A. m. scutellata*, método FABIS I, FABIS II, producción apícola, miel.

I. Introducción

En México la producción apícola se ha desarrollado como una actividad relevante, debida básicamente a que representa una importante fuente generadora de empleo en las zonas marginadas del país, así como una de las principales actividades captadoras de divisas dentro del subsector pecuario. Asimismo, la apicultura, más allá de ser una actividad noble y antigua, es también considerada como una opción estratégica capaz de proporcionar positivamente impactos sociales, económicos y ambientales (González *et al.*, 2014). México ocupó en el 2010 el sexto lugar mundial en producción de miel, con 56,883 t y el tercer lugar como exportador con 25,000 t, cuyo destino principal fue el mercado europeo. De forma directa la actividad beneficia a 40,000 apicultores y de forma indirecta a 400,000 personas. Además se estima un valor de \$212 mil millones de dólares por el concepto de la polinización proporcionada por las abejas (Contreras *et al.*, 2013).

Un problema prioritario para la industria apícola mexicana es la africanización de las poblaciones de abejas. Las abejas africanizadas son híbridos de razas de abejas europeas y africanas que se crearon en Brasil en 1957 con la finalidad de desarrollar un programa de mejoramiento genético. Llegaron a México desde finales de 1986, cuando entraron los primeros enjambres a través de la frontera con Guatemala, después de 29 años de migración desde Brasil (Uribe *et al.*, 2003). Las abejas melíferas africanizadas han sido muy exitosas desde el punto de vista biológico, ya que han colonizado con facilidad el continente Americano, reemplazando con gran rapidez a las poblaciones de abejas europeas; debido a que encontraron un ambiente muy propicio para su multiplicación. Sin embargo, la alta conducta defensiva de estas abejas sigue causando problemas por picaduras a personas y animales; hecho que dificulta el manejo de las mismas y disminuye la productividad de la apicultura mexicana (Esquivel *et al.*, 2015).

La diferencia de la abeja Africana (*Apis mellifera scutellata*) con la Europea es la defensiva; tienen la misma estructura pero son más pequeñas, vuelan

más rápido, entran en la colmena sin parar en la piquera, salen más temprano por la mañana y llegan más tarde, son nerviosas, más pilladoras (se roban el alimento de otras), tienen un alto nivel de reproducción (enjambran varias veces al año), atacan a otras colmenas débiles y reemplazan a la reina por una africanizada, atacan en grupos grandes, abandonan la colmena si son molestadas o cuando hay escasez de alimento, tienen una zona de defensa de hasta de 1 kilómetro; son poblaciones grandes en ambiente natural, después de ser molestadas pueden quedarse defensivas más de un día y se adaptan a diferentes condiciones ecológicas (Córdova, 2011).

Varios métodos han sido desarrollados para identificar las abejas africanizadas, incluyendo los análisis de isoenzimas, los polimorfismos de ADN mitocondrial, hidrocarburos cuticulares y el ADN nuclear. Ahora bien, estos métodos bioquímicos y moleculares requieren reactivos y equipo de laboratorio caros. La morfometría ha sido y seguirá siendo la metodología oficial más utilizada para la identificación de las abejas de miel africanizadas, debido a la alta viabilidad y costos bajos. El primer procedimiento eficaz, desarrollado en la década de 1970, consistió en medir manualmente 25 caracteres de las alas, estornitos y piernas con un micrómetro ocular; estas medidas a continuación, se analizaron con estadística multivariante para hacer las identificaciones. Este método de identificación fue posteriormente mejorado por la incorporación asistida en ordenador. La simplificación de estos procedimientos dio lugar a el "Fast Sistema de Identificación de la abeja africanizada" (FABIS) para la identificación preliminar en el campo. Cuando colonias son sospechosas de ser africanizadas basado en FABIS, identificación oficial en los E.U. (Francoy *et al.*, 2008)

1.1 Objetivos

Detectar la presencia de abeja africanizada en colmenas de la Comarca Lagunera.

Determinar el porcentaje de abejas africanizadas, sospechosas y europeas en las colmenas de la Comarca Lagunera mediante la técnica FABIS I (Fast Africanized Bee Identification System) y FABIS II.

1.2 Hipótesis

Existe africanización en las apiarios de las colmenas de *Apis mellifera* de la Comarca Lagunera.

II. Revisión de literatura

En México, durante varios cientos de años se han llevado a cabo dos tipos de apicultura, una basada en la abeja europea (*Apis mellifera*) la cual se introdujo en varias regiones de nuestro país durante la época colonial, y otra basada en el aprovechamiento de las abejas nativas, especialmente en la Península de Yucatán, Puebla y Michoacán (Gonzalez *et al.*, 2010). La producción apícola en nuestro país reviste una singular importancia, ya que aunque no es una actividad fundamental dentro del sector y no representa el ingreso principal de los apicultores, permite generar una importante cantidad de empleos y es la tercera fuente captadora de divisas del subsector ganadero (Ulloa *et al.*, 2010).

La producción de miel en el país se encuentra distribuida en tres zonas principales básicamente: zona norte, centro y sur, siendo la de menor producción la zona norte debido a que las condiciones ecológicas y climatológicas son poco favorables, entre las que sobresalen la variabilidad del clima, las temperaturas elevadas y la poca lluvia. La zona sur es la principal productora. Contribuye con el 51.5% de la producción nacional. Destacan los estados de Yucatán con 8,388 toneladas promedio en el periodo indicado, es decir, 15.0% de la participación, y Campeche con 7,179 toneladas, 12.9% de la participación. Guerrero, Chiapas, Oaxaca y Quintana Roo también son importantes productores y generaron el 7.3%, 6.5%, 5.4% y 4.0% respectivamente, de la producción de miel entre 2005 y 2009 (Rural, 2011).

2.1 Origen de la abeja africana

Las abejas de la especie *A. mellifera*, son originarias de África y países limitantes con el mar Mediterráneo, se encuentran distribuidas en todas las zonas del globo donde las condiciones climáticas hacen posible su existencia (Hoyos, 2007). Hasta 1956 se consideraba que solo había abejas melíferas de razas europeas en los países americanos. Sin embargo, en ese año, investigadores brasileños introdujeron al estado de Sao Paulo en Brasil, reinas de *A. m. scutellata*, una raza de abejas melíferas del sur del continente africano. Los

científicos sudamericanos intentaron establecer un programa de mejoramiento genético encaminado a desarrollar abejas más productivas y mejor adaptadas a las condiciones tropicales de Brasil, ya que pensaban que se podría producir más miel con abejas tropicales que lo que se estaba produciendo con abejas de clima templado, como las abejas de razas europeas (Guzmán *et al.*, 2011).

El proceso de africanización se inició en 1957, cuando los descendientes de estas abejas africanas que escaparon accidentalmente se aparearon con abejas europeas locales. Las abejas africanizadas han establecido poblaciones silvestres y se han expandido por el continente, encontrándose actualmente desde el Norte de Argentina hasta el sur de los Estados Unidos (Utrera, 2011).

2.2 Proceso de africanización

Tras el accidente brasileño lo que ocurrió fue que las abejas africanas salvajes se cruzaron con las de las colmenas domésticas que encontraron a su paso lo que condujo a una africanización de la descendencia acompañada de drásticos cambios. Por ejemplo la construcción de las celdillas por parte de las dos clases de abejas es diferente. En el caso de las africanas son más pequeñas y tienden a formarlas incontroladamente en rocas, árboles, edificios, coches abandonados, conducciones de aire etc. Por otra parte las abejas africanas poseen una gran velocidad reproductiva y formación de nuevos enjambres cuyo número puede ser 10 o 15 por año en lugar de uno como ocurre en el caso de las europeas. Más aun estas suelen ser muy nómadas, abandonan rápidamente los nidos y su agresividad alcanza límites muy elevados (Lozano, 1995).

La africanización de las colonias de abejas no ha obedecido a un solo factor, sino a la interacción de varios de ellos, que en conjunto han ocasionado el desplazamiento de las poblaciones de abejas de razas europeas para ser reemplazadas gradualmente por poblaciones con características de la raza africana invasora. La importancia relativa de cada mecanismo puede diferir entre las poblaciones de abejas domésticas y silvestres (Morales, 2012).

En apiarios manejados por apicultores, se ha tratado de mantener la línea europea materna a través de remplazar a las reinas con genotipos europeos o seleccionados. En estas poblaciones la introgresión de genes africanos ocurre vía paterna, principalmente por medio de apareamiento de estas reinas con zánganos de origen africano producidos por colonias silvestres. En contraste, la retención de características africanas aún las poblaciones silvestres ocurre sobre todo por la pérdida de genotipos europeos de origen materno. Independientemente de si se trata de colonias manejadas o silvestres, los factores biológicos y de comportamiento que son los principales causantes de un flujo de genes asimétrico que ha ocasionado que las abejas africanizadas sean invasoras sumamente exitosas (Taylor, 1999).

2.3 Características biológicas y comportamiento

Las abeja africanizada, tiene en general apariencia más temperamental que la abeja europea (*A. mellifera*). Tienen cuatro alas claras que se adjuntan en el tórax, que es la sección media del cuerpo. Las seis patas también están asociadas a la parte inferior del tórax. El abdomen es más grande que el tórax y termina en el aguijón, y la cabeza es más pequeña que ambas secciones. Los dos ojos compuestos son grandes y bulbosos y permiten a la abeja africanizada ver los rayos ultravioleta, lo que les permite volar de noche. Las abejas africanizadas atacarán cuando no sean provocadas, y responden rápidamente y en grandes números a perturbaciones que las abejas europeas ignoran. Al igual que las abejas europeas, las abejas africanizadas pueden picar una sola vez; entregan un veneno idéntico a la de las abejas de la miel europea. Ambos tipos de abejas mueren poco después de salir de sus picaduras y los fines de su abdomen en su víctima (Ojar, 2002)

La abeja africanizada es de color negra, o negra con bandas amarillas en el abdomen y conviven en la misma colmena algunas de color negro con otras cuyo abdomen es con bandas amarillas. Es de menor tamaño que las de origen europeo, es bastante más chica y la reina es de color rojo negruzco o dorado negruzco. Las celdillas son inconfundibles por su tamaño, pareciendo sus panales

a los de una avispa. Tienen comportamientos parecidos a los de las avispas cuando se toca el nido, si se levanta un cuadro con crías las abejas nodrizas vuelan desesperadas dejando casi vacío el panal lo que dificulta muchísimo el trabajo con las mismas. Rechazan la cera estampada estándar adaptada al tamaño de abejas europea más grande y hacen panales propios, pegados a cada cara de la cera estampada. Las reinas europeas o de otras razas de abejas más grandes, son rechazadas por no poder aovar en celdillas tan chicas, lo que dificulta el cruzamiento. Son muy prolíficas y cuando enjambran a veces lo hacen con varias reinas. Son mucho más agresivas que las europeas y tienen la característica de atacar en mayor número de abejas (Valega, 2011).

2.4 Diferencias entre la abeja africana y la abeja europea

La presencia de la abeja africana aunque ha permitido que la apicultura siga siendo una actividad de primer nivel, por sus efectos la ha impactado negativamente ya que la producción de miel ha disminuido a pesar de los esfuerzos por controlar el entrecruzamiento con las abejas nativas. A continuación se presentan las principales características de la abeja africana y sus diferencias con la abeja europea (Martínez, 2004).

Cuadro 1. Principales diferencias entre la abeja africana y la abeja europea

Abeja	Europea	Africana
Reinas		
Postura	1,500 huevos diarios	2,000 huevos diarios
Promedio de vida	6.2 meses	8.4 meses
Zánganos		
Aptitud para copular	Más lentos en vuelo	Más veloces
Producción promedio de espermatozoides	5.5 millones	7 millones
Presencia en las colmenas	Solo en época de floración	Durante todo el año
Obreras		

Ciclo biológico	21 días	19 días
Tamaño	13 mm.	11 mm.
Color	Difícil de diferenciar	
Vuelo	La llegada a su colmena es titubeante	Precisa y más veloz
Pecoreo	Recolectan mayor cantidad de néctar	Acopian mayor cantidad de polen
Propensión al pillaje	Poca tendencia	Muy pilladoras
Capacidad defensiva	Defienden un radio aprox. de 50 m	Defienden un radio territorial de 200 m
Sensible a ruidos y vibraciones	Poco sensible	Muy sensible
Tiempo para tranquilizarse	Pocos minutos	Varias horas
No. de aguijones por minuto	16	80

2.4.1 Tiempo de desarrollo

La formación de una abeja adulta ocurre como en otros insectos holometábolos, mediante un proceso de desarrollo y transformación que inicia con la postura de un huevo por una reina y concluye con la salida de un adulto de una celda del panal. Las abejas obreras de razas europeas tardan, en promedio, 21 días en desarrollarse y emerger desde que una reina pone un huevo, mientras que las obreras africanizadas emergen a los 18.5 días a partir de que el huevo es puesto (Correa y Guzmán, 2006). Una consecuencia de estas diferencias en su tiempo de desarrollo es que las colonias de abejas africanizadas producen obreras a un ritmo más rápido que las colonias de abejas europeas. Para el caso de reinas y zánganos no hay diferencias significativas en cuanto al tiempo de desarrollo entre estos dos tipos de abejas (Wiston, 1992).

2.4.2 Evasión

La evasión o emigración de la totalidad de los individuos de una colonia es una característica que las abejas africanizadas manifiestan con mucha frecuencia. Este comportamiento se debe a que estos insectos son altamente susceptibles a disturbios causados por depredadores, ruido, manejo excesivo, calor intenso, y a la escasez de agua y alimentos. La evasión de colmenas se presenta con muy poca frecuencia en las abejas de razas europeas, pero en africanizadas puede observarse desde 30 hasta 100% de las colmenas (Schneider *et al.*, 2004)

2.4.3 Pecoreo

El pecoreo es la acción de recolección que realizan las abejas para traer a su colmena, néctar, polen, agua y resinas de los arboles (propóleos). Las abejas africanizadas empiezan a pecorear entre los 12 y 14 días después de emergidas, mientras que las europeas lo hacen entre los 14 y 16. Las abejas africanizadas, realizan un mayor número de viajes a las flores por día debido a que están mejor adaptadas a la diversidad de flora en los trópicos y porque dedican menos tiempo a trabajar en cada flor (Giray *et al.*, 1999). Sin embargo, su buche o estómago de la miel, es de menor capacidad y, por lo tanto, transportan menor cantidad de néctar a su colmena en cada viaje, en relación con abejas de razas europeas. (Pesante *et al.*, 1987). En varios estudios se ha demostrado que cuando se toman en cuenta de manera conjunta factores como el número de viajes a las flores, así como la cantidad y calidad del néctar (grado de concentración de carbohidratos) transportado, no existen diferencias entre abejas europeas y africanizadas en cuanto a la cantidad de calorías que cada individuo dedicado a la recolección de néctar aporta a su colonia (Rinderer *et al.*, 1985).

Otra diferencia importante es en cuanto a la fuerza de pecoreo, es decir, la proporción de abejas que pecorean del total de individuos presentes en una colonia en un momento dado. Las investigaciones han mostrado que en general, las colonias de abejas europeas destinan una mayor proporción de sus individuos

a pecorear que las de abejas africanizadas, lo cual les da una ventaja en la recolección de alimentos, particularmente de néctar (Becerra *et al.*, 2005).

2.4.4 Resistencia a enfermedades

Los estudios hasta ahora realizados en Brasil, México y los Estados Unidos de América (EUA), sugieren que en general, las abejas africanizadas son más resistentes o tolerantes a ciertas enfermedades que las europeas. Las razones de esta mayor resistencia aparentemente radican en varios factores, entre los que se pueden mencionar una mayor expresión del comportamiento higiénico y del de acicalamiento, así como una menor susceptibilidad a la invasión y reproducción de agentes patógenos. Estos factores les dan a las abejas africanizadas mayor protección contra enfermedades de la cría y también contra parásitos de los individuos adultos (Page y Guzmán, 1997).

2.4.5 Comportamiento higiénico

Algunas de las obreras que componen cada colonia de abejas melíferas tienen la habilidad de detectar y remover cría muerta o enferma del interior de las celdas de un panal, es decir, muestran comportamiento higiénico. Este comportamiento permite a las abejas defenderse mejor de enfermedades como la lo que americana o europea y como la cría de cal (Spivak y Gilliam, 1993). Pero además les confiere cierto grado de resistencia contra el acaro *Varroa destructor*, el cual se reproduce dentro de las celdas, parasitando larvas y pupas de las abejas (Spivak, 1996). Cuando las obreras que expresan comportamiento higiénico detectan una cría muerta o enferma dentro de una celda, proceden a removerla y sacarla al exterior de la colmena. De esta manera, cortan el ciclo de enfermedades bacterianas o fungales, o bien, del parásito *Varroa*. Se sabe que un mayor porcentaje de abejas en colonias africanizadas expresan este comportamiento en comparación con abejas europeas, lo cual las hace más resistentes (Guzmán y Correa, 1996).

2.4.6 Defensa

Varios estudios han demostrado que la respuesta defensiva de las abejas europeas es menor a la observada en las africanizadas cuando las colonias son expuestas a estímulos defensivos que provocan la guardia, el aguijoneo y la persecución (Breed *et al.*, 2004). Otros estudios han reportado que las características defensivas de las abejas africanizadas son genéticamente dominantes y que al parecer este comportamiento está fuertemente influenciado por efectos paternos (Guzmán *et al.*, 2005)

2.5 Dispersión y distribución

La introducción de la abeja africana (*A. m. scutellata*) a Brasil en 1956 fue seguida en 1957 por el escape accidental de 26 enjambres que se hibridizaron con previas razas de abejas europeas ya establecidas, dieron origen a la abeja africanizada. Esta población nueva se extendió por América Latina y casi cincuenta años después llegó a los Estados Unidos, y ha continuado avanzando de 100 a 300 millas, al año africanizando enjambres existentes o formando nuevos enjambres (Huertas y Bucknor, 2008).

En su expansión por América del sur se detuvo en aquellas regiones cuyas temperaturas invernales son bajas. Este tipo de abeja tiene una rápida dispersión en regiones que sufren de sequías prolongadas, y una más lenta en las zonas de clima tropical húmedo y con una precipitación pluvial alta; se estima su velocidad de dispersión entre 250 y 300 km por año (Estrada, 2013). Se cree que los primeros enjambres de abejas africanizadas entraron a México por Chiapas a finales de 1986, 29 años después de su origen y migración desde Brasil (Moffett *et al.*, 1987). Al principio y por varios años estuvieron dispersándose en el sureste del país. En 1987 ya habían sido localizadas en los tres estados de la península de Yucatán, además de Oaxaca, Tabasco y el sur de Veracruz. Para 1989, llegaron a Guerrero, Michoacán y Tamaulipas, y en el altiplano, los primeros enjambres de abejas africanizadas se encontraron en 1990. Para 1993, ya se habían detectado en todo el territorio nacional, excepto en Baja California Sur, donde el desierto

sirvió de barrera natural para retrasar su llegada, la cual ocurrió hasta 2005 (Zamora *et al.*, 2008). Las abejas africanizadas han ido reemplazando a las europeas a medida que se han expandido por México; hoy día se encuentran bien establecidas en más de 95% de las regiones apícolas del país, por lo que se puede decir que son ejemplo de un organismo invasor muy exitoso (Taylor *et al.*, 1991). Datos morfométricos y de ADN mitocondrial sugieren que hubo un mayor grado de introgresión de genes africanos en las poblaciones de abejas de la costa del golfo en comparación con poblaciones del altiplano y de la costa del pacífico, debido probablemente, a las condiciones más húmedas y de mayor floración del golfo, que favorecieron más su colonización, en relación con otras regiones del país (Quezada, 2007).

Las abejas africanizadas continuaron su avance y llegaron a los Estados Unidos de América (EUA) por Texas en 1990 (Sugden y Williams, 1991). En los 21 años que estas abejas llevan en los EUA, su expansión se ha desacelerado, aparentemente debido a las bajas temperaturas invernales y a diferencias en el fotoperiodo, condiciones a las que no se adaptan bien las abejas tropicales. Sin embargo, estas abejas están bien distribuidas al sur del país (Pinto *et al.*, 2005).

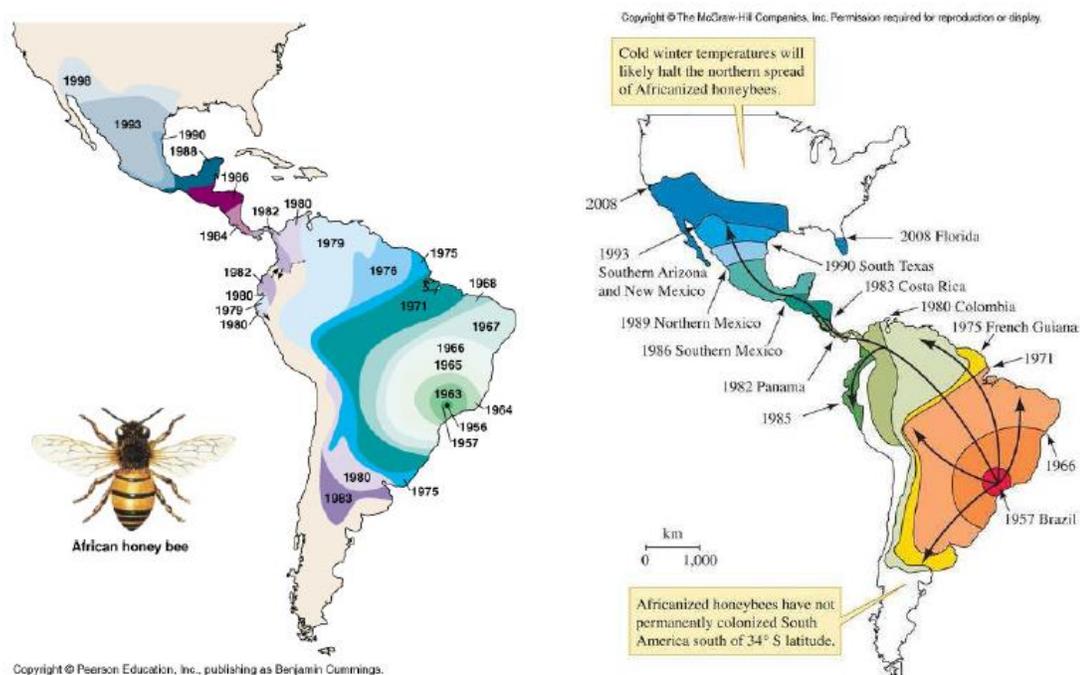


Figura 1. Dispersión de la abeja africana en el Continente Americano.

2.6 Efectos de la africanización

El manejar abejas africanizadas ha obligado a los apicultores a hacer cambios en las prácticas de manejo, lo que ha provocado un aumento entre el 30% y 50% en los costos de producción. El aumento de los costos se debe principalmente, a gastos generados por la reubicación de los apiarios, por el cambio de reinas, a la alimentación suplementaria para evitar la evasión de las colonias, al costo de equipo de protección y al aumento por los costos de labor debido al aumento de salarios, mayor número de visitas a los apiarios y menor número de apiarios visitados por día (Arechavaleta *et al.*, 2009)

En el ámbito social, las abejas africanizadas han causado muchos problemas de salud pública. En efecto, la característica más indeseable de las abejas africanizadas es su alta defensividad, la cual ha ocasionado más de 300 muertes de personas y el deceso de miles de animales en México. En

consecuencia, muchos apicultores abandonaron la actividad debido a los riesgos para su salud y por la dificultad para encontrar sitios apropiados para establecer apiarios, puesto que los dueños de terrenos no aceptan fácilmente el establecimiento de los colmenares (Brizuela y Calme, 2005).

En México, la prevalencia de la abeja africana ya ha tenido efectos negativos. Durante los años de 2001 a 2005, se registraron en nuestro país 128 accidentes por ataque de abejas, afectando 306 personas y con 80 muertes. En 1986, año en que ingresó al país, se tenían 2.5 millones de colmenas, para 1994 este número se había reducido un 40%, la producción de miel bajó de 74 mil a 56 mil toneladas y las exportaciones de miel disminuyeron de 57 mil a 30 mil toneladas (SAGARPA, 2012).

2.7 Medidas de control

De acuerdo con el proceso de africanización, existen cuatro medidas de control dentro de la actividad apícola:

1. **Prevención.** Todas aquellas actividades que los productores realizan para evitar que en sus apiarios se desplome la producción y ocurran accidentes en la población civil. En este rubro, la colocación de trampas caza-enjambres es primordial; los resultados se reflejan en las zonas donde las características apibotánicas sean favorables, por ejemplo, en las delegaciones con zonas arboladas ricas en eucaliptos, tepozanes, truenos y acahuals.
2. **Contención.** La vigilancia permanente de los enjambres silvestres, por medio de su captura y posible reubicación.
3. **Control.** Se exhorta a los apicultores a cambiar sus abejas reinas para mantener las características favorables de las colonias; asimismo, se capacita a los cuerpos de seguridad pública sobre el manejo de los enjambres.
4. **Mejoramiento.** Aprovechamiento óptimo de las colonias africanizadas mediante la selección de las colonias de abejas que muestren

características deseables: docilidad, resistencia a enfermedades, reducida tendencia a enjambrar y excelente producción de miel (Fuentes, 2004).

2.8 Métodos para la identificación de abejas africanizadas

La propagación de las abejas africanizadas en las Américas ha creado la necesidad dentro de la comunidad apícola de tener un procedimiento de identificación precisa, barata y rápida para identificar entre las abejas de miel africanizadas y europeas. El trabajo inicial es de calidad pero consume tiempo, es un método de identificación basado en el análisis descriptivo de 25 caracteres morfométricos. La velocidad del método se mejora considerablemente mediante el uso de la medición asistida por computadora. Sin embargo, estos métodos miden una variedad de características del ala, los enfoques de identificación electroforéticos potenciales, enfoques de cromatografía de gases, restricción potencial ADN y el potencial de proteínas en hemolinfa plantean dificultades técnicas que restringen su uso a laboratorios bien equipados con personal altamente capacitado. El enfoque más simple utiliza un solo carácter (la longitud del ala) y correctamente identificado el 86% de 136 muestras de colonias en $p > 0.90$. El segundo enfoque utiliza cuatro mediciones morfométricas (longitud del ala delantera, longitud parcial alas posteriores, la longitud del fémur y peso limpio) y correctamente identificados 91% de las muestras de colonias en $p > 0.90$. No hubo errores de identificación con cualquiera de los procedimientos (Rinderer *et al.*, 1987).

Estas abejas presentan diferencias morfométricas respecto a sus parientes más cercanos, tales como menor tamaño, con una consiguiente disminución del largo de las alas y reducción del tamaño de otros apéndices. Se destacan negativamente una alta tendencia a la enjambración y elevada defensividad, representando en los hábitats que ocupan un serio peligro para la vida de las personas y los animales (Díaz y Rizo, 2010). El análisis morfológico es uno de los ensayos más básicos de la taxonomía. El análisis descriptivo de tamaño y

variación de la forma es una herramienta fundamental para los estudios de biología del organismo y ha mejorado considerablemente en los últimos años. Con la transición de la morfometría descriptiva para morfometría cuantitativa, la identificación morfológica se ha vuelto más precisa y reproducible mediante el aprovechamiento de las nuevas técnicas computacionales (De Souza *et al.*, 2015)

III. Materiales y Métodos

3.1 Ubicación de la zona de estudio.

El presente estudio se realizó en el área de la Comarca Lagunera, de Coahuila y Durango la cual se localiza en la región central de la porción norte del país, está ubicada entre los meridianos 102° 00' y 104° 47' de longitud oeste y los paralelos 24° 22' y 26° 23' de latitud norte, con una altura media sobre el nivel del mar de 1139 m. los municipios de la comarca lagunera, un extensión de 4,788, 750 Ha en total, perteneciendo 2,585,630 ha al estado de Durango y 2,203,120 ha al estado de Coahuila.

Cabe mencionar que los climas que predominan en la región son los tipos: árido, semiárido, caliente y desértico, con temperaturas promedio que oscilan entre una media de 22° C, una máxima de 33° y una mínima de 9° C, con una precipitación pluvial de 514 mm, aunque el promedio de lluvias es de 224 mm por año.

3.2 Material biológico

El material utilizado fue de las muestras de 116 apiarios de la Comarca Lagunera en el cual se seleccionaron al azar las colmenas para tomar muestras.

3.3 Obtención de muestras

Para la realización de dicho estudio se empezaron a coleccionar muestras desde el mes de marzo a septiembre de 2014.

3.4 Colecta de muestras para análisis

Las muestras se coleccionaron en frascos con alcohol al 70%, en los cuales se tomaron 50 abejas como mínimo. Las muestras que se coleccionaron de las colmenas, se lleva a cabo tomando las abejas de los bastidores introduciéndolas a los frascos con alcohol, cuidando que no fuera la reina. Se tomó una muestra por colmena y los datos que se anotaron en la etiqueta de colecta fueron: Localidad,

comunidad o Ejido, Municipio y Estado, fecha de colecta, número de colmena muestreada, número de colmenas en apiario, nombre del apiario y ubicación.

3.5 Recepción de muestras para el análisis.

Al recibir las muestras en el laboratorio se revisó que los especímenes se encontraran en buen estado y con los datos de colmena completos. Se procedió a registrar las muestras, asignándoles datos como son: número de caso, localidad, fecha de captura, recepción, análisis, emisión de resultados, nombre del colector, resultados promedio, longitud de las alas, longitud del fémur, índice, identidad y observaciones.

3.5.1 Laboratorio de análisis

El lugar donde se llevaron a cabo los análisis para el diagnóstico de africanización fue en el laboratorio de Biología de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna.

3.6 Materiales y equipo

Los materiales utilizados se dividieron en implemento de laboratorio y equipos. Implementos de laboratorio y equipos que fueron utilizados son:

Estereoscopio, proyector de diapositivas, pinzas de relojero, bisturí, tijeras, cubreobjetos de 22 x 40 mm, micrómetro ocular de escala 1/100, cajas de Petri, monturas dobles para diapositivas, regla de plástico transparente de 50 cm, cinta adhesiva transparente de 22 mm de ancho, papel secante.

3.7 Método de Identificación Morfométrico FABIS

Su nombre lo constituyen siglas de la denominación “*Fast Africanized Bee Identification System*” cuya traducción es sistema rápido para la identificación de abejas africanizadas, desarrollado por el Dr. Rinderer en 1986, al seleccionar las características morfológicas longitud de ala anterior y longitud de fémur posterior, del Método Morfométrico desarrollado por el Dr. Howard Daly cuyo análisis se realiza en 25 características morfológicas de las abejas. El Dr. Rinderer encontró

que tales características son las más representativas por presentar mayor discriminación entre abejas africanas y europeas, implementando además la correlación con el peso de las abejas. Este método presenta la ventaja de realizarse con mucha rapidez, así como también la obtención de resultados.

En el presente trabajo solamente se consideraron las medidas de los caracteres morfológicos alas anteriores y fémures posteriores. La medición de la longitud de las alas anteriores y su respectivo resultado llamado FABIS I.

La relación que forman las medidas de longitudes de alas anteriores y fémures posteriores, así como las constantes del índice discriminatorio, es el denominado FABIS II.

3.8 Método FABIS I

La identificación de abejas por este método se determina midiendo la longitud de ala de un lote de 12 abejas tomado de una muestra al azar y comparar el promedio obtenido con los valores críticos, mismos que proporcionan el resultado y por consiguiente su identificación.

Su procedimiento se realizó tomando un lote de 12 abejas de una muestra, colocándose sobre un pedazo de papel absorbente durante un minuto, para que se evapore el alcohol en el que están fijadas.

Se procedió a la disección, desprendiendo con una pinza de relojero un total de 12 alas anteriores del lado derecho de las abejas sujetando firmemente con una pinza al espécimen por el tórax y con otra pinza se desprende el ala desde la base alar en la que debe conservarse la escotadura de la vena dorsal. Con la ayuda del estereomicroscopio se verificaron las alas, cerciorándose de que estas estuvieran en condiciones perfectas de los bordes.

Con un bisturí de punta fina se realizó un corte transversal en la base de las alas con el fin de quitar la parte esclerotizada y dejarlas lo más planas posible al montarlas. Cada lote de 12 alas se colocaron en filas de seis sobre bisagras compuestas de dos cubreobjetos y unidas de los extremos con cinta adhesiva, las

preparaciones fueron puestas en monturas plásticas para diapositiva, se les marcó con lápiz en la parte inferior de las monturas plásticas, el número de caso analizado y fecha de recepción, posteriormente dichas preparaciones fueron colocadas en las separatas del carrusel del proyector de transparencias, después del micrómetro ocular.

El proyector se instaló sobre un plano horizontal, aproximadamente 1.40 metros de altura sobre el piso, a una distancia de 5 a 6 metros de una pared lisa de color blanco o en su caso un pizarrón acrílico. Se continuó con la proyección, colocando en el carrusel primeramente el micrómetro ocular con la escala al frente, el cual ha sido adherido con una cinta adhesiva transparente a un cubreobjetos y colocado, este último en una montura para diapositiva.

La imagen se proyecta en la pared ajustando la imagen métrica haciéndola coincidir con una regla de 50 cm, después de ajustar la escala se proyectaron las preparaciones de las alas de las abejas, midiendo desde la escotadura de la vena costal hasta la parte distal del ala, considerando los milímetros de la escala de la misma, realizando este procedimiento en 10 longitudes de alas anteriores de cada montaje o preparación.

Cada medida fue concentrada en un formato para obtener el promedio mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PROM. LONG. DE ALAS} = \frac{\text{SUMATORIA LONGITUD DE ALAS X 2}}{100}$$

Σ = Es la sumatoria de las longitudes de ala, del número de abejas.

2 = Para llevar la cantidad a la unidad métrica.

100 = Se divide entre esta cantidad para hacer la conversión a milímetros y obtener el promedio del número de alas medidas.

Los resultados que se obtuvieron fueron comparados con los valores críticos obtenidos del PNPCAA, 1990 que a continuación se indican:

ABEJAS EUROPEAS: 9.040

ABEJAS SOSPECHOSAS: 9.030 – 8.691

ABEJAS AFRICANAS 8.690

Si el promedio de longitud de alas coincide con cualquiera de los valores críticos antes mencionados, entonces el proceso termina. Si el promedio de ala obtenido de una muestra se encuentra entre el rango determinado para ambas colonias, entonces se emite el resultado de identificación como sospechosas y se somete al análisis FABIS II.

3.9 Método FABIS II

Este método considera las medidas de dos estructuras morfológicas que son los promedios de longitud de ala y longitud de fémur, sustituyéndose los valores en la función del índice discriminatorio.

Para el montaje de los fémures se tomó un lote de 12 abejas de las muestras que hayan resultado sospechosas con el FABIS I, y se colocan sobre papel secante, se procede a desprender de cada una de las abejas una de las patas posteriores, la cual debe coincidir con el lado de las alas anteriores desprendidas en FABIS I, desde la coxa con las pinzas se desprenden los segmentos unidos a la tibia y el fémur, es decir el trocánter y el basitarso, dejando únicamente la tibia y el fémur, teniendo cuidado de que este último conserve en la parte superior una protuberancia denominada cóndilo. Para este proceso es necesario el uso del microscopio estereoscopio de disección. Conforme se desprenden y limpian el exceso de músculo que presente en el cóndilo, se acomodan en una caja Petri.

Posteriormente fueron colocados sobre una cinta adhesiva en forma de “V”, formando filas de seis y sobre ellos un cubreobjetos para evitar el movimiento de las estructuras morfológicas.

De acuerdo con los números de casos obtenidos de las mediciones de las longitudes de las alas anteriores, las preparaciones de los fémures fueron puestas en monturas plásticas al igual que las alas anteriores.

Se colocaron en las separatas del carrusel después del micrómetro ocular, este fue proyectado y calibrado sobre la pantalla de la misma manera que se llevó a cabo la técnica anterior; después de ajustar la escala fueron proyectados los montajes de los fémures y medidos con la regla de 50 cm desde el cóndilo (parte superior del fémur) hasta la unión con la tibia.

De las doce estructuras femorales puestas en las preparaciones se midieron un total de diez de ellas, los datos fueron anotados al igual que las alas anteriores en el mismo formato y para sacar el promedio total de la medición de los fémures. Se hizo con la siguiente formula:

$$\text{PROMEDIO LONG. DE FEMUR} = \frac{\text{SUM.LONG. DE FEMUR X 2}}{100}$$

Para concluir con los resultados del método FABIS II, los promedios de las longitudes de alas anteriores y los promedios de las longitudes de los fémures posteriores se sustituyeron en la función discriminatoria y se comparan con los valores críticos.

$$\text{INDICE} = 71.6675 - (2.58472 \times \text{PROM. LONG DE ALAS}) - (18.065 \times \text{PROM LONG. DE FEMUR})$$

Los resultados obtenidos de este Índice discriminatorio fueron comparados con los valores críticos que determinan la diferencia entre las abejas europeas (*Apis mellifera ligustica*) de abejas africanas (*Apis mellifera scutellata*).

VALORES CRITICOS:

ABEJAS EUROPEAS: 0.563

ABEJAS SOSPECHOSAS: 0.564 – 2.098

ABEJAS AFRICANAS: 2.099

Si el índice obtenido es igual o menor a + 0.563 entonces el proceso termina y las abejas se identificarán como europeas.

Si el índice obtenido es igual o mayor a + 2.099 entonces el proceso termina y las abejas se identificarán como africanas

Los valores de los índices que queden entre el valor crítico, para las abejas europeas y el valor crítico para abejas africanizadas serán consideradas como abejas sospechosas, las cuales se pueden someter al análisis Morfométrico Computarizado, para obtener una identificación definitiva.

IV. Resultados y Discusión

4.1 FABIS I

De acuerdo al análisis en el laboratorio, y con el propósito de determinar la africanización en colmenas de abejas, se procesaron 116 muestras de abejas procedentes de apiarios de la Comarca Lagunera. Al emplear el método de FABIS I en las colmenas para determinar la presencia de abejas africanas, se observaron los siguientes resultados (Cuadro 2):

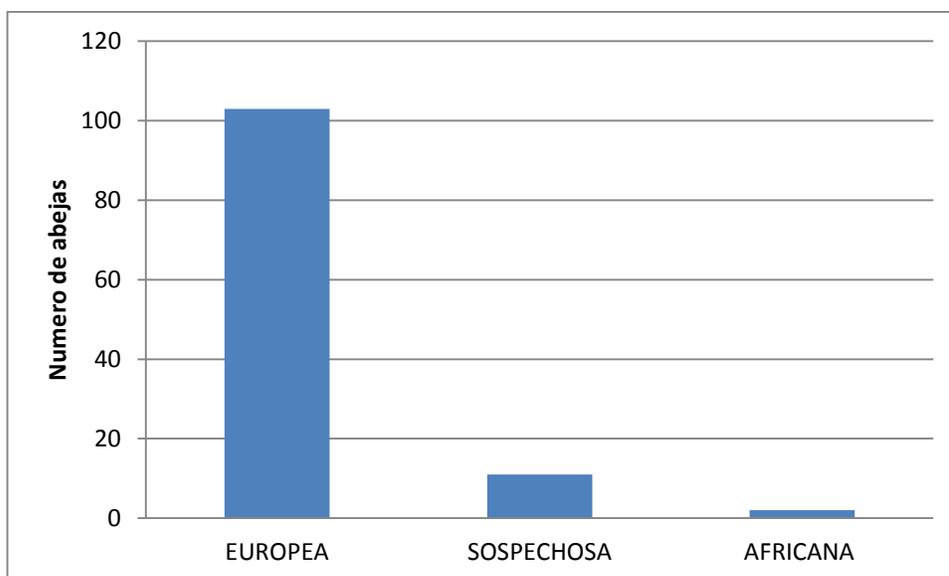
Cuadro 2. Determinación de la africanización mediante el método FABIS I valores de longitud promedio de ala en colmenas de la Comarca Lagunera. 2014.

Muestras	Medición	Tipo	Muestras	Medición	Tipo
1	9.602	Europea	59	9.416	Europea
2	9.64	Europea	60	9.49	Europea
3	9.644	Europea	61	9.26	Europea
4	9.796	Europea	62	9.098	Europea
5	9.602	Europea	63	9.382	Europea
6	9.442	Europea	64	9.298	Europea
7	9.43	Europea	65	9.282	Europea
8	9.502	Europea	66	9.44	Europea
9	9.31	Europea	67	9.364	Europea
10	9.384	Europea	68	9.316	Europea
11	9.632	Europea	69	9.012	Sospechosa
12	9.624	Europea	70	9.3	Europea
13	9.748	Europea	71	9.536	Europea
14	9.504	Europea	72	8.95	Sospechosa
15	9.14	Europea	73	9.404	Europea
16	9.668	Europea	74	9.352	Europea
17	9.358	Europea	75	9.128	Europea
18	9.502	Europea	76	8.862	Sospechosa
19	9.254	Europea	77	9.188	Europea
20	9.194	Europea	78	9.174	Europea
21	9.414	Europea	79	9.098	Europea
22	9.068	Europea	80	9.224	Europea
23	9.07	Europea	81	9.32	Europea
24	9.18	Europea	82	9.28	Europea
25	9.32	Europea	83	9.446	Europea
26	9.38	Europea	84	9.174	Europea
27	9.36	Europea	85	9.014	Sospechosa
28	9.42	Europea	86	9.04	Europea
29	9.166	Europea	87	9.39	Europea

30	9.102	Europea	88	9.36	Europea
31	9.342	Europea	89	9.08	Europea
32	9.232	Europea	90	8.89	Sospechosa
33	9.246	Europea	91	9.204	Europea
34	9.354	Europea	92	9.47	Europea
35	9.346	Europea	93	9.226	Europea
36	8.64	Africana	94	9.72	Europea
37	9.464	Europea	95	9.166	Europea
38	9.066	Europea	96	9.238	Europea
39	9.298	Europea	97	9.35	Europea
40	8.898	Sospechosa	98	9.162	Europea
41	9.516	Africana	99	9.086	Europea
42	9.23	Europea	100	9.172	Europea
43	8.72	Sospechosa	101	9.166	Europea
44	9.02	Sospechosa	102	9.184	Europea
45	9.17	Europea	103	8.998	Sospechosa
46	9.18	Europea	104	9.328	Europea
47	9.13	Europea	105	9.204	Europea
48	9.132	Europea	106	9.424	Europea
49	8.98	Sospechosa	107	8.988	Sospechosa
50	9.18	Europea	108	9.162	Europea
51	9.406	Europea	109	9.088	Europea
52	9.56	Europea	110	9.162	Europea
53	9.19	Europea	111	9.23	Europea
54	9.07	Europea	112	9.17	Europea
55	9.322	Europea	113	9.274	Europea
56	9.088	Europea	114	9.13	Europea
57	9.068	Europea	115	9.054	Europea
58	9.04	Europea	116	9.044	Europea

Se puede observar que al emplear el método FABIS I Para determinar la presencia de la abeja africana, los resultados indican una predominancia de abejas europeas, aunque aparecen sospechosas y dos muestras resultaron positivas por este método.

Al observar la Gráfica 1, del total de muestras, 103 casos fueron europeas que representado en porcentaje equivalen al 88.7%, 11 casos fueron sospechosas que equivale al 9.4% y africanas 2 casos (1.7%).



Grafica 1. Resultados de africanización de colmenas mediante el método FABIS I en la Comarca Lagunera 2014.

Estos resultados indican que mediante la medición del ala anterior (método FABIS I) existen abejas sospechosas y que pueden ser africanas, por lo que pasaron al siguiente análisis del fémur (método FABIS II).

4.2 FABIS II

Con respecto a los resultados para abejas sospechosas su porcentaje representa un 9.4% lo que correspondió a 11 casos determinados por el método de FABIS I, que como se expuso antes pasaron a ser determinados mediante el método FABIS II.

Para el caso de abejas africanas su porcentaje fue de 1.7% ya que solo fueron 2 casos determinados por el método FABIS I.

Como indican Rinderer y colaboradores (1987) cuando la muestra resulte sospechosa se debe correr entonces la prueba de fémur y el cálculo de índice

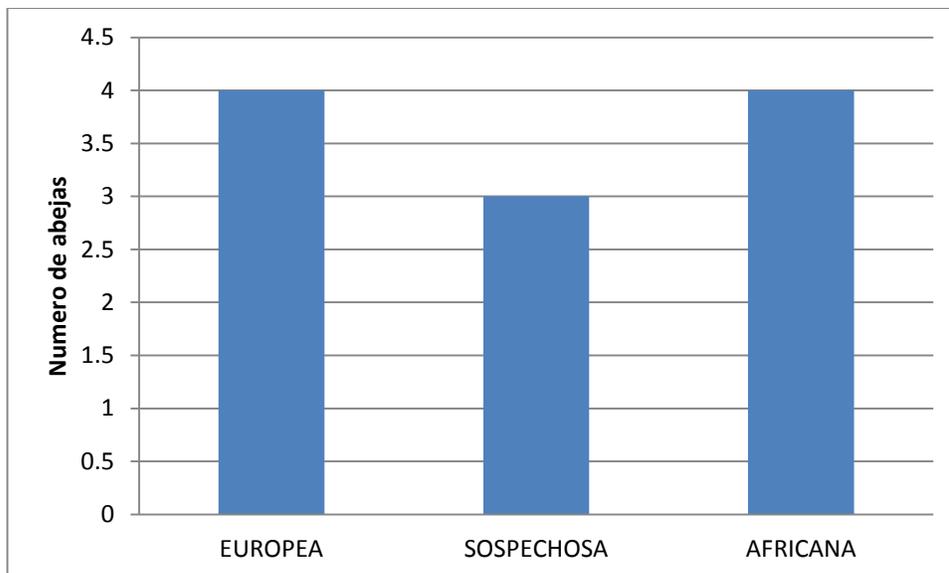
discriminatorio para cerciorarse del resultado de africanización, esto puede observarse en el cuadro 3.

Cuadro 3. Valores de longitud promedio del fémur con el método FABIS II en colmenas de la Comarca Lagunera. 2014.

Muestra	Fémur	Índice	Tipo
40	2.706	-0.21523	Europea
43	2.736	-0.2971	Europea
44	2.714	-0.67508	Europea
49	2.702	-0.35492	Europea
69	2.612	1.188223	Sospechosa
72	2.578	1.962686	Sospechosa
76	2.506	3.490821	Africana
85	2.57	1.941784	Sospechosa
90	2.48	3.888139	Africana
103	2.506	3.139299	Africana
107	2.476	3.707097	Africana

De los 11 casos sospechosos, de nueva cuenta resultaron muestras europeas, sospechosas y se determinan muestras positivas a africanización.

Al llevarse a cabo la técnica FABIS II, los valores se transformaron y se obtuvieron cuatro casos de abejas africanas, cuatro casos que confirman de europeas, permanecen en calidad de sospechosas tres casos (Gráfica 2).



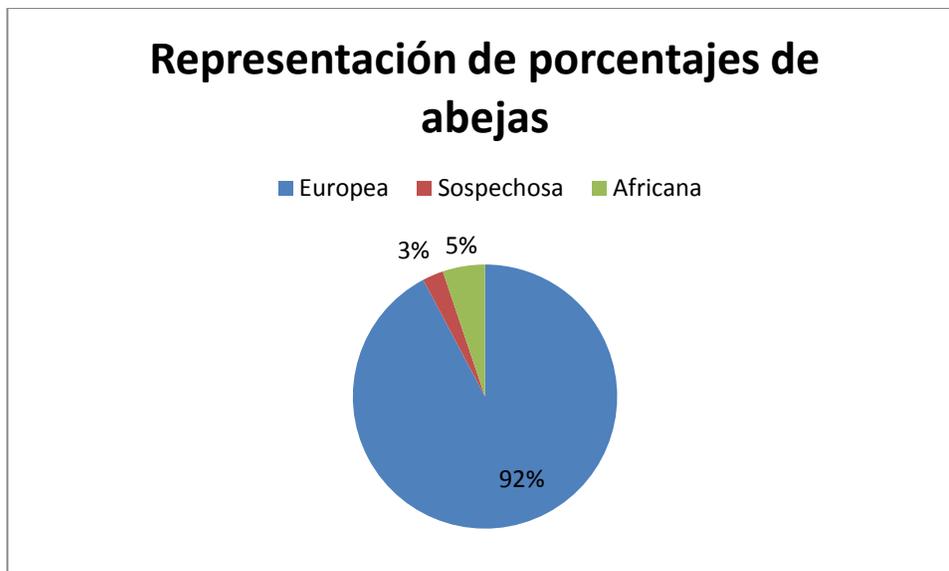
Grafica 2. Resultado de africanización en 11 casos sospechosos mediante el método FABIS II en la Comarca Lagunera 2014.

4.3 Análisis del total de muestras de las colmenas

Los resultados obtenidos en colmenas del periodo que comprendió de marzo a octubre de 2014, donde de las 116 muestras analizadas indican que las abejas de origen europea representaron el 92.2% equivalente a 107 muestras, abejas sospechosas presentaron un 2.5% de análisis lo que correspondió de un total de 3 casos y 6 casos resultaron africanizadas lo que representa un 5.1% (Cuadro 4). Los porcentajes totales se pueden observar en la grafica

Cuadro 4. Número total de muestras analizadas en los métodos FABIS I y sospechosas en FABIS II en colmenas de la Comarca Lagunera de 2014.

TIPO DE ABEJA	FABIS I	FABIS II
Europea	103	4
Sospechosa	11	3
Africana	2	4
No. Total de muestras	116	11



Grafica 3. Porcentaje del muestreo general analizadas por los métodos de FABIS I y FABIS II, en colmenas de la Comarca Lagunera de 2014.

Cabe mencionar que las muestras que fueron identificadas durante la aplicación del método de FABIS II se presentan en el cuadro 4 que identifica al apicultor y los municipios que se encuentran con colmenas cuya población de abejas esta con abejas africanizadas.

Cuadro 5. Muestras africanizadas con respecto a los municipios identificados en la Comarca Lagunera 2014.

Muestras	Tipo de abeja	Apiarios	(municipio)
36	Africana	José Gpe. Reyes 1 Santa María	Francisco I. Madero
41	Africana	Raymundo Crispín 3 Los pinabetes	Matamoros
76	Africana	2 Fernando Duran	San Pedro
90	Africana	Eliseo Romero Adame 3 La Crisis	Matamoros
103	Africana	J. Jesús Berlanga 3 Lienzo Charro	Gómez Palacio Dgo.
107	Africana	1 Baracaldo	Matamoros

Estos valores reflejan que las colmenas de la región tienen un cierto grado de africanización y que el cambio de reina en corto plazo es necesario; con esto se determina que las abejas africanizadas están presentando un desplazamiento por parte de las abejas de origen Europeo, dando como resultado colmenas con abejas africanas o africanizadas.

Con respecto a los resultados para abejas africanizadas, según la NOM-002-ZOO (1994) se debe de proceder a la destrucción de la colmena para evitar que se propaguen o sustituir la reina por una de origen europeo. En el caso de las colmenas sospechosas, deberían ser procesadas por el método computarizado diseñado por Daly y Balling, que involucra 25 factores de medición y utiliza análisis discriminatorios para determinar el grado de hibridación o someterlos a análisis donde se de detección mediante la toma de ADN.

Sin embargo, el uso de uno o dos caracteres no es suficiente para determinar africanización, existen otros métodos para la identificación de abejas africanizadas para esto las muestras pueden ser enviadas a un laboratorio de abejas para un análisis de DNA (Payró *et al.*, 2009). Pues la discriminación morfométrica entre las abejas africanas y abejas europeas es basada en diferencias ligeras en tamaño de medida entre las dos razas particularmente en las alas y patas, ya que el tamaño de las abejas puede ser influido por dos factores ya que es fuertemente controlado genéticamente (Loper, 1998).

El mecanismo por el cual las abejas africanizadas llegan a ser dominantes en un área, es porque las reinas se desarrollan dejando crías preferentemente en colonias mezcladas por ellas. Por otro lado las reinas de líneas europeas atareadas con zánganos de líneas africanas resulta una población africanizada, que da como resultado que estas abejas de padres africanos influyan en colonias que son sumamente defensivas (Antonio, 2008).

Aunque la morfometría tradicional es la base de la identificación actual de todas las subespecies de *Apis mellifera*, existen otros métodos de medidas automatizadas y morfometría geométrica para distinguir o para caracterizar estos

grupos. Las altas tasas de clasificación correcta que encontramos indican que las alas delanteras llevan información suficiente para distinguir los grupos de abejas que hemos examinado (Francoy *et al.*, 2009).

Actualmente, las abejas africanizadas son diagnosticadas oficialmente a través métodos morfométricos solamente. La genética de la abeja no se utiliza a menudo en determinaciones oficiales de africanización. Debemos combinar datos de morfometría y molecular para identificar el nivel de africanización. Determinar el proceso de africanización ya sea incompleta o absoluta se puede hacer con el uso de mitocondrial y nuclear ADN, y servirá como una buena herramienta para el seguimiento de la introgresión de genes africanizadas en abeja melífera europea (Darger, 2013).

V. Conclusiones

Con los resultados obtenidos mediante la metodología morfométrica FABIS I y II empleada se puede decir que:

- I. Existe africanización en las colmenas de la Comarca Lagunera.
- II. Las abejas de origen europeo representan un 92%, un 5% de abejas de origen africanizado y un 3% de abejas sospechosas.
- III. Los apiarios de los municipios de Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro en Coahuila y Gómez Palacio, Durango se encuentran africanizadas siendo el municipio de Matamoros con el mayor índice de abejas africanizadas.

VI. Literatura Citada

- Antonio, G. M. I. 2008. Estado actual de la africanización de las abejas *melliferas* en la Comarca Lagunera. Torreon, Coahuila de Zaragoza, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 8-33.
- Arechavaleta, V. M. E., R. C. A. Robles, F. F. García y B. A. Correa 2009. "Mejoramiento genético de poblaciones de colonias de abejas para alta producción de miel y bajo comportamiento defensivo en zonas africanizadas." NOTIABEJA 1: 1-8.
- Becerra, F., N. E. Guzmán, B. A. Correa y R. J. A. Zozaya 2005. "Length of life, age at first foraging, and foraging life of africanized and European Honeybee (*Apis mellifera* L.) workers during conditions of resource abundance." J Apic Res 44: 151-156.
- Breed, M. D., N. E. Guzmán y G. J. Hunt 2004. "Defensive behavior of honey Bees: Organization, Genetics, and Comparisons with other Bees." Annu Rev Entomol 49: 271-298.
- Brizuela, F. y S. Calme 2005. "Competencia por sitios de anidación artificial entre abejas africanizadas *apis* neotropical y especies que usan cavidades." CONABIO BJ002 1: 1-8.
- Contreras, E. F., A. B. Pérez, C. M. Echazarreta, A. J. Cavazos, M. J. O. Macías y G. J. M. Tapia 2013. "Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México." Rev. Mex. Cienc. Pecu. 4: 367-398.
- Córdova, S. E. 2011. Manejo de la abeja reina sobre la defensividad de la colonia y producción de miel en apiarios de Tabasco, México. Manlio F. Altamirano, Ver., México, Colegio de Posgraduados 69
- Correa, B. A. y N. E. Guzmán (2006). Zootecnia apícola. En: Introducción a la Zootecnia. México DF, FMVZ-UNAM.
- Darger, K. 2013. "Determining low levels of africanization in unmanaged honey bee colonies using three diagnostic techniques." Master of Science in Entomology 1: 18-23.
- De Souza, D. A., Y. Wang, O. Kaftanoglu, D. De Jong, G. V. Amdam, L. S. Goncalves y T. M. Francoy 2015. "Morphometric identification of queens, workers and intermediates *In vitro* reared honey bees (*Apis mellifera*)." PLOS ONE 10: 1-14.
- Díaz, R. S. y B. J. Rizo 2010. "Evaluación morfométrica y de coloración para determinar grado de africanización de abejas obreras de un apiario de selección de ciudad de la Habana." CUBAZOO 21: 33-41.
- Esquivel, R. S., M. J. O. Macías, G. J. M. Tapia, E. F. Contreras, M. M. J. De Leon y C. A. Silva 2015. "Selección de abejas (*Apis mellifera* L) con baja defensividad y su relación con el ambiente en Jalisco, México." ABANICO VETERINARIO 5: 1-7.
- Estrada, K. E. 2013. Dispersión de insectos. Facultad Ciencias, Departamento Matemáticas. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 71.
- Francoy, T. M., D. Wittmann, M. Drauschke, S. Müller, V. Steinhage, M. A. F. Bezerra y D. De Jong 2008. "Identification of africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures." Apidologie 39: 488-494.
- Francoy, T. M., D. Wittmann, V. Steinhage, M. Drauschke, S. Müller, D. R. Cunha, A. M. Nascimento, V. L. C. Figueiredo, Z. L. P. Simoes, D. De Jong, M. C. Arias y L. S. Goncalves 2009. "Morphometric and genetic changes in a population of *Apis mellifera* after 34 years of africanization." Genetics and Molecular Research 8: 709-717.
- Fuentes, I. L. E. 2004. "La abeja africanizada en el Distrito Federal." IMAGEN Veterinaria 4: 26-28.
- Giray, T., Z. Huang, N. E. Guzmán y G. Robinson 1999. "Physiological correlates of genetic variation for rate of behavioral development in the honey bee, *Apis mellifera*." Behav Ecol Sociobiol 47: 17-28.

- González, R. F. J., R. S. Rebollar, M. J. Hernández y S. E. Guzmán 2014. "La comercialización de la miel en el sur del Estado de México." Soc. Mex. Adm. Agrop. 18: 806-815.
- Gonzalez, R. L. E., O. A. Mora, P. A. Guerra y T. H. A. Garza 2010. "La apicultura en Tamaulipas, una actividad muy dulce y nutritiva." Ciencia Uat: 8-12.
- Guzmán, N. E. y B. A. Correa 1996. "Honey bee selective breeding for resistance against the mite *Varroa jacobsoni* O." Vet. Méx. 27: 149-158.
- Guzmán, N. E., G. J. Hunt, R. E. J. Page, R. J. L. Uribe, M. D. Prieto y G. F. Becerra 2005. "Paternal Effects on defensive Behavior of Honeybees." J. Hered 96: 376-380.
- Guzmán, N. E., B. A. Correa, M. L. G. Espinosa y N. G. Guzmán 2011. "Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México." Vet. Méx. 42: 149-178.
- Hoyos, S. D. P. 2007. Manejo sostenible de la producción de miel de abejas para el pequeño productor. Bogota, Universidad de la Salle 109
- Huertas, F. V. y M. J. Bucknor 2008. "Insuficiencia renal aguda asociada a picadura de abeja africanizada." AMC 50: 57-60.
- Loper, G. M. 1998. "Genetic evidence of the africanized of feral colonies in south Arizona between 1993 and 1995." Am Bee J 137: 669-671.
- Lozano, T. J. A. 1995. "(en línea) Las abejas africanas asesinas." In: Ciencia de hoy. (<https://books.google.com.mx/books?id=nMnzhy9JnBYC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=proceso+de+africanizacion+en+abejas&source=bl&ots=ghPUIsNHi&sig=XGeQWPgZfsevasqL9GL169XJ2Tk&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwi61cnCoN7JAhURx2MKHXymCkI4HhDoAQgoMAI#v=onepage&q&f=false>) <<https://books.google.com.mx/books?id=nMnzhy9JnBYC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=proceso+de+africanizacion+en+abejas&source=bl&ots=ghPUIsNHi&sig=XGeQWPgZfsevasqL9GL169XJ2Tk&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwi61cnCoN7JAhURx2MKHXymCkI4HhDoAQgoMAI>>: (consulta 16 de diciembre de 2015).
- Martínez, J. M. 2004. Modernización de colmenas rústicas en apoyo a la economía familiar, en los municipios de Chicontepec y Panuco, Ver. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Veracruz, Ver., UNIVERSIDAD VERACRUZANA, 34.
- Moffett, J. O., D. L. Maki, T. Andere y M. M. Fierro 1987. "The Africanized bee in Chiapas, México." Am Bee J 127: 517-520.
- Morales, P. G. E. 2012. Detección de abeja africana (*Apis mellifera scutellata*) en la Comarca Launera. Torreón, Coahuila, UAAAN- UL, 40.
- Ojar, C. 2002. "(en línea) Introduced species summary project africanized honey bee (*apis mellifera scutellata*)." (http://www.columbia.edu/itc/cerc/danoff-burg/invasion_bio/inv_spp_summ/Apis_mellifera_scutellata.htm) (consultado 13/12/2015 1: 1-4).
- Page, R. E. y N. E. Guzmán 1997. "The Genetic basis of Disease Resistance. In: MORSE RA, FLOTTUM K, editors. Honey Bee Pests, Predators, and Diseases." AI Root Co: 469-492.
- Payró, C. E., J. Vázquez, C. F. Sánchez, J. M. Zaldívar y J. F. Gómez 2009. "Determinación del nivel de africanización de las abejas (*Apis mellifera* L.) en el estado de Tabasco, mediante análisis ADN mitocondrial (ADNMT)." Expomiel. Tamaulipas, México: 78-90.
- Pesante, D., T. E. Rinderer y A. M. Collins 1987. "Differential nectar foraging by africanized and European honeybees in the neotropics." J Apic Res 26: 210-216.
- Pinto, A. M., W. L. Rubink, J. C. Patton, R. N. Coulson y J. S. Johnston 2005. "Africanization in the United States: replacement of feral European honey bees (*Apis mellifera* L.) by an african hybrid swarm." Genetics 170: 1653-1665.

- Quezada, E. J. J. G. 2007. "A retrospective history of the expansion of africanized honeybees in México." *J Apic Res* 46: 295-300.
- Rinderer, T. E., A. M. Collins y K. W. Tucker 1985. "Honey production and underlying nectar harvesting activities of africanized and European honeybees." *J Apic Res* 23: 161-167.
- Rinderer, T. E., H. A. Sylvester, S. M. Buco, V. A. Lancaster, E. W. Herbert, A. M. Collins y R. L. Hellmich 1987. "Improved simple techniques for identifying africanized and european honey bees." *Apidologie* 18: 179-196.
- Rural, F. 2011. "(en línea) Monografía de la miel " (<http://es.scribd.com/doc/62420808/Monografia-de-La-Miel#scribd>) (consulta 13/12/2015) 1: 1-9.
- SAGARPA 2012. "(en línea) Evaluacion de consistencia y resultados 2011-2012 Programa nacional para el control de la abeja africana." (http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Evaluacin%20de%20Consistencia%20y%20Resultados%2020112012/ECyR%202011-2012/RepMocyr_Abeja_Africana_Anexo.pdf) (consulta 13/12/2015) 1: 1-66.
- Schneider, S. S., H. G. Degrandi y D. R. Smith 2004. "The african honey bee: factors contributing to a successful biological invasion." *Ann Rev Etomol* 49: 351-356.
- Spivak, M. y M. Gilliam 1993. "Facultative expression of hygienic behaviour of honey bees in relation to disease resistance." *J Apic Res* 32: 147-157.
- Spivak, M. 1996. "Honey bee hygienic behavior and defense against *Varroa jacobsoni*." *Apidologie* 27: 245-260.
- Sugden, E. A. y K. R. Williams 1991. "October 15: the day the bee arrived." *Glean Bee Cult* 119: 18-21.
- Taylor, O. R., A. Delgado y F. Brizuela 1991. "Rapid loss of European traits from feral neotropical African honey bee populations in México." *Am Bee J* 131: 783.
- Taylor, O. R. 1999. "Displacement of European honey bee subspecies by an invading African subspecies in the Americas." *Cheshire* 1: 38-46.
- Ulloa, J. A., C. P. M. Mondragón, R. R. Rodríguez, V. J. A. Reséndiz y U. P. Rosas 2010. "La miel de abeja y su importancia." *Fuente Año 2* 4: 11-18.
- Uribe, R. J. L., N. E. Guzmán, G. J. Hunt, B. A. Correa y R. J. A. Zozaya 2003. "Efecto de la africanización sobre la producción de miel, comportamiento defensivo y tamaño de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano." *Vet. Méx.* 34: 47-59.
- Utrera, Q. F. 2011. Variación morfológica y enzimática en una población de abejas (*Apis mellifera*) en proceso de africanización, COLEGIO DE POSGRADUADOS. 87.
- Valega, O. 2011. "(en línea) Selección y manejo de abejas africanizadas." (<http://www.veterinariargentina.com/revista/2011/02/seleccion-y-manejo-de-abejas-africanizadas/>): (consultado 15/12/2015).
- Wiston, M. L. 1992. "The biology and management of africanized honey bees." *Ann Rev Etomol* 37: 173-193.
- Zamora, O., R. Dominguez, G. L. Alaniz y E. J. J. G. Quezada 2008. "Frequency of European and African-derived morphotypes and haplotypes in colonies of honey bees (*Apis mellifera*) from NW México." *Apidologie* 39: 388-396.

