



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CAMPUS IZTACALA

“ESTUDIO MORFOMETRICO DE AGUIJONES Y ALAS
DE ABEJAS AFRICANAS Y EUROPEAS”

T E S I S
PRESENTADA POR
ANA MARIA CRUZ PALACIOS
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O



1994



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS FORMA PARTE DE LAS INVESTIGACIONES DEL CENTRO DE GENÉTICA DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS, MONTECILLO, MÉXICO Y FUE DIRIGIDA POR EL DR. TARCICIO CERVANTES SANTANA.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Tarcicio Cervantes Santana, por sus enseñanzas, dirección, su paciencia y constante apoyo en la realización de esta investigación.

Al M.C. Celia Romero Vera, por su gran participación en el desarrollo de esta investigación y por toda la ayuda recibida en la comprensión del maravilloso mundo de las abejas.

A las abejas porque sin ellas esta investigación no hubiera sido posible.

A mis maestros y amigos con afecto.

DEDICATORIA

A mis padres con respeto Evencio y Eustolia porque a ustedes les debo la vida y todo lo que soy. Con todo el amor del mundo.

A toda mi familia quienes han sido la principal causa de mi superación.

INDICE

	PAG.
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 La apicultura en México	4
2.2 La abeja africana	5
2.3 La abeja africana en México	7
2.4 Características de abejas africanas y europeas	10
2.4.1 Comportamiento de emigración	12
2.4.2 Comportamiento de defensa	15
2.5 Morfología y función de aguijones y alas	18
2.5.1 Aguijón	18
2.5.2 Alas	22
2.6 Selección	23
III. MATERIALES Y METODOS	25
3.1 Ubicación del área de estudio	25
3.2 Origen de las poblaciones de abejas	26
3.3 Muestreo de la población	29
3.4 Preparación de aguijones y alas	31
3.5 Medición de aguijones y alas	34

	PAG.
3.5.1 Aguijones	34
3.5.2 Alas	36
3.6 Análisis de la información	37
IV. RESULTADOS	40
4.1 Correlación entre caracteres	40
4.2 Medias y desviaciones	41
4.3 Regresión descendiente-ancestro	46
V. CONCLUSIONES	53
VI. BIBLIOGRAFIA	55

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAG.
1	Número de colmenas hijas por cada colmena progenitora, muestreadas en cada población.	30
2	Coefficientes de correlación entre aguijón, aguja, bulbo y ala de abejas obreras africanas y europeas.	41
3	Media (\bar{X} en milímetros), desviación estandar(s) y valor mínimo y máximo de los caracteres que se indican, de abejas obreras africanas y europeas.	42
4	Comparación de medias de abejas obreras africanas (\bar{X}_A) y europeas (\bar{X}_E) según prueba de t.	43
5	Media \bar{X} , desviación estandar de la primera y segunda generación de obreras africanas y europeas, de los caracteres que se indican, valor y porcentaje del cambio.	45
6	Coefficiente de determinación y regresión del análisis de regresión de obreras sobrinas-tías y obreras hijas-reinas madres.	47

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAG.
1	Aparato completo del aguijón de la abeja: A, de la obrera; B, de la reina y C, sección transversal de la aguja del aguijón (Snodgrass, 1956).	19
2	Alas de <i>Apis mellifera</i> ; A, a la anterior; B, ala posterior (Dadant, 1979).	22
3	Portaobjetos con el aguijón y el ala anterior derecha de cada abeja de la muestra: A, de 25 obreras africanas; B, de 25 obreras europeas y C, de la reina europea y de 25 de sus obreras.	33
4	Aguijón de la abeja: A, de la abeja obrera; B, de la abeja reina.	35
5	Ala anterior derecha de la abeja obrera.	36
6	Relación de parentesco entre las abejas de la colmena progenitor (Cp) y la colmena hija (Ch); Rm, reina madre; Rh, reina hija; Ot, obrera tía; Os, obrera sobrina; Z, zánganos que fecundaron a Rm, y Z̄, zánganos que fecundaron a Rh.	39
7	Valores observados y líneas de regresión de obreras sobrinas-tías de abejas europeas, de la longitud de aguijón, aguja, bulbo y ala.	48

FIGURA

PAG.

- | | | |
|---|---|----|
| 8 | Valores observados y líneas de regresión de obreras hijas-reinas madres de abejas europeas, de la longitud de aguijón y ala. | 49 |
| 9 | Valores observados y líneas de regresión de obreras sobrinas-tías de abejas africanas, de la longitud de aguijón, aguja, bulbo y ala. | 50 |

RESUMEN

Con el objetivo de analizar las diferencias de caracteres morfológicos de aguijones y alas de abejas africanas y europeas, y estimar la heredabilidad de los caracteres en estudio por medio de la regresión de la descendencia sobre el ancestro, se midió la longitud del aguijón, de la aguja de éste y del ala anterior derecha de muestras de 25 obreras por colmena, progenitoras e hijas, de la población de abejas africanas y de la de europeas, ambas bajo mejoramiento genético, la primera en Cárdenas, Tab. y la segunda, en Montecillo, Méx. Además, se midió la longitud del aguijón y del ala anterior derecha de la reina y de 25 de sus obreras de colmenas de la población de europeas.

Las muestras de obreras se tomaron de siete colmenas progenitoras y 58 colmenas hijas de la población de abejas africanas, y de 19 colmenas progenitoras y 81 colmenas hijas de la población de europeas, y las muestras de la reina y sus obreras, se tomaron de 40 colmenas europeas.

Se obtuvo una alta correlación entre la longitud del aguijón y su aguja, de 0.958 en obreras africanas y de 0.950 en obreras europeas, y una correlación baja entre los otros caracteres.

Las abejas obreras africanas tuvieron menor longitud de aguijón, aguja, bulbo y ala que las europeas, pero la diferencia sólo fue significativa estadísticamente en este último carácter. Los coeficientes de variación fueron mayores en la aguja del aguijón de ambas poblaciones, y en magnitud decreciente, estuvieron el de aguijón, bulbo y ala.

Los coeficientes de regresión descendientes-ancestros fueron bajos en obreras de abejas africanas, de 0.3024, 0.0692, 0.2545 y 0.4522 en aguijón, aguja, bulbo y ala, respectivamente, y muy bajas (de casi cero) en obreras y en obreras y reinas de europeas, debido posiblemente a errores de muestreo al tomar las muestras de abejas, principalmente en las colmenas europeas.

I. INTRODUCCION

Desafortunadamente la próspera apicultura mexicana, que en producción y exportación de miel ha logrado el cuarto y segundo lugar a nivel mundial, respectivamente (Anónimo, 1991), en la actualidad se encuentra ante el problema de la invasión de las abejas africanas (*Apis mellifera scutellata*) que en septiembre de 1986 iniciaron su ingreso por Tapachula, Chis., luego se extendieron por Tabasco, Oaxaca y Veracruz (Brice, 1989), y continuaron hacia el norte del país por los dos corredores costeros tropicales, el del Golfo y el del Pacífico que son regiones apícolas muy importantes.

Al igual que en los países de Sud y Centroamérica, en México las abejas africanas están causando una rápida africanización de las colmenas europeas, mediante la invasión directa de enjambres a éstas y el cruzamiento de reinas europeas con zánganos africanos, produciendo con ello una reducción en los rendimientos de miel y desaliento en los apicultores, quienes están abandonando la actividad apícola, pues las colonias africanas son poco productivas, con frecuencia abandonan la colmena y son muy agresivas.

La agresividad de las abejas africanas hace difícil el manejo apícola de sus colonias y obliga a ubicar las colmenas en lugares retirados de poblaciones y caminos, para el cual se requiere de equipo de protección especial, que es costoso y poco confortable en las regiones tropicales donde éstas se desarrollan. Esto eleva los costos de producción que, aunados al bajo sedentarismo y a la baja productividad de las abejas africanas, hacen incosteable su explotación apícola.

Como solución al problema de agresividad de las abejas africanas, se plantea reducir mediante mejoramiento genético, su comportamiento de ataque y el tamaño de su aguijón.

Si en la población de abejas africanas existe variabilidad en el tamaño de aguijón, por selección se pueden obtener abejas con aguijón pequeño, que en las explotaciones apícolas puedan manejarse con equipo de protección ligero y confortable, como el empleado en el manejo de abejas europeas.

Por otra parte, si se conociera la variabilidad en el tamaño de alas de abejas africanas y europeas en relación a caracteres de productividad, se podría también hacer selección para obtener abejas con tamaño de alas adecuado para volar grandes distancias y soportar la máxima cantidad de alimento recolectado en el campo.

Con motivo de lo arriba expuesto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar las diferencias de caracteres morfológicos de aguijón y ala de abejas africanas y europeas, así como estimar la heredabilidad de tales caracteres mediante la regresión de la descendencia sobre el ancestro.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 La apicultura en México

Según Zozaya (1967), la apicultura en México data desde la época prehispánica, cuando los mayas cultivaron algunas razas de abejas sin aguijón de los géneros *Trigona* y *Melipona*, principalmente *Melipona beechii* Bennett, conocida como Kolel Kab. En un principio ellos obtenían la miel de los meliponinos silvestres localizados en los huecos de los árboles, posteriormente cortaban los troncos que contenían las colonias y se las llevaban cerca de sus chozas. Con la miel los mayas elaboraban bebidas como el belche, y con la cera fabricaban velas para los festejos religiosos dedicados a algunos dioses. La miel y la cera también fueron objeto de trueque con algunas tribus mexicanas. A medida que el hombre se fue relacionando con las abejas, se dió cuenta que estos insectos necesitaban de recursos florales, y aprendió a proteger sus colmenas dentro de chozas y a colocar sus troncos en armazones especialmente diseñadas (Labougle y Zozaya, 1986).

En la época de la conquista, los españoles introdujeron a América las abejas con aguijón de la subespecie *Apis mellifera mellifera* (Dadant, 1975), y entre 1760 y 1770 dichas abejas

fueron introducidas a la región central de México. En 1911 fue introducida a este país la subespecie *Apis mellifera ligustica*, que es la más explotada en la actualidad (Labougle y Zozaya, 1986).

Otro suceso importante en la apicultura americana ocurrió en el año de 1956, consistente en la introducción de la abeja *Apis mellifera scutellata* originaria de Africa, que se caracteriza por ser altamente agresiva, poco productora de miel y muy enjambradora (Taylor, 1977), la cual ingresó a México en septiembre de 1986 (Fierro *et al.*, 1988).

2.2 La abeja africana

De acuerdo con Goncalves (1978), en 1956, por medio del Dr. W. Kerr se introdujo de Africa a Brasil la abeja africana *Apis mellifera scutellata*, con el propósito de cruzarla con abejas europeas para obtener abejas más productivas adaptadas al trópico brasileño; sin embargo, antes de que se pudiera lograr ésto, en 1957 se escaparon 26 enjambres africanos, los cuales se diseminaron rápidamente en ese país, gracias a que encontraron un ambiente más favorable que el que tenían en Africa. Posteriormente, las abejas africanas comenzaron a expandirse por Sud y Centroamérica a una velocidad promedio de 200 a 500 km/año.

El avance de las abejas africanas en América del Sur ha ocurrido en regiones con temperaturas invernales bajas, y ha sido rápida en regiones que sufren sequías prolongadas, y lento, en regiones de clima tropical húmedo con alta precipitación pluvial (S.A.R.H., 1986).

Molina (1988) considera siete fases de avance de la abeja africana en el continente americano. La Fase 1 es de baja velocidad, de 80 km/año, debido al inicio de su dispersión. La Fase 2 es de avance lento, de 100 a 200 km/año en el suroeste del continente, debido a largos períodos de frío. La Fase 3 ocurre en el norte donde las condiciones son similares a las de Africa (origen de los ancestros) y el avance es de 400 a 500 km/año. La Fase 4 ocurre en regiones semiáridas del norte, con avance de 300 a 400 km/año. La Fase 5 es en la cuenca del Amazonas con una velocidad de avance de 100 a 200 km/año, debido al clima húmedo tropical, y en la zona costera con una velocidad de avance de 250 a 600 km/año por tener áreas menos húmedas. La Fase 6 se presenta en cuatro frentes; dos de baja densidad que son la cuenca del Amazonas y la zona costera de Guyana y Venezuela, y otro en el este de Perú. La Fase 7 se desarrollo con una velocidad de 400 a 500 km/año en el suroeste de Venezuela (toda la zona costera) abarcando Colombia. Además este autor, considera que en Centroamérica y México la velocidad de dispersión ha sido rápida, de 250 a

600 km/año, debido a que aparentemente no existen barreras biológicas ni climáticas que restrinjan a las abejas africanas.

2.3 La abeja africana en México

En septiembre de 1986, en Ciudad Hidalgo, cerca de Tapachula, Chis. se capturaron los dos primeros enjambres de abejas africanas, y a finales de ese año se capturaron 11 enjambres más. En 1987, el número de enjambres se incrementó drásticamente, y el 17% de las colmenas de esa región ya estaban africanizadas (Moffett *et al.*, 1987).

Fierro *et al.* (1987) señalan que el proceso de africanización es más fuerte a bajas elevaciones, ya que de los 531 enjambres capturados en las 2500 trampas caza enjambres instalados en Chiapas, 97% fue capturado a bajas elevaciones, y 3% a los 200 y 400 msnm.

La expansión de las abejas africanas en México ha sido muy rápida, pese a las medidas preventivas que se tomaron desde antes de su llegada; a medio año de su ingreso se capturaron algunos enjambres africanos en Tepanatepec, Oax., aproximadamente a 300 km del lugar de ingreso, y en diciembre del mismo año ya se habían diseminado por siete de los 32 estados de México (Fierro *et al.*, 1988).

La UNAPI (citado por U.S.D.A., 1992) informó que en 1990 solamente Baja California Norte y Sur, Chihuahua, Sonora, Durango, Coahuila y Zacatecas se encontraban libres de abejas africanas.

La llegada de las abejas africanas así como la variación en las condiciones climatológicas y la baja tecnificación (modernización) de los apiarios, han limitado la producción apícola en el trópico, base de la apicultura nacional. Los estados de la república más afectados por el proceso de africanización son: Yucatán, Campeche, Chiapas, Tabasco y Guerrero (U.S.D.A., 1992).

En la actualidad la apicultura mexicana, al igual que en otros países, está pasando por un período crítico, debido a la africanización de sus colmenas (Labougle y Zozaya, 1986), la poca producción de miel y la gran agresividad de las abejas africanas (Oldroyd, 1988).

En estudios comparativos de productividad, Portugal (1971) encontró que la producción de *Apis mellifera adansonii* fue de 35.5 kg de miel, *A. mellifera ligustica* de 19.200 kg y *A. mellifera mellifera* de 8.8 kg; en cambio en México, Palos (1989) y Villanueva (1990) encontraron un alto porcentaje de colmenas africanas no productivas y solo 5% aproximadamente de colonias

con buenas características de productividad, con rendimiento de miel igual o superior al rendimiento medio de las colonias europeas.

La información vertida a través de los medios masivos de comunicación sobre la agresividad de las abejas africanas ha causado gran temor entre la población y en ocasiones sólo se trata de falsa alarma, por ejemplo, en abril y mayo de 1991 fueron destruidas un gran número de colonias, y de éstas sólo el 3% fueron de abejas africanas. Según datos oficiales, de 1987 a la fecha han muerto 50 personas aproximadamente, debido al ataque de las abejas africanas (Wimberley y Portman, 1992).

Con la llegada de la abeja africana se ha venido dando un proceso de selección en la apicultura, ya que la mayoría de los apicultores han abandonado esta actividad por no estar bien capacitados para hacer frente al problema de africanización, y sólo han permanecido aquellos que tienen gran número de colmenas y que están mejor informados, aunque con la merma evidente en sus colmenas y en la producción de miel. A su vez, se está dando el surgimiento de una generación de apicultores más calificados (Winston, 1992).

2.4 Características de abejas africanas y europeas

Varios autores están de acuerdo en que por pertenecer las abejas africanas y europeas a la misma especie, su aspecto externo puede ser similar, de manera que es difícil determinar a simple vista si una abeja es africana o europea, para lograrlo, es necesario considerar muchas características fenotípicas, ya que hay una gran variabilidad tanto de aspecto como de comportamiento (Goncalves, 1978; Gary *et al.*, 1985).

Según Gary *et al.* (1985) el color de las abejas africanas es variable, aunque la mayoría de las obreras tienen bandas abdominales amarillas. Goncalves y Stort (1978) encontraron que los zánganos pueden poseer genes AC ligados al sexo que les confiere un color pardo oscuro. Por otra parte, las obreras y los zánganos de las abejas europeas presentan bandas amarillas y el resto del cuerpo de color pardo oscuro (Pasapera, 1993).

Guzmán (1986) señala que las obreras de abejas africanas son más pequeñas y pesan menos que las obreras de europeas; la longitud promedio de las africanas es de 12.73 mm y su peso promedio de recién nacidas o sin contenido intestinal es de 60 a 90 mg, y la longitud de las europeas es de 13.89 mm y su peso de 80 a 120 mg. Abdellatif *et al.* (1977) encontraron que el tamaño de la abeja está correlacionado con el tamaño

de la celda. Winston *et al.* (1983), Winston (1992) indican que el tamaño de las celdas de obreras africanas, europeas y africanizadas es de 4.8 a 4.9, 5.2 a 5.7 y 4.6 a 5.1 mm, respectivamente, y el tamaño de la celda de los zánganos africanos es de 6.0 a 6.3 mm.

Gómez (1978) señala que, en condiciones favorables de temperatura y disponibilidad de alimentos, las obreras, zánganos y reinas africanas tienen un ciclo de desarrollo más corto que las europeas. Las obreras africanas requieren de 18 días para completar su ciclo de desarrollo, desde que el huevo es puesto hasta la emergencia del adulto, mientras que las obreras europeas requieren de 21 días. Winston *et al.* (1983), Winston (1992) informan que el tiempo de desarrollo de los zánganos es de 24 días en ambas razas, y Tew (1992) menciona que el período de desarrollo de las reinas africanas es de 14 días, y el de las europeas, de 15 días. También existen diferencias en el período de vida de las obreras adultas. Gary *et al.* dicen que la vida de las obreras africanas es más corta que el de las europeas, y Winston *et al.* (1983) mencionan que, en Venezuela, cuando el flujo de néctar es abundante durante la estación seca, la población de la colonia crece rápidamente y la gran actividad que se desarrolla en la colmena provoca que las obreras de abejas africanas vivan de 12 a 18 días, y las de europeas vivan de 32 a 35 días. En la temporada de lluvias las africanas viven 22.7 días en promedio, y las europeas, 26.3 días.

El crecimiento de la colonia de abejas africanas es rápido, ya que su tasa de postura es aproximadamente el doble de las europeas. Cuando el flujo de néctar es bueno, la reina africana y sus híbridos poseen mayor capacidad de ovipostura que las europeas, siendo de 4000 huevos/día la de las dos primeras y de 2000 a 3000 huevos la de la última (Guzmán, 1988).

Las diferencias en las características de las obreras de las abejas africanas y europeas repercuten en el crecimiento y función de la colonia; de manera que: a) las colonias de abejas africanas producen más cría en menos tiempo, por ser de tamaño pequeño, tener período de desarrollo corto y tener alta fecundidad, b) la distribución de edades en abejas africanas tiende a ser más dirigido hacia obreras jóvenes y c) su período de vida corto se debe a que los trabajos de pecoreo de néctar, polen, propoleo y agua los realizan a más temprana edad (Winston, 1992).

Guzmán (1986) dice que la mejor forma de distinguir una colonia de abejas africanas de una de europeas es a través de su comportamiento.

2.4.1 Comportamiento de emigración

Fletcher (1978) menciona que para asegurar la sobrevivencia de la población en épocas en que escasean los recursos

florísticos, las colonias de abejas africanas emigran a regiones con abundancia de éstos. Además, menciona que la emigración también se da por ataque de depredadores a la colmena, por disturbios en ésta y por falta de espacio. Silberrad (1975) instaló en Zambia 2111 colmenas a partir de la recolección de enjambres, de los cuales 1339 emigraron, 69 fueron destruidos por hormigas y 324 fueron eliminadas durante el manejo, quedando únicamente 379, lo que representa solamente 18% del total recolectado. De la colecta de 177 enjambres en la Chontalpa, Tab., Palos (1989) obtuvo una emigración de 28% en los primeros 10 días, de 35% después de 30 días y de 63% durante un año. La emigración o completo abandono de la colmena es muy frecuente en colonias de abejas africanas, el porcentaje de emigración de éstas es de 15 a 30% al año, y el de europeas, es muy poco frecuente (Tew, 1992).

La gran tendencia a enjambrar en abejas africanas ha hecho que éstas se dispersen a una mayor velocidad que las europeas. Rinderer (1980) encontró que las colonias de abejas africanas producen de 6 a 12 enjambres al año.

Las abejas africanas poseen gran habilidad y versatilidad para ocupar cualquier nicho ecológico; en su emigración, anidan en huecos de árboles, de rocas, en colmenas abandonadas o pobladas, o en cualquier lugar donde puedan permanecer tempo-

ralmente para el crecimiento de la colonia y la preparación de la fase reproductiva (Camazine y Morse, 1988).

Durante su emigración las abejas africanas se han infiltrado en las poblaciones de abejas europeas. Michener (1975) menciona dos procesos de infiltración. El primero consiste en una agresión directa hacia la raza europea en la competencia por los recursos del medio, como el alimento y el sitio para anidar; el resultado de esta invasión es la eliminación de la reina y de una parte de sus obreras, y el reemplazamiento sucesivo de la colonia europea por la africana; en este proceso se da una hibridización baja. El segundo es por flujo génico, en el cual las reinas europeas copulan con zánganos africanos. Rinderer (1986) dice que este proceso se ve favorecido debido a que las colonias de abejas africanas producen y mantienen un mayor número de zánganos que las europeas y, como consecuencia, en las áreas donde ambas razas coexisten, los zánganos africanos tienen mayor probabilidad de fecundar a las reinas europeas. Los zánganos africanos penetran con facilidad a las colmenas europeas; sin embargo, las colonias africanas raramente aceptan zánganos que no pertenezcan a su colmena. Según Molina (1988), el número de espermatozoides producidos por los zánganos africanos es mayor (6.4 a 7.6 millones) que el producido por zánganos italianos (4.7 a 5.9 millones).

2.4.2 Comportamiento de defensa

Para poder sobrevivir, las colonias de abejas han tenido que defender eficientemente su cría y sus reservas alimenticias de los depredadores naturales, cuyo número es mayor en los climas tropicales que en los templados. Esto indica que las razas de clima tropical han estado expuestas por milenios a una mayor depredación que las de clima templado y, como consecuencia, las primeras han desarrollado una mayor respuesta defensiva para proteger su nido y su alimento (Camazine y Morse, 1988).

Según Michener (1975), las abejas africanas difieren de otras razas en su sensibilidad a los disturbios, en su habilidad para transmitir la señal de alarma dentro de la colonia y entre colonias, y en su capacidad para responder en masa y en forma rápida al intruso.

Goncalves (1978) define la agresividad como una manifestación fenotípica relacionada con la defensa individual o de la población, la cual se desencadena mediante un estímulo físico, químico o biológico, y depende de la interacción genotipo-ambiente, de manera que su manifestación puede presentar una variabilidad muy grande.

Rinderer (1980) dice que el proceso de ataque tiene cuatro etapas: alerta, activación, atracción y culminación, que las abejas africanas son más agresivas que las europeas, y que los genes responsables de este carácter son dominantes.

Collins (1988) indica que la temperatura y la humedad relativa afectan el comportamiento de las abejas; además, menciona que la transmisión del mensaje de peligro entre las abejas se da por medio de feromonas. Cuando las abejas guardianas reciben un estímulo de amenaza o ataque, elevan el abdomen, extienden el aguijón y liberan feromonas de alarma para comunicar el peligro a los demás miembros de la colonia. La cantidad de feromonas de alarma que expulsan las abejas africanas es siete veces mayor que la de las europeas.

En pruebas de agresividad, Breed y Moore (1988) encontraron que las abejas africanas responden más rápidamente a los estímulos, y la cantidad de abejas que custodian la entrada y las que participan en la defensa de la colonia es mayor en abejas africanas que en europeas. Las abejas africanas, durante la defensa, frecuentemente atacan a otras abejas, lo cual no ocurre en europeas. Las abejas africanas permanecen más tiempo alertas, desde unos minutos hasta días. Villanueva (1990) obtuvo en promedio 17.6 y 1.5 aguijones por minuto en colmenas de abejas africanas y europeas respectivamente, y un máximo de 39 aguijones por minuto en las primeras y de diez

en las segundas; además, encontró que la agresividad de las abejas africanas se incrementa al aumentar el tamaño de la colonia.

De acuerdo con Goncalves *et al.* (1972), las abejas africanas son más rápidas, más activas, más nerviosas, vuelan más rápido entre las flores, y al regresar del campo a la colmena vuelan directamente al interior de ésta. Michener (1975) observó que cuando se sacan los panales de la colmena, las abejas africanas corren sobre éstos y forman racimos, y una buena parte emprende el vuelo.

Michener (1975) menciona que las abejas africanas comienzan los trabajos de pecoreo más temprano y terminan más tarde que las europeas, frecuentemente trabajan a bajas temperaturas y terminan sus labores después de que oscurece. En las primeras, la máxima actividad se alcanza por la tarde, mientras que en las segundas es entre 08:30 y 10:30 horas. En un período de 18 meses, Rinderer (1986) observó que las abejas africanas comienzan a salir de la colmena entre 25 y 40 minutos más temprano que las europeas. Durante el pecoreo las abejas africanas visitan todo tipo de flores, no tienen preferencia especial por alguna fuente de néctar; contrario a esto, las abejas europeas prefieren néctar con altas concentraciones de azúcares. Las primeras recolectan más polen que néctar. Cuando el flujo de éstos disminuye en el campo, las

obreras africanas siguen en la recolección, mientras que las europeas paran esta actividad. Las abejas africanas son extremadamente pilladoras aun cuando haya gran cantidad de alimento en el campo.

2.5 Morfología y función de aguijones y alas

2.5.1 Aguijón

El aguijón de *Apis mellifera* es una modificación del órgano ovipositor que poseen la mayoría de las hembras de los himenópteros y algunos otros insectos; dicha estructura es un órgano inyector de veneno (Valdes, 1993).

El aguijón se encuentra en la parte posterior del abdomen, tanto en la reina como en las obreras, y está formado por un estilete, al que se le unen dos lancetas localizadas en la parte ventral de éste. El estilete se ensancha en su parte anterior formando un bulbo, y más o menos a partir del segundo tercio se adelgaza progresivamente hasta formar una especie de aguja en la región posterior. El estilete es más o menos recto en las obreras (Figura 1A) y curvo en la reina (Figura 1B). Tanto en la punta del estilete como en el de las lancetas del aguijón de las obreras se encuentran de 9 a 10 pequeños dientes curvos a manera de arpón, de manera que cuando las obreras insertan la punta del aguijón éste queda anclado por medio de los dientes y la abeja se desprende de él y

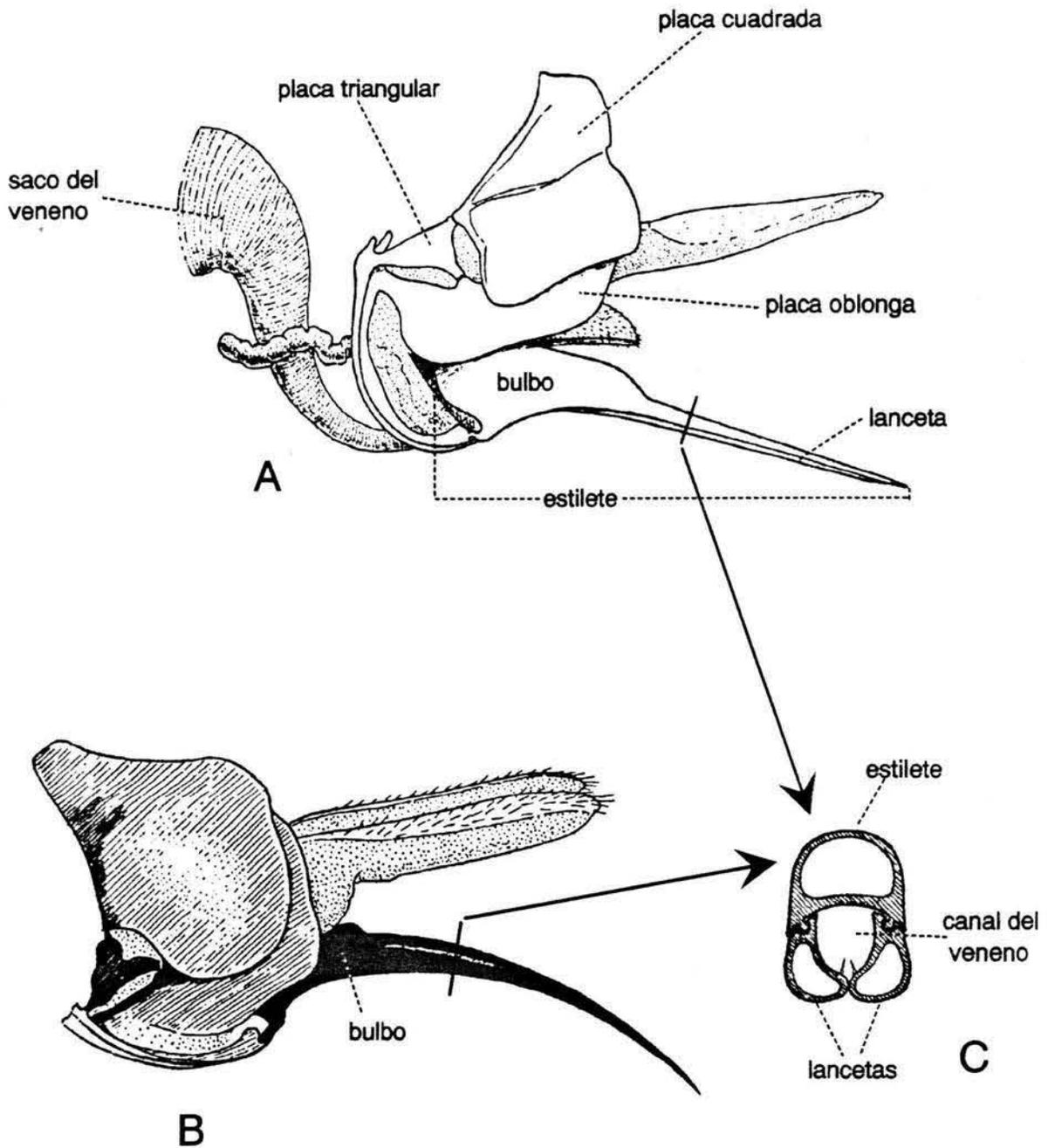


Figura 1. Aparato completo del aguijón de la abeja: A, de la obrera; B, de la reina y C, sección transversal de la aguja del aguijón (Snodgrass, 1956).

muere posteriormente, en cambio los del aguijón de la reina son menos y más pequeños de tal manera que cuando pica puede extraerlo sin sufrir algún daño.

El aparato que da la movilidad al aguijón consta de tres pares de placas (las triangulares, las cuadradas y las oblongas) y entre los miembros de cada par se localiza el aguijón. Los tres pares de placas se unen al aguijón por medio de los ramales del estilete y de las lancetas (Molina, 1989).

Al picar la abeja obrera, inserta el estilete, el cual se fija a la piel con los dientes, entonces las lancetas comienzan a deslizarse alternadamente penetrando en la herida e inyectando el veneno (Winston, 1992).

La producción del veneno se lleva a cabo en glándulas asociadas al aguijón. La producción en las obreras se inicia poco después de emerger como adultas y continúa hasta que la abeja tiene de 15 a 20 días de edad; posteriormente, la producción es escasa o nula. En las reinas, la producción máxima es al momento de emerger como adultas, ya que es cuando usualmente utilizan el aguijón para destruir celdas reales o para matar a las otras reinas.

El veneno de la abeja es un líquido claro y de reacción ácida, que contiene 88% de agua y 12% de proteínas, azúcares, fosfolípidos, aminoácidos y compuestos volátiles. Entre los principales componentes destacan la melitina, fosfolipasa A₂, hialuronidasa, apamina, peptido mastocitodegranulador e histamina. La hialuronidasa e histamina facilitan la penetración y dispersión de los otros componentes del veneno en los tejidos. Existe una relación íntima entre el comportamiento de alarma y los compuestos volátiles producidos por las glándulas del veneno del aguijón de los cuales se han identificado 40 compuestos (Blum *et al.*, 1978; Bonimond, 1982).

Soares (1981), la irradiar con ⁶⁰Co para inducir variación en el color de ojos, encontró la mutación de aguijón bifurcado, el cual no penetra en la víctima. Debido a que se penso que una población de abejas africanas con este tipo de aguijón sería más fácil de manejar, el autor efectuó selección para este carácter, y obtuvo una población de abejas con 62% de agujones bifurcados; sin embargo, los apicultores brasileños no aceptaron la población mencionada, por ser muy bulnurable a los robos de miel.

En una población de abejas africanas, Bustamante (1992) encontró amplia variabilidad en la longitud del aguijón, con una media de 1.8931 mm, así como una correlación baja entre la agresividad y la longitud del aguijón.

2.5.2 Alas

Las abejas como la mayor parte de los insectos adultos, poseen dos pares de alas, las que presentan una venación definida (Figura 2). En el borde anterior del ala posterior se encuentra una serie de pequeños ganchos, los cuales al momento del vuelo se acoplan a un pliegue curvo del borde posterior del ala anterior, con la finalidad de que las dos alas se muevan como una sola (Snodgrass, 1956).

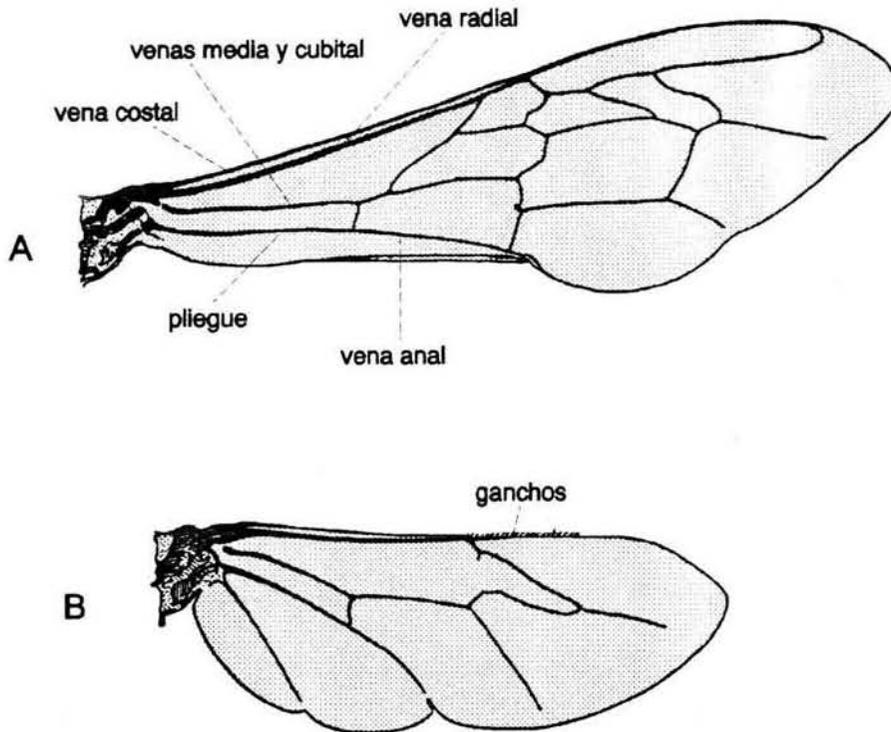


Figura 2. Alas de *Apis mellifera*: A, ala anterior; B, ala posterior (Dadant, 1979).

Las alas de las abejas tienen movimientos rápidos y precisos, y pueden tener más de 200 movimientos por segundo (Goyal y Atwal, 1977; Prost, 1989). La velocidad de vuelo que las abejas pueden alcanzar es de 10 a 20 km/h (Prost, 1989).

La longitud del ala anterior es una de las características empleadas en estudios morfométricos de abejas, que junto con la longitud del fémur posterior, longitud de la lengua, el índice cubital, etc., se emplean en la identificación y diferenciación de las subespecies de abejas (Cornuet y Fresnaye, 1975).

En estudios genéticos, Kerr y Laidlaw (citados por Parra *et al.*, 1989) encontraron el gen mutante *sh* que reduce la longitud del ala normal hasta en un 50%, y otro gen que reduce la longitud en un 25%. Estos autores mencionan que las obreras y los zánganos con este último mutante pudieron volar, pero la reina no.

2.6 Selección

La selección es un proceso por medio del cual los individuos con características adecuadas son favorecidos en su reproducción, las cuales heredan en parte a su descendencia (Falconer, 1964).

Según Brauer (1981), existen dos tipos de selección, la natural que ocurre en la naturaleza y permite la sobrevivencia y reproducción de los individuos mejor adaptados, y desecha a los inadaptados, y la artificial realizada por el hombre, quien decide cuáles son las características deseables y que individuos deben ser seleccionados como progenitores de la siguiente generación.

Según Falconer (1964) la heredabilidad (h^2) de un carácter en una población se puede estimar por la regresión de la progenie y el progenitor medio, y $\frac{1}{2} h^2$ por medio de la regresión de la progenie y un progenitor. Rinderer (1977) analiza la estimación de la heredabilidad en abejas mediante la regresión progenie-progenitor para caracteres de la reina, en la cual la regresión reina-hija con su padre materno estima $\frac{1}{2} h^2$, la regresión promedio de la progenie con las madres dentro de grupos de machos para caracteres de reinas o de reinas y obreras, estima a h^2 . Cervantes (1985) analiza la respuesta a la selección de reinas cuando se controla uno y los dos progenitores, la cual comprende la regresión reina-hija con reina madre que estima $\frac{1}{2} h^2$. Oldroyd *et al.* (1991) encontraron alta heredabilidad en caracteres del cuerpo de la abeja africana y mayor varianza genética entre ecotipos que dentro de éstos; así como una heredabilidad un poco más baja del ángulo de la vena del ala anterior y del número de ganchos del ala poste-rior.

III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en dos poblaciones, una de abejas africanas y otra de abejas europeas, ambas en proceso de mejoramiento genético. La primera procedió del programa de mejoramiento genético de abejas africanas del Centro de Enseñanza, Investigación y Capacitación Agropecuaria del Sureste (CEICADES) del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (CP), y la segunda del programa de mejoramiento genético de abejas europeas del Centro de Genética del CP.

3.1 Ubicación del área de estudio

El programa de mejoramiento genético de abejas africanas se encuentra ubicado en el campo experimental Km 21 del CEICADES, en Cárdenas, Tab., y el programa de mejoramiento genético de abejas europeas se ubica en el campo experimental Montecillo del CP, en Montecillo, Méx.

La ciudad de Cárdenas, Tab., se localiza a los 18°1' Latitud Norte, 93°23' Longitud Oeste y a 23 msnm, su clima se clasifica como Am(f)w"(i')g; que corresponde a un clima tropical lluvioso intermedio con lluvias en verano con influencia de monson, con presencia de sequía interestival isotermal, y

la temperatura media mensual más alta es previa al solsticio de verano, con temperatura media anual mayor de 18°C y la temperatura del mes más caliente es 29.3°C (mayo). La precipitación media anual es de 2240.3 mm Chapingo, Méx. (situado a 4 km al norte de Montecillo, Méx., y a la misma altitud que éste) se localiza a los 19°29' Latitud Norte, 98°51' Longitud Oeste y a 2250 msnm; su clima se clasifica como C(wo)(w)b(i')g que corresponde a un clima templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano y con lluvias invernales menores del 5% del total anual, verano fresco y largo, con temperatura media anual entre 12 y 18°C y poca oscilación de ésta (entre 5-10°C), la temperatura más alta se registra antes del solsticio de verano, con precipitación media anual de 643.8 mm (García, 1981).

3.2 Origen de las poblaciones de abejas

La población de abejas africanas utilizada fue del cuarto ciclo de selección para domesticación y mejoramiento de la productividad. La población inicial se formó de diciembre de 1987 a diciembre de 1988, mediante la recolección de enjambres africanos nómadas que estaban ingresando a México. Los enjambres se recolectaron en Las Choapas, Ver., Balancan, Cárdenas y Huimanguillo, Tab., y se introdujeron a cajas tipo Jumbo para formar las colmenas correspondientes, las cuales se evaluaron por sus características de agresividad, productividad y

comportamiento ante el manejo apícola (Villanueva, 1990). De éstas se seleccionaron las mejores, que se utilizaron como progenitores de la siguiente generación (primer ciclo de selección). A partir de este ciclo se siguió el procedimiento abajo descrito hasta llegar al cuarto ciclo de selección.

La población de abejas europeas fue del doceavo ciclo de selección para caracteres de productividad. La población inicial se formó por el cruzamiento natural entre abejas europeas procedentes de diferentes localidades de México. Después de dos ciclos de recombinación génica de dicha población, se inició el proceso de selección (abajo descrito) hasta llegar al doceavo ciclo de selección.

El procedimiento general de selección consiste en lo siguiente: de la población de colmenas en producción de miel, se seleccionan las colmenas progenitoras para la siguiente generación. La selección de estas colmenas se hace por la buena uniformidad en la ovipostura de la reina, la cantidad de oviposición, la sanidad de la cría (larvas y pupas), la sanidad de las obreras y zánganos, el menor nerviosismo de la reina y de las obreras, y el mayor rendimiento de miel en la época de máxima producción; además, en abejas africanas se selecciona para menor emigración de las colonias y menor agresividad de las obreras.

La obtención de la población del siguiente ciclo de selección se hace por medio de la cría artificial de reinas y la fecundación natural de las reinas vírgenes.

Como generalmente se selecciona de 20 a 25 colmenas progenitoras, en la cría de reinas primero se utiliza una colmena progenitora, luego otra y así sucesivamente, hasta llegar a la última, y a continuación se vuelve a repetir el proceso. La cría de reinas se hace tomando generalmente 45 larvas de un máximo de 3 días de edad de la colmena progenitora, las cuales se trasplantan a copas celdas colocadas en tres tiras de madera que luego se colocan en un bastidor especial. Este se introduce a una colmena criadora (sin reina), donde las obreras alimentan y cuidan a las futuras reinas. Diez días después de la introducción, las celdas reales se sacan de la criadora y se introducen en núcleos denominados de fecundación (una por núcleo), en donde emergen las reinas.

Después, las reinas salen a fecundarse, y aproximadamente a los 10 días de emergidas inician su oviposición. Las nuevas reinas (reinas hijas de la reina madre que está en la colmena progenitora) que manifiestan buenas características de uniformidad y cantidad de ovipostura, así como sanidad en sus larvas y pupas, son transferidas de los núcleos de fecundación a las colmenas tipo Jumbo (una en cada colmena), donde forman una nueva colmena. Estas colmenas constituyen la po -

blación de la generación siguiente, la cual es evaluada en campo por su rendimiento de miel y características de productividad.

En todo el proceso indicado se llevan registros cuidadosos de cada una de las colmenas progenitoras y de sus reinas hijas, que luego constituirán las nuevas colmenas hijas.

3.3 Muestreo de la población

Para obtener el material biológico objeto de este estudio, se tomaron muestras de obreras de las colmenas africanas en agosto de 1991 y de las colmenas europeas en agosto de 1992. Además, en agosto y septiembre de 1992, se tomó la reina y una muestra de sus obreras de un grupo de colmenas europeas.

El muestreo de ambas poblaciones se hizo después de tres meses de haber introducido las nuevas reinas a las colmenas Jumbo, con la finalidad de que todas las obreras fueran hijas de la reina que estaba en la colmena.

De un conjunto de colmenas progenitoras y colmenas hijas se tomó una muestra aleatoria por colmena de aproximadamente 50 abejas obreras de edad más avanzada. En africanas el número de progenitoras fue de siete y el de hijas fue de 58, y en

europas fue de 19 y 81, respectivamente, según se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Número de colmenas hijas por cada colmena progenitora, muestreadas en cada población.

Abejas africanas		Abejas europeas	
Colmenas progenitoras	Número de colmenas hijas	Colmenas progenitoras	Número de colmenas hijas
1	6	1	1
2	12	2	3
3	11	3	2
4	1	4	1
5	11	5	2
6	12	6	9
7	5	7	4
		8	1
		9	6
		10	4
		11	4
		12	6
		13	3
		14	2
		15	3
		16	5
		17	19
		18	4
		<u>19</u>	<u>2</u>
<u>7</u>	<u>58</u>	19	81

La muestra de cada colmena africana se tomó de las abejas que estaban en el interior de la tapa superior y que quedaban expuestas al abrir la colmena, o bien de los panales de la alza. Esto se logró fácilmente deslizando sobre la superficie de la tapa con abejas, la boca de un frasco de 50 ml que contenía alcohol al 70%.

La muestra de cada colmena europea se tomó en la piquera (entrada) de la colmena, obstruyéndola con papel periódico. Con una pinza de punta fina No. 5, se tomó una por una de las abejas aglutinadas en la piquera, hasta completar 50 aproximadamente, las cuales se fueron introduciendo en frascos de 50 ml con alcohol al 70%.

Después de tomada la muestra, se etiquetó el frasco, con el número de colmena muestreada, la localidad del apiario y la fecha. Las muestras se llevaron al laboratorio para su análisis.

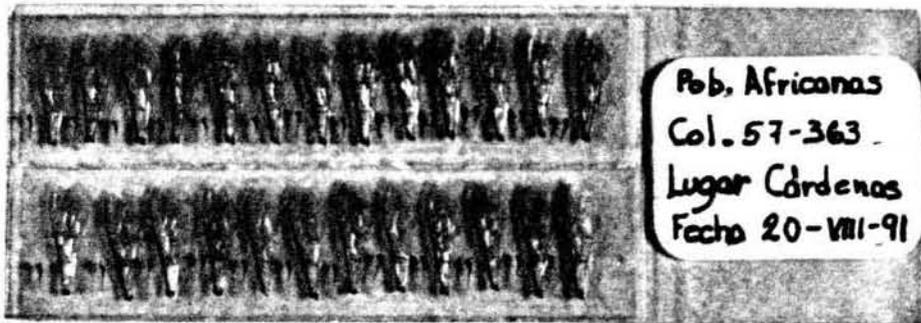
3.4 Preparación de aguijones y alas

En el laboratorio y con el auxilio de pinzas de punta fina No. 5, se extrajo el aguijón y el ala anterior derecha de 25 abejas obreras de cada muestra. La extracción del aguijón se hizo removiendo aproximadamente la mitad del saco del veneno ubicado en la parte distal del bulbo, según lo indica

Snodgrass (1956), y la separación del ala anterior derecha del cuerpo de la abeja se hizo con el cuidado suficiente para que ésta saliera completa, sobre todo que no se rompiera la escotadura de la vena costal. A partir de su extracción, cada par formado por el aguijón y el ala de cada obrera, se mantuvo independiente de los otros por 15 minutos aproximadamente, para que se evaporara el exceso de alcohol.

A continuación, los 25 pares de órganos (aguijón y ala) de cada muestra se colocaron sobre un portaobjetos que tenía adherida cinta transparente de doble pegamento. En posición transversal al portaobjetos, se colocó primero el aguijón y luego el ala de cada par hasta terminar con los 25 pares, y se puso una etiqueta con el registro de la muestra, según se indica en la Figura 3A y 3B.

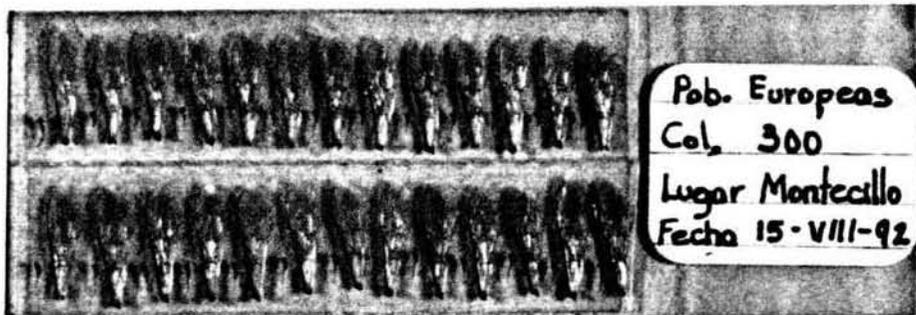
La preparación de los aguijones y de las alas de la muestra formada por la reina y sus 25 obreras, se hizo en la misma forma arriba descrita, con la diferencia de que en el portaobjetos que contenía cada muestra, primero se colocó el aguijón y el ala de la reina, y luego el aguijón y el ala de cada una de las 25 obreras (Figura 3C).



A



B



C

Figura 3. Portaobjetos con el aguijón y el ala anterior derecha de cada abeja de la muestra: A, de 25 obreras africanas; B, de 25 obreras europeas, y C, de la reina europea de 25 de sus obreras.

3.5 Medición de aguijones y alas

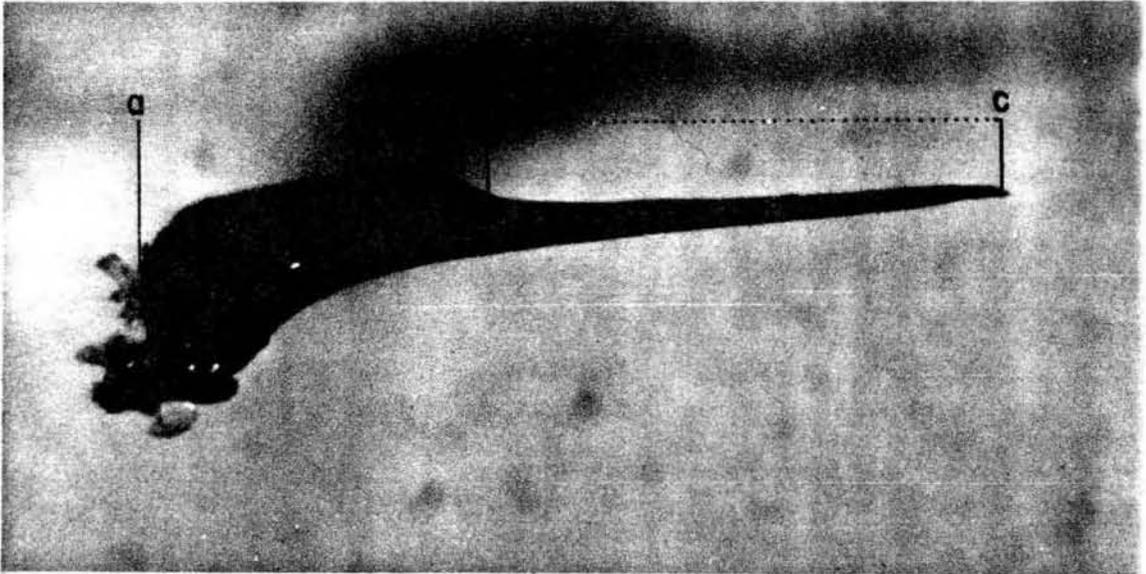
3.5.1 Aguijón

En el aguijón de la obrera se midió en milímetros, la longitud total de éste y la longitud de la aguja, correspondientes a la distancia a-c y b-c de la Figura 4A, respectivamente, y en el aguijón de la reina se midió solamente la longitud total de este o sea, la distancia a-c de la Figura 4B.

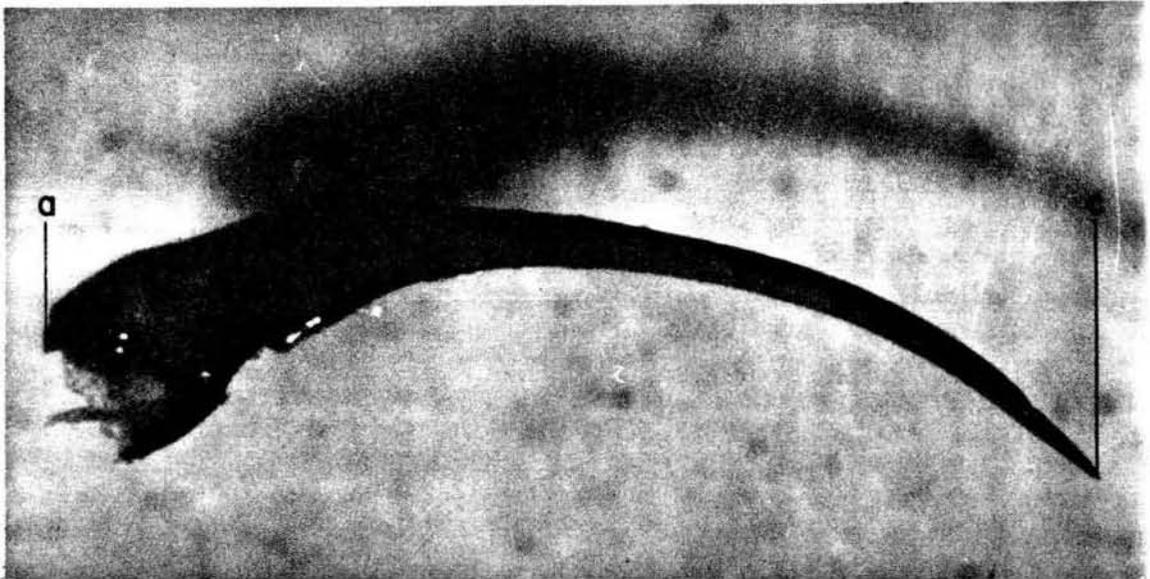
Las mediciones de los aguijones de la obrera y de la reina, primeramente se hicieron en unidades oculares con un microscopio estereoscópico con aumento de 48X, el cual tenía integrado un ocular micrométrico, y luego se transformaron a milímetros.

Con la finalidad de mantener constante la escala de medida en unidades oculares en todos los aguijones, después de haber elegido el aumento adecuado y logrado el mejor enfoque en el microscopio estereoscópico, en éste se inmovilizó el tornillo del control de aumentos con una cinta adhesiva.

La transformación de unidades oculares a milímetros se obtuvo por medio de un portaobjetos con rejilla graduada de 10 mm. El valor de transformación fue de 0.4130 mm por cada unidad ocular. En esta forma, la longitud en unidades oculares se transformó a milímetros multiplicándola por 0.4130 mm.



A



B

Figura 4. Aguijón de la abeja: A, de la abeja obrera; B, de la abeja reina.

3.5.2 Alas

En el ala de la obrera y de la reina se midió la longitud total o sea la distancia a-b de la Figura 5.

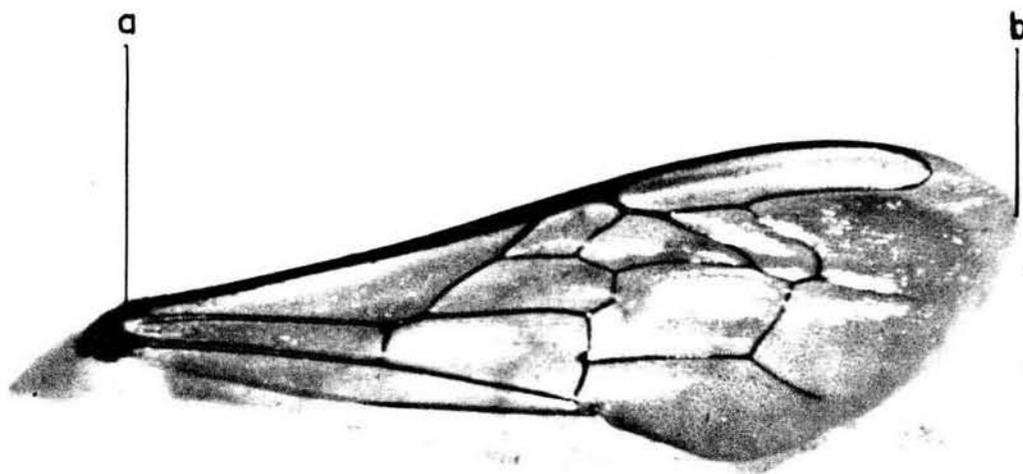


Figura 5. Ala anterior derecha de la abeja obrera.

Las mediciones de alas se hicieron con el mismo microscopio estereoscópico utilizado para agujones y en forma similar a éstos. El aumento utilizado fue de 14X y el valor de transformación de unidades oculares a milímetros fue de 1.5742 mm.

3.6 Análisis de la información

Primeramente se calculó la longitud del bulbo de cada aguijón de la obrera por la diferencia de la longitud total del aguijón menos la longitud de la aguja de éste.

Para cada población y carácter se calculó la media, la varianza, la desviación estandar, y el coeficiente de variación, y para cada carácter se compararon las medias entre poblaciones con la prueba de t al 5% de probabilidad.

Asimismo, se calcularon las correlaciones entre los caracteres longitud de aguijón, longitud de la aguja, longitud del bulbo y longitud del ala, con la finalidad de obtener conocimiento de su grado de asociación.

Con el propósito de estimar la heredabilidad de los cuatro caracteres en estudio, en cada población de abejas se efectuaron análisis de regresión de los valores observados en los descendientes sobre los valores observados en los ancestros. Específicamente se calculó la regresión de abejas obreras sobrinas y abeja obreras-tías, tanto en la población de abejas africanas como en la población de abejas europeas para los cuatro caracteres mencionados, y la regresión de abeja obrera hija y reina madre para los caracteres longitud del

aguijón y longitud del ala de la población de abejas europeas.

Las regresiones mencionadas se calcularon debido a que por cría artificial de reinas, y fecundación natural de la reina madre (R_m) de la colmena progenitora (C_p) se obtuvo la reina hija (R_h) que dió lugar a la colmena hija (Ch). Esto estableció la relación de parentesco indicada en la Figura 6. En esta relación, las obreras hijas de la reina madre fueron tías de las obreras hijas de la reina hija, dándose la relación de parentesco sobrinas-tías ($O_s - O_t$). Asimismo, se dió la relación obreras hijas reina madre ($O_h - R_m$, en donde $O_h = O_t$).

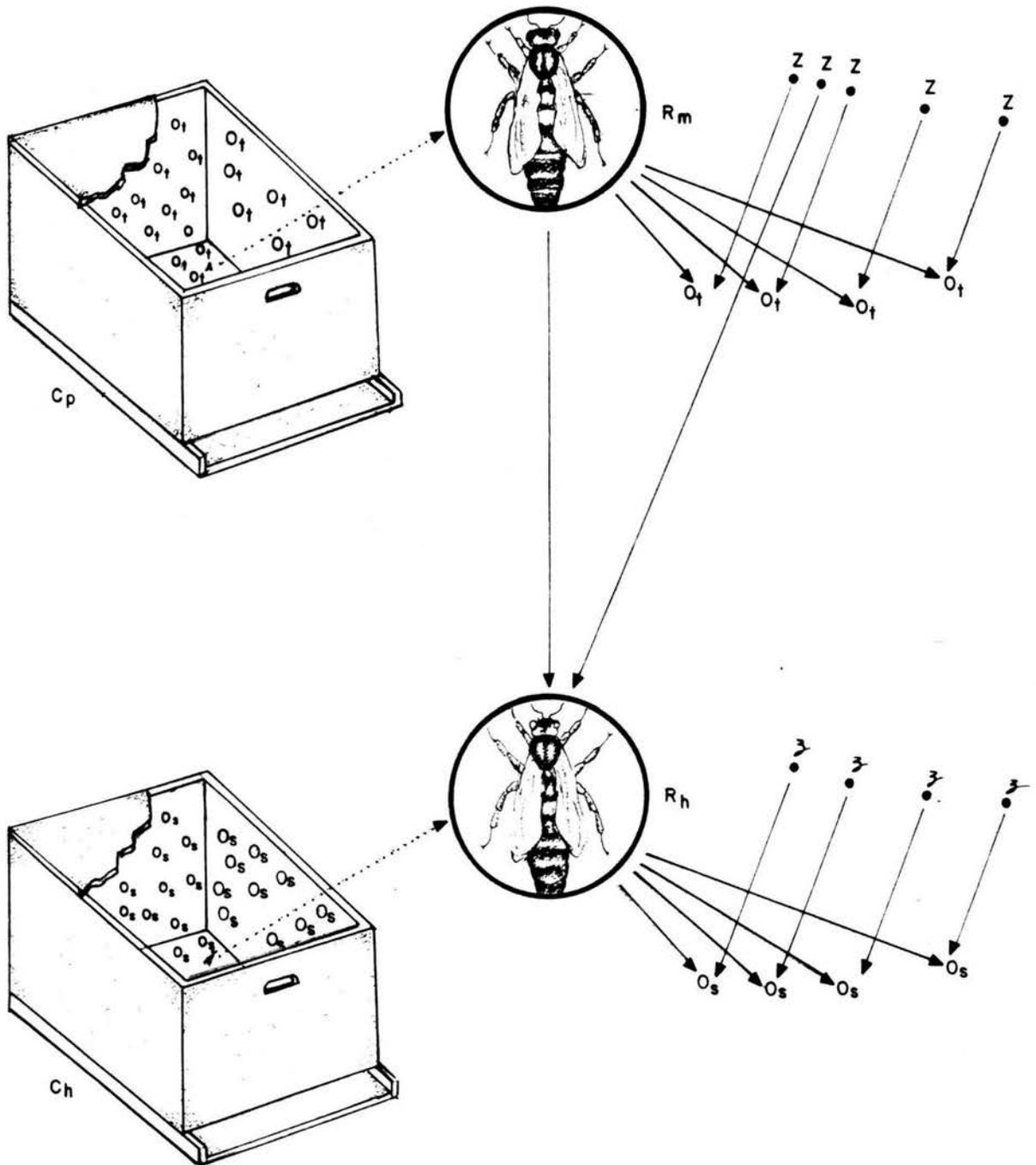


Figura 6. Relación de parentesco entre las abejas de la colmena progenitor (C_p) y la colmena hija (C_h): R_m , reina madre; R_h , reina hija; O_t , obrera tría; O_s , obrera sobrina; Z , zánganos que fecundaron a R_m , y \bar{z} , zánganos que fecundarán a R_h .

IV. RESULTADOS

4.1 Correlación entre caracteres

De acuerdo con el Cuadro 2, los coeficientes de correlación entre los caracteres analizados de abejas africanas fueron positivos y significativos, y muy similares a los de abejas europeas. En general los valores fueron bajos, excepto entre agujón y aguja que fue de 0.958 en abejas africanas y de 0.950 en europeas. Este valor alto de correlación indica que en ambas poblaciones existe una estrecha asociación entre la longitud del agujón y la longitud de la aguja, es decir, los agujones grandes tienen agujas grandes y viceversa, o de otra manera, indica que la longitud del agujón está dada principalmente por la longitud de la aguja y que existe poca influencia de la longitud del bulbo en la longitud del agujón, pues la correlación entre estos dos últimos caracteres fue baja, de 0.347 en africanas y de 0.329 en europeas. Sin embargo, no existió asociación entre longitud de bulbo y aguja, pues los valores de correlación fueron los más bajos, de 0.064 y 0.017, en la primera y segunda población, respectivamente.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre aguijón, aguja, bulbo y ala de abejas obreras africanas y europeas.

	Aguijón	Aguja	Bulbo	Ala
Aguijón		0.950**	0.329**	0.250**
Aguja	0.958**		0.017**	0.173**
Bulbo	0.347**	0.064**		0.275**
Ala	0.226**	0.146**	0.310**	

** Significativo al 0.01 de probabilidad.

Por otra parte, la baja correlación de la longitud de ala con los caracteres del aguijón, indica la presencia de una asociación muy ligera, en la cual las abejas de alas grandes tienden a tener un poco de mayor expresión en los caracteres analizados del aguijón.

4.2 Medias y desviaciones

En el Cuadro 3 se observa que las abejas obreras africanas tuvieron menor longitud de aguijón, aguja, bulbo y ala que las obreras europeas, siendo el valor promedio de las primeras de 2.2303, 1.3506, 0.8797 y 8.6839 mm, respectivamente, y el de las segundas, de 2.3655, 1.4381, 0.9274 y 9.1518 mm, respectivamente; sin embargo, según la prueba estadística (Cuadro 4), ambas poblaciones sólo difirieron en la longitud

Cuadro 3. Media (\bar{X} en milímetros), desviación estandar(s) y valor mínimo y máximo de los caracteres que se indican, de abejas obreras africanas y europeas.

Carácter	N	\bar{X}	±	S	Valor		C.V. %
					Mínimo	Máximo	
AFRICANAS							
Aguijón	1625	2.2303	±	0.1123	1.9411	2.6432	5.04
Aguja	1625	1.3506	±	0.1056	1.1151	1.7346	7.82
Bulbo	1625	.8797	±	0.0322	0.6608	1.0945	3.66
Ala	1613	8.6839	±	0.1693	7.8710	9.2878	1.95
EUROPEAS							
Aguijón	2492	2.3655	±	0.1175	2.0237	2.7258	4.97
Aguja	2492	1.4381	±	0.1110	1.1977	1.7759	7.72
Bulbo	2492	.9274	±	0.0360	0.5369	1.1977	3.92
Ala	2360	9.1518	±	0.1880	8.3433	9.6813	2.05

N = Número de observaciones; \bar{X} = Media; S = Desviación estandar;
CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 4. Comparación de medias de abejas obreras africanas (\bar{X}_A) y europeas (\bar{X}_E) según prueba de t.

Carácter	$\bar{X}_E - \bar{X}_A$	Significancia
Aguijón	0.135	NS
Aguja	0.088	NS
Bulbo	0.048	NS
Ala	0.468	*

*, NS Diferencia significativa y no significativa, respectivamente, al 0.05 de probabilidad.

de ala. Asimismo, en estos cuatro caracteres los valores mínimos y máximos de obreras africanas fueron manores que los respectivos mínimos y máximos de europeas, excepto el mínimo de bulbo.

La menor longitud de alas de las obreras africanas, en relación a la de obreras europeas, se debe muy probablemente a su menor tamaño de cuerpo, las cuales soportan un menor peso durante el vuelo. También es probable que su menor longitud de aguijón y aguja se deba a su menor tamaño de cuerpo; sin embargo, esta diferencia muestra que las abejas africanas son más agresivas que las europeas por su alto comportamiento de ataque a pesar de su menor tamaño de aguijón y aguja. Asimismo, la superioridad del valor mínimo del bulbo de abejas africanas respecto al de europeas, puede deberse a que las primeras almacenan mayor cantidad de veneno que la segundas,

a pesar de tener ambas bulbo pequeño, en relación a las obreras de su población respectiva.

Los coeficientes de variación, en general, fueron bajos y similares en ambas poblaciones, los más altos correspondieron a aguja, y en orden decreciente, siguieron los de aguijón, bulbo y ala. Las obreras africanas tuvieron coeficientes de variación ligeramente mayores que las europeas en aguja y aguijón, y ligeramente menores en bulbo y ala. Los valores de dichos coeficientes indican que, en relación a la media, la variación de la longitud de aguja es más importante que la del aguijón, principalmente en obreras africanas, y la de alas es menos importante, es decir, en longitud de alas existe mayor uniformidad, y en longitud de aguja, mayor variación. Esta variación puede ser aprovechada para seleccionar abejas africanas con menor longitud de aguja dentro del intervalo de 1.1151 a 1.7346 mm, o abejas europeas dentro del intervalo de 1.1977 a 1.7759 mm.

En el Cuadro 5, que contiene las medias de los cuatro caracteres en estudio, de la primera y segunda generación de obreras africanas y europeas, se observa que, en relación a la primera generación, en la segunda los caracteres tuvieron un ligero decremento en ambas poblaciones, excepto en longitud de alas de europeas, que se incrementó muy poco, en 0.61%, y longitud de aguja de africanas, que no cambio. Es posible

Cuadro 5. Media \bar{X} , desviación estandar(s) de la primera y segunda generación de obreras africanas y europeas, de los caracteres que se indican, valor y porcentaje del cambio.

Carácter	Primera generación			Segunda generación			Cambio $\bar{X}_p - \bar{X}_H$	Porcentaje
	N	$\bar{X} \pm$	S	N	$\bar{X} \pm$	X		
AFRICANAS								
Aguijón	7	2.2378 \pm	0.0393	58	2.2250 \pm	0.0158	.0128NS -	.53
Aguja	7	1.3470 \pm	0.0299	58	1.3471 \pm	0.0173	.0001NS	0
Bulbo	7	0.8908 \pm	0.0148	58	0.8784 \pm	0.0042	.0124NS -	1.39
Ala	7	8.7391 \pm	0.1009	58	8.6659 \pm	0.0490	.0732NS -	.84
EUROPEAS								
Aguijón	19	2.3912 \pm	0.0590	81	2.3581 \pm	0.0294	.0331NS -	1.38
Aguja	19	1.4649 \pm	0.0550	81	1.4334 \pm	0.0246	.0315NS -	2.15
Bulbo	19	0.9262 \pm	0.0206	81	0.9247 \pm	0.0112	.0015NS -	.16
Ala	19	9.1197 \pm	0.1580	81	9.1753 \pm	0.0595	.0556NS	.61

$\bar{X}_p - \bar{X}_H$ = Diferencia de las medias de la primera y segunda generación de obreras.

que las diferencias observadas entre ambas generaciones se deban a procesos aleatorios resultantes de la toma de las muestras de abejas y de la medición de los caracteres, pues ninguna fue significativa estadísticamente, y la de mayor magnitud obtenida en longitud de la aguja de europeas sólo representó el 2.15% de la expresión del carácter en la primera generación. Sin embargo, aún queda la duda si ambas poblaciones sujetas a selección para mayor rendimiento de miel están cambiando en los caracteres aquí estudiados, la cual podrá ser aclarada en un estudio futuro, conducido por más de dos generaciones.

4.3 Regresión descendiente-ancestro

En los análisis de regresión de los descendientes sobre sus ancestros (sobrinas-tías e hijas-madres) de abejas africanas y europeas que se presentan en el Cuadro 6 se obtuvieron coeficientes de determinación (r^2) bajos; los más bajos fueron en obreras europeas sobrinas-tías y aún más bajos en obreras hijas-reinas madres, de manera que en esta población el modelo de regresión no explica la relación de parentesco existente entre descendientes y ancestros, y en la población de africanas lo hace muy poco. Debido a esto, los coeficientes de regresión fueron muy bajos y no significativos, al menos al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 6. Coeficiente de determinación y regresión del análisis de regresión de obreras sobrinas-tías y obreras hijas-reinas madres.

Población	Carácter	r^2	b	Prob.t ¹
1 Obreras sobrinas-tías				
AFRICANAS	Aguijón	0.3024	0.222	0.20
	Aguja	0.0692	0.152	0.57
	Bulbo	0.2545	-0.143	0.25
	Ala	0.4522	0.327	0.10
EUROPEAS	Aguijón	0.0010	0.016	0.90
	Aguja	0.0500	0.100	0.36
	Bulbo	0.0021	0.025	0.85
	Ala	0.0066	-0.028	0.74
2 Obreras hijas-reinas madres				
EUROPEAS	Aguijón	0.02071	0.059	0.38
	Ala	0.00003	-0.003	0.98

¹ Probabilidad de t para el coeficiente b.

En las Figuras 7 y 8 que contienen las gráficas, de las regresiones descendientes-ancestros de abejas europeas, se puede apreciar la gran dispersión de los puntos observados en el plano y sus desviaciones respecto a las líneas de regresión predichas, cuyas pendientes fueron casi cero; en cambio, en abejas africanas (Figura 9) la dispersión de los puntos observados fue menor, y las pendientes de las líneas de regresión

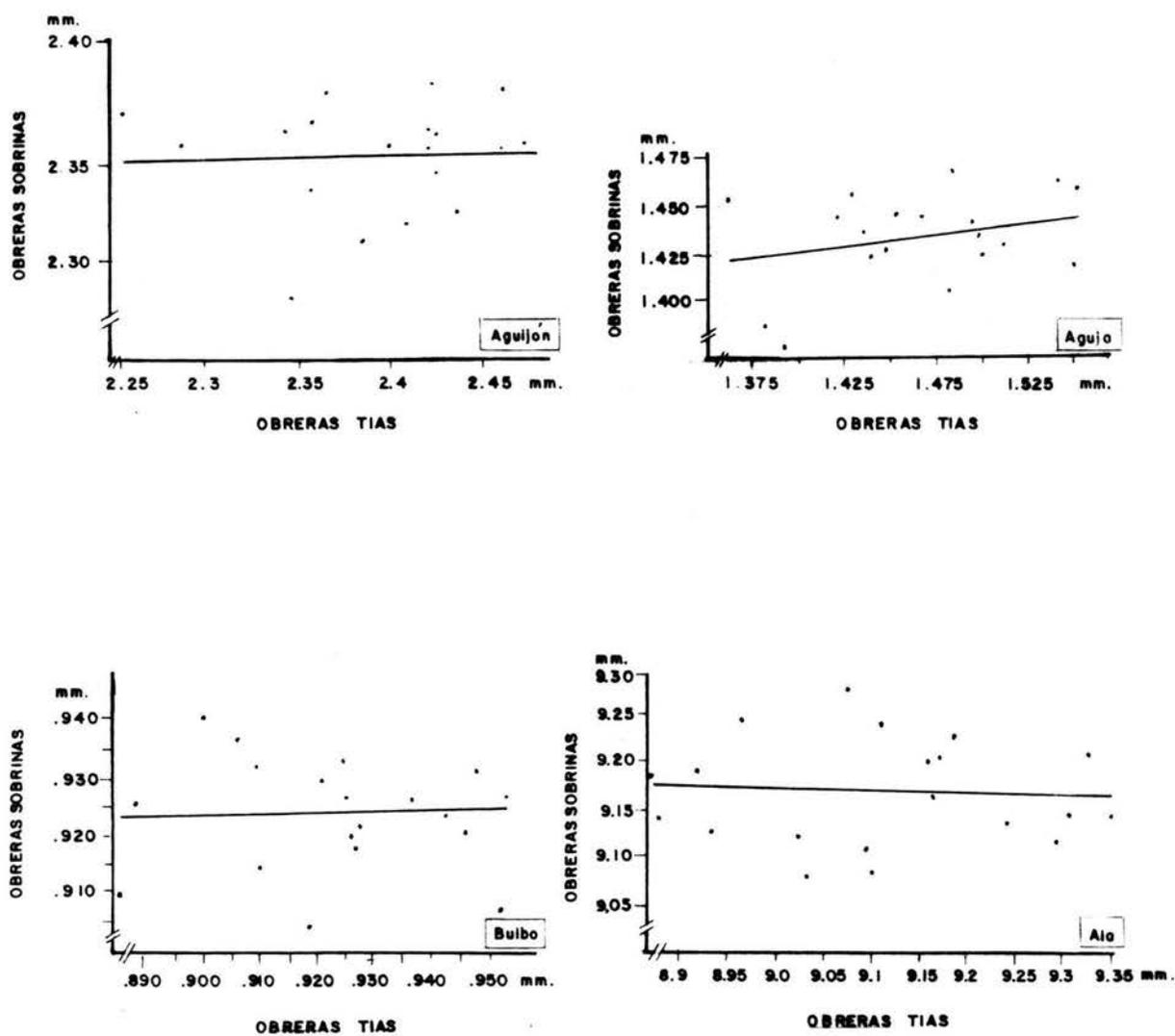


Figura 7. Valores observados y líneas de regresión de obreras sobrinias - tias de abejas europeas, de la longitud de aguijón, aguja, bulbo y ala.

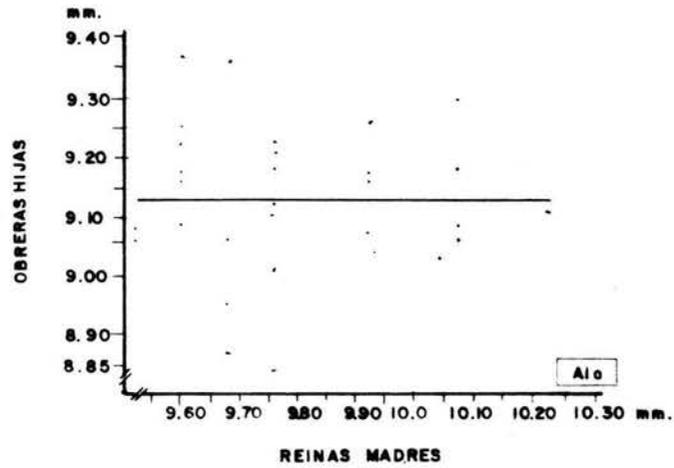
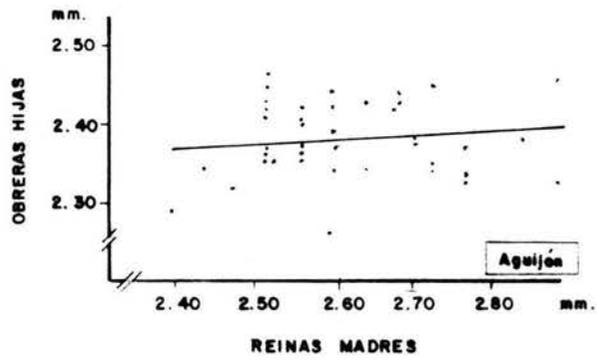


Figura 8. Valores observados y líneas de regresión de obreras hijas-reinas madres de abejas europeas, de la longitud de aguijón y ala.

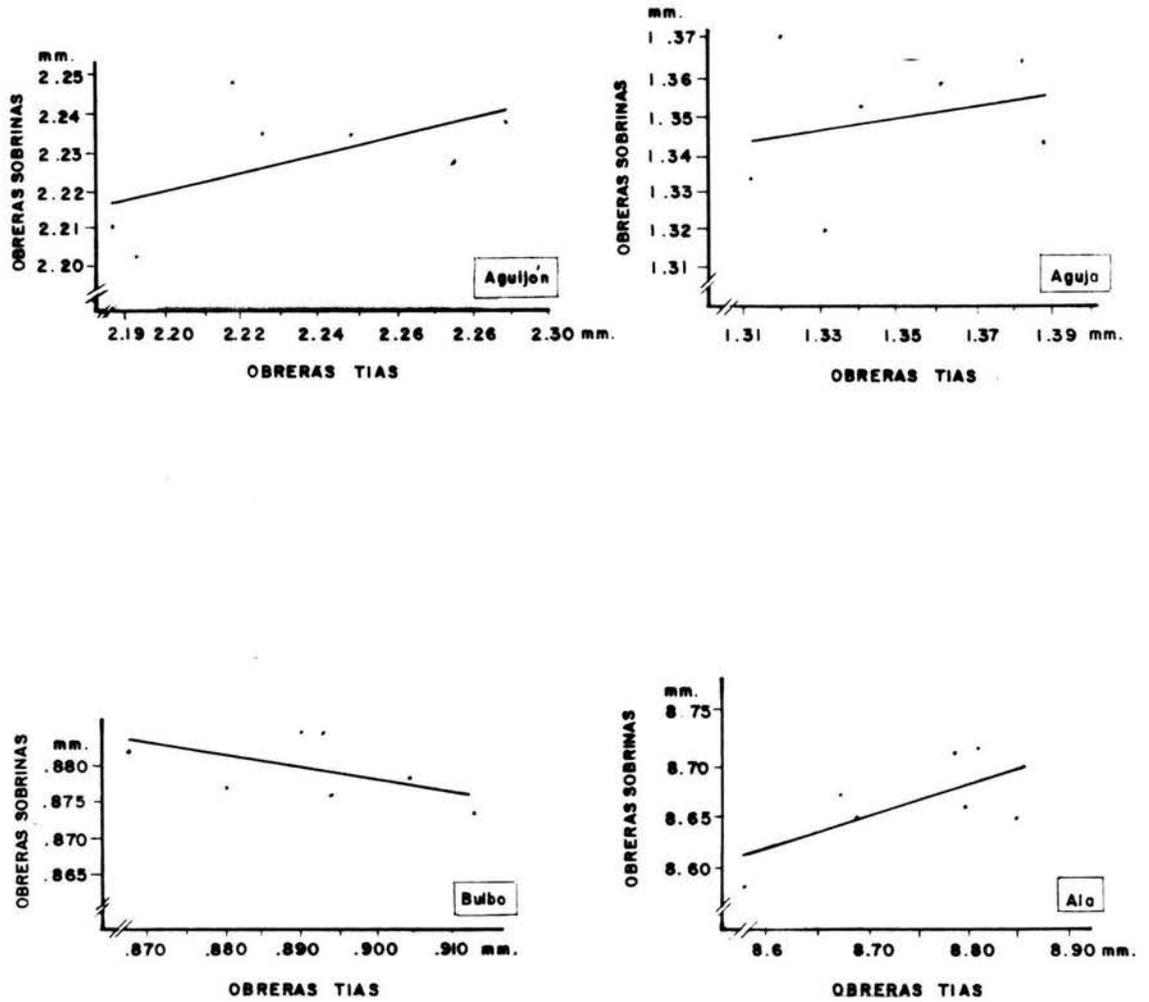


Figura 9. Valores observados y líneas de regresión de obreras sobrinas-tías de abejas africanas, de la longitud de aguijón, aguja, bulbo y ala.

fueron positivas, excepto en longitud de bulbo. El coeficiente de regresión b (Cuadro 5) que mide la magnitud y sentido del cambio de la expresión del carácter, fue de 0.222, 0.152, -0.143 y 0.327 en aguijón, aguja, bulbo y ala de abejas africanas, respectivamente. Como puede observarse, el coeficiente de regresión obtenido en alas de obreras africanas fue el mayor de todos, y sólo fue significativo al 10% de probabilidad. Según el valor de este coeficiente, existe cierta tendencia en la cual las obreras de alas grandes provinieron de reinas abuelas que tuvieron obreras hijas de alas grandes. Esto indica que el carácter longitud de alas en obreras es heredable en cierto porcentaje, y falta un estudio más preciso para conocer el nivel de heredabilidad.

Asimismo, el coeficiente de regresión obtenido en longitud de aguijón de africanas, de 0.222 mm, y significativo sólo al 20%, da una ligera idea de que el carácter de referencia también es heredable. Sin embargo, es difícil obtener alguna inferencia acerca de la heredabilidad de los componentes del aguijón, la longitud de aguja y de bulbo, debido a los valores más bajos de sus coeficientes de regresión y a la mayor probabilidad de ocurrencia.

Como las regresiones de descendientes-ancestros miden en cierta forma parte de la variabilidad genética transmitida de

los segundos a los primeros, los bajos coeficientes de regresión de obreras sobrinas-tías obtenidos en abejas africanas, y los nulos de obreras sobrinas-tías y obreras hijas-reinas madres en abejas europeas, pudieron deberse a errores en la toma de la muestra de abejas en la colmena. Es probable que parte de las obreras tomadas en la muestra eran visitantes y no hijas de la reina de la colmena muestreada, como en realidad deberían serlo, de manera que se midieron abejas que no tenían ningún parentesco con lo establecido según los registros.

De acuerdo con lo anterior, el haber obtenido coeficientes de regresión nulos en abejas europeas, y bajos, en africanas, indica que en las primeras existe un mayor intercambio de obreras entre colmenas, en comparación con las segundas, que son más selectivas. Lo cual coincide con lo señalado por Breed y Moore (1988). La poca selectividad de las colonias europeas hacia sus propias obreras puede ser la causa del alto porcentaje de invasiones que tienen por parte de los enjambres africanos, la cual ha sido una de formas de africanización de las colmenas europeas. Esto señala que para reducir la invasión de dichos enjambres, es necesario establecer una apicultura con base en colmenas de abejas africanas, las cuales se pueden obtener mediante un cuidadoso proceso de selección para caracteres de comportamiento y productividad.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

La alta correlación entre la longitud del aguijón y la de la aguja de éste, indica que la longitud del primero depende principalmente de la longitud de la segunda, y muy poco de la longitud del bulbo.

Las abejas obreras africanas tienen menor longitud de aguijón, aguja, bulbo y ala que las europeas y la diferencia es mayor en este último carácter, lo cual se debe probablemente a su menor tamaño de cuerpo.

Las abejas africanas son más agresivas que las europeas por su alto comportamiento de ataque, a pesar de su menor tamaño de aguijón y de la aguja de éste, y aun cuando su bulbo es más pequeño, es menos variable, probablemente por la necesidad de almacenar el veneno en una cantidad acorde a su agresividad.

La mayor magnitud del coeficiente de variación de la aguja del aguijón, principalmente en abejas africanas, indica que es factible seleccionar abejas con aguijón pequeño.

El menor coeficiente de variación obtenido en alas en relación al de los otros caracteres estudiados, indica que dicho carácter es más uniforme, lo cual puede ser el resultado de la evolución de las poblaciones ante la necesidad que tienen todas las obreras de volar para adquirir sus alimentos.

Los bajos coeficientes de regresión de descendientes ancestros no permitieron hacer una estimación confiable de la heredabilidad de los caracteres en estudio, debido probablemente a que al tomar las muestras, se incluyeron abejas no pertenecientes a la colmena muestreada.

El haber obtenido coeficientes de regresión descendientes ancestros mayores en abejas africanas que en europeas, pudo deberse a la mayor selectividad de las primeras en evitar la visita de abejas extrañas a la colmena, de manera que las abejas de la muestra pertenecían en mayor porcentaje a la colmena muestreada, que en abejas europeas.

LITERATURA CITADA

- Abdellatif, M.A., A.M. Abou-Elnaga, M.H. Ali, P.M. Shakir and M.K. Al-Jalili. 1977. Biometrical studies on Iraqi honeybees. *J. Apic. Res.* 16(3): 143-144.
- Anónimo. 1991. Zooming.... in on Mexico. *Beekeeping and development.* 19: 13.
- Blum, M.S., H.M. Fales, K.W. Tucker and A.M. Collins. 1978. Chemistry of the sting apparatus of the worker honey bee. *J. Apic. Res.* 17: 218-221.
- Bonimond, J.P. 1982. La abeja y su veneno. *Apiacta* 17: 1-4.
- Brauer H.,O. 1981. *Fitogenética Aplicada.* Ed. Limusa, México, 518 pp.
- Brice, L.F. 1989. La abeja africana en México. *Información Científica y Tecnológica.* 11(156): 5-9.
- Breed, D.M. and J.M. Moore. 1988. The guard bee as a component of the defensive response. In: *Africanized Honey Bees and Bee Mites.* Ed. John Wiley & Sons. Great Britain. 105-109 pp.
- Bustamante R.,H. 1992. Correlación entre la longitud del aguijón y la agresividad en abejas africanizadas del estado de Tabasco. Tesis Médico Veterinario Zootecnista. UNAM. 55 pp.
- Camazine, S. and R.A. Morse. 1988. The africanized honey bee. *Am. Scientist* 76: 465-471.

- Cervantes S.,T. 1985. Modelo teórico sobre el mejoramiento genético de abejas por selección masal. *Agrociencia*. 62: 101-104.
- Collins, A.M. 1988. Genetics of honey bee colony defense In: Africanized honey bee and bee mites. Ed. John Wiley & Sons. Great Britain. p. 110-117.
- Cornuet, J.M. and L.T. Fresnaye. 1975. Discrimination et classification de populations D'abeilles a partir de caractères biométriques. *Apidologie* 6(2): 145-187.
- Dadant, and Sons. 1979. The hive and the honey bee. Ed. Dadant and Sons. USA. 740 pp.
- Falconer, D.S. 1964. Introducción a la genética cuantitativa. Ed. CECSA. México. 430 pp.
- Fierro, M.M., A. Barranza, D.L. Maki and J.O. Moffett. 1987. The effects of the first year of africanization on honey bee populations in Chiapas, Mexico. Proceedings of the American Bee Research Conference. *Am. Bee J.* 127(12): 832-841.
- Fierro, M.M., A. Muñoz, X. López, H. Sumuano, H. Salcedo and G. Robledo. 1988. Detection and control of africanized bee in coastal Chiapas, México. *Am. Bee J.* 128(4): 272-275.
- Fletcher, D.J.C. 1978. The african bee *Apis mellifera adansonii* in Africa. *Ann. Rev. Entomol.* 23: 151-171.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México. 246 pp.
- Gary, N.E., H.V. Daly, S. Locke and M. Rice. 1985. The africanized honey bee: ahead of schedule. *Calif. Agric.* 39: 4-7.

- Goncalves, L.S. Kerr, W.E., Chaud N.J. e Stort A.C. 1972. Relatório final do grupo americano sobre abelha africana. 2º Congr Brasileiro de Apic. Brasil. pp. 209-268.
- Goncalves, L.S. and Stort, A.C. 1978. Honey bee improvement through behavioral genetics. Ann. Rev. Entomol. 31: 197-213.
- Goncalves, L.S. 1978. Impacto causado por las abejas africanizadas en la América del Sur. Gaceta del Colmenar. 460: 474-482.
- Goyal, N.P. and A.S. Atwal. 1977. Wing beat frequencies of *Apis cerana indica* and *Apis mellifera*. J. Apic. Res. 16(1): 47-48.
- Gómez R., R. 1978. Presencia de la abeja africanizada en Venezuela. Comentarios en relación a su impacto sobre la apicultura y salud pública. Ministerio de Agricultura y Cría de la República de Venezuela. Técnicas y prácticas apícolas. Folleto No. 5, 26 pp.
- Guzmán N., E. 1986. Apicultura y abejas africanizadas. Ed. SOMECOEX. México. 71 pp.
- Labougle R., J.M. y J.A. Zozaya R. 1986. La apicultura en México. Ciencia y Desarrollo 12(69): 17-28.
- Michener, C.D. 1975. The brazilian bee problem. Ann. Rev. Entomol. 20: 399-415.
- Moffett, J.O., D.L. Maki, T. Andre and M.M. Fierro. 1987. The africanized bee in Chiapas, México. Am. Bee J. 127(7): 517-519.
- Molina P., A. 1988. La abeja mellifera. En: Manejo y Control de la Abeja Africanizada. Programa Regional para el Manejo y Control de la Abeja Africanizada. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Banco Interamericano de Desarrollo. El Salvador. p. 28-68.

- Molina P.,A. 1989. La abeja mellifera su aguijón y su veneno. En Manejo y Control de la Abeja Africanizada. Programa Regional para el Manejo y Control de la Abeja Africanizada. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Banco Interamericano de Desarrollo. El Salvador. 81 pp.
- Oldroyd, B.P. 1988. Are queen characters or worker characters more important to honey production? In: Africanized Honey Bees and Bee Mites. Ed. John Wiley & Sons. Great Britain. p. 120-125.
- Oldroyd, B.P., T. Rinderer and S. Buco. 1991. Heritability of morphological characters used to distinguish european and africanized honeybees. Theor. Appl. Genet. (82): 499-504.
- Parra G.,N. 1989. Mejoramiento genético apícola En: Manejo y Control de la Abeja Africanizada. Programa Regional para el Manejo y Control de la Abeja Africanizada. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. Banco Interamericano de Desarrollo. El Salvador. 209 pp.
- Pasapera C.,S. 1993. Abeja africana. En: Memorias Aspectos Socioeconómicos Técnicos y Patológicos de las Abejas. SARH-UNAM. México. p. 1-7.
- Palos D.,A. 1989. Selección de abejas europeas y establecimiento de abejas africanas en la Chontalpa, Tabasco. Tesis Ing. Agrónomo UACA. Chapingo, México. 87 pp.
- Portugal, A.de V. 1971. The Central African bee in South America. Bee Wld. 52(3): 116-121.
- Prost, J.P. 1989. Apicultura. Ed. Mundi-Prensa. España. 726 p.
- Rinderer, T.F. 1977. Measuring the heritability of characters of honeybees. J. Apic. Res. 16(1): 95-98.

- Rinderer, T.E. 1980. Behavioral genetic analysis of colony defense by honey bee. In: Social Insects in the Tropics. First Int. Symp. of Int. Union for the Study of Social Insects and Sociedad Mexicana de Entomología. Morelos, México. Ed. Jaisson. University Paris - Nord. France. p. 249-254.
- Rinderer, T.E. 1986. Africanized bees: An overview. Am. Bee J. 126(2): 98-129.
- S.A.R.H. 1986. Las abejas africanas y su control. Manual No. 2. Orientaciones Técnicas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 84 pp.
- Silberrad, R.E.M. 1975. Apicultura en Zambia. XXV Congr. Int. de Apicultura. Grenoble, Francia. p. 345-346.
- Snodgrass, R.E. 1956. Anatomy of the honey bee. Ed. Comstock Publishing Associates. USA. 334 pp.
- Soares, A.E.E. 1981. Split-sting. A new honey bee character. J. Apic. Res. 20(3): 140-142.
- Taylor, O.R. 1977. The past and possible future spread of africanized honey bee in the Americas. Bee Wld. 58(1): 19-30.
- Tew, J. 1993. Colony reproduction by africanized honey bees. Am. Bee. J. 353.
- U.S.D.A. 1992. Mexican honey industry Up data. Am. Bee. J. 132(1): 12-15.
- Valdez C.,J. 1993. Morfología de *Apis mellifera*. En: Memorias. Aspectos Socioeconómicos Técnicos y Patológicos de las Abejas S.A.R.H.-U.N.A.M. p. 20-32.

- Villanueva B., T. 1990. Caracterización y selección de abejas africanas bajo manejo apícola en la Chontalpa, Tabasco. Tesis Ing. Agrónomo. UACH. Chapingo, México. 92 pp.
- Wimberley, T.E. and Portman, M. 1992. Risk communication and the killer bees: A critique of health and mental health risks addressed in the Texas africanized honey bee management plan. *Am. Bee. J.* 796-800.
- Winston, M.L., O.R. Taylor and G.W. Otis. 1983. Some differences between temperate european and tropical african and south american honey bees. *Bee Wld.* 64(1): 12-21.
- Winston, M.L. 1992. The biology and management of africanized honey bees. *Ann. Rev. Entomol.* 37: 173-193.
- Winston, M.L. 1992. Honey, they're here. *The Sciences.* 22-28.
- Zozaya, R.J.A. 1967. Development of Apiculture in Mexico. En: XXI Congreso Internacional de Apicultura Bucarest, Rumania. p. 392-399.