

01674

12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

EFFECTO DE LAS DIFERENCIAS EN POBLACIÓN ENTRE
COLONIAS DE ABEJAS (*Apis mellifera* L.) CON UNA Y DOS
REINAS EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y DE
PECOREO DE SUS OBRERAS

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

ANGÉLICA GENOVEVA GRIS VALLE

TUTOR: Dr. ERNESTO GUZMÁN NOVOA

COMITÉ TUTORAL: Dr. GABRIEL OTERO COLINA

Dr. ENRIQUE GONZÁLEZ SORIANO

México, D.F.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

COMITÉ TUTORAL:

Dr. ERNESTO GUZMÁN NOVOA

Dr. GABRIEL OTERO COLINA

Dr. ENRIQUE GONZÁLEZ SORIANO

REVISORES DEL TRABAJO DE TESIS Y JURADO DEL EXAMEN DE GRADO:

Presidente: Dr. CARLOS GUSTAVO VÁSQUEZ PELÁEZ

Secretario: Dr. GABRIEL OTERO COLINA

Vocal: Dr. ENRIQUE GONZÁLEZ SORIANO

Suplente: Dr. ERNESTO GUZMÁN NOVOA

Suplente: MVZ. JOSÉ ANTONIO ZOZAYA RUBIO

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para que la tesis este disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

MVZ. ANGÉLICA GENOVEVA GRIS VALLE

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres por estar siempre conmigo apoyándome, por darme su cariño, tiempo; por ser mis amigos, lo cual me ayudó para poder terminar no sólo una licenciatura sino a aspirar a algo más.

A Enrique mi novio por ser mi apoyo incondicional, por aguantar mis malos ratos, neurosis, por mantener este amor mientras estuve lejos y por esperar mi graduación para poder formar una familia.

A la memoria de una persona muy especial en mi vida, mi mejor amigo, el MVZ. Fernando Cristóbal Aquino, pues sin su motivación nunca hubiese entrado a estudiar la maestría.
¡Muchas gracias donde quiera que estés!

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor el PhD. Ernesto Guzmán Novoa, por ser un tutor excepcional como hay pocos, ya que siempre estuvo dispuesto a compartir sus conocimientos conmigo, su tiempo; pero sobre todo por su disposición para apoyarme, presionarme y aguantarme.

Al Dr. Gabriel Otero Colina y al Dr. Enrique González Soriano, por todo el apoyo brindado.

Al MVZ. J. Antonio Zozaya Rubio, por todo su apoyo, conocimientos y comentarios los cuales ayudaron a enriquecer el presente trabajo.

Al Dr. Carlos Vázquez Peláez, por todo su apoyo brindado y tiempo para llevar acabo los análisis estadísticos.

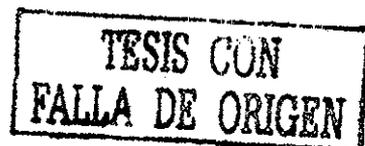
A la MVZ. Adriana Correa B., por todo su apoyo y conocimiento el cual siempre me ha brindado incondicionalmente, pero sobre todo por ser una gran amiga y un gran apoyo para mí durante los momentos difíciles.

A todos mis compañeros, que me ayudaron en la toma de los datos y me brindaron sus conocimientos y amistad.

A los trabajadores de Dr. Guzmán, José Eugenio Calvo Millán y Román Cano Sotelo que me apoyaron y compartieron su amistad conmigo.

A todos mis amigos, pero especialmente a Elia por ser mi amiga de toda la vida; por apoyarme, ayudarme y comprenderme cuando no tuve el tiempo para compartir con ella.

Este trabajo fue financiado parcialmente con el apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), de la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, con No. Proyecto IN-201900. También contribuyeron a este trabajo recursos de Alianza para el Campo a través del gobierno del Estado de México.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
A) Importancia de la apicultura en México	1
B) Problemática de la apicultura mexicana	1
C) Productividad e intensidad de pecoreo de las colonias de abejas	2
D) El sistema de doble reina	3
E) Justificación	3
OBJETIVO	5
HIPÓTESIS	5
MATERIALES Y MÉTODOS	6
A) Localización del área de estudio	6
B) Instalación de colonias experimentales	7
C) Manejo con el sistema de una reina	7
D) Manejo con el sistema de dos reinas	8
E) Variables	9
1) Evaluación del comportamiento productivo de las colonias	9
2) Evaluación de la rentabilidad	9
3) Evaluación de la densidad de población de las colonias	10
4) Evaluación del peso de las colmenas	10
5) Evaluación del comportamiento de pecoreo	11
6) Evaluación del volumen del néctar	12
7) Evaluación de la concentración del néctar	13
8) Productividad unitaria	13
F) Análisis estadístico	13

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

RESULTADOS	15
1) Producción de miel entre sistemas	15
2) Costos de producción de miel entre sistemas	15
3) Densidad de población de las colonias	15
4) Peso de las colonias	15
5) Intensidad de pecoreo de las abejas	16
6) Volumen del néctar pecoreado	17
7) Concentración del néctar pecoreado	18
8) Productividad unitaria	18
9) Relaciones entre variables	19
DISCUSIÓN	20
1) Producción de miel entre sistemas	20
2) Costos de producción de miel entre sistemas	21
3) Densidad de población y peso de las colonias	21
4) Intensidad de pecoreo de las abejas	22
5) Volumen y concentración del néctar recolectado	24
6) Productividad unitaria	25
7) Relaciones entre variables	26
8) Recomendaciones	27
CONCLUSIONES	28
LISTA DE REFERENCIAS	30
CUADROS Y FIGURAS	34

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Costos de producción (en MN) por colonia y por kilogramo de miel, en sistemas de producción de colmenas con una y dos reinas (sencilla y doble).

Cuadro 2. Medias para el pecoreo (No. abejas por min), peso por colmena (kg), volumen (μ l) y concentración (%) de cargas individuales de néctar, población (No. abejas por colonia), miel producida por colonia (kg) y costo de producción por kilogramo de miel en sistemas de una y dos abejas reinas, durante la floración de otoño en el Altiplano Mexicano.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre las variables de población de abejas (PA), peso total de las colmenas (PT), peso destarado de las colmenas (PD), viajes de pecoreo totales (VT), viajes de pecoreo sin polen (VN) y producción de miel (PM).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Climograma de la zona de estudio (Villa Guerrero y Coatepec Harinas, México).
- Figura 2.** Esquema de las partes que componen las colmenas dobles (con dos reinas) y sencillas (con una reina) utilizadas.
- Figura 3.** Regresión del peso total de las colmenas sobre la producción de miel en colonias de abejas con una y dos reinas (sencilla y doble).
- Figura 4.** Regresión de número de viajes de pecoreo por minuto sobre la producción de miel en colonias de abejas con una y dos reinas (sencilla y doble).
- Figura 5.** Regresión de la población de abejas sobre la producción de miel en colonias de abejas con una y dos reinas (sencilla y doble).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar el efecto de las diferencias en población entre colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) con una y dos reinas en el pecoreo y almacenamiento de miel de sus obreras, así como en la productividad y rentabilidad de ambos sistemas. Para ello se establecieron y estudiaron un total de 92 colonias experimentales (46 con una reina y 46 con dos) en una región del Altiplano Mexicano. En las colonias experimentales se midieron o estimaron las siguientes variables: comportamiento productivo, rentabilidad de la producción de miel, densidad de población de abejas, peso de las colmenas, pecoreo de las obreras y volumen y concentración de las cargas de néctar transportadas por las abejas. Las colonias con dos reinas produjeron significativamente más miel que las de una reina, con una media de 53.23 ± 2.39 kg contra una media de 26.45 ± 1.83 kg de las sencillas (101.25% más, $P < 0.0001$). El costo de producción por kilogramo de miel fue de \$9.92 y \$12.32 para colonias dobles y sencillas, respectivamente. El menor costo en producción en colonias dobles se debió a ahorros en mano de obra, transportación y alimentación. Las colonias con doble reina tuvieron 104.40% más abejas que las de una reina y esta diferencia fue significativa ($P < 0.001$). El número promedio de pecoreadoras que regresaron a cada colmena en un lapso de un minuto fue significativamente mayor en colonias de dos reinas que en colonias de una reina (391.58 ± 9.14 y 265.25 ± 6.69 , respectivamente, $P < 0.001$). La división del trabajo en el pecoreo (proporción de pecoreadoras que transportaban néctar o polen) no fue diferente entre abejas de ambos sistemas, pero hubo diferencias en el volumen y concentración de néctar entre tipos de pecoreadoras. Las pecoreadoras sin cargas de polen acarrearón néctar en mayor volumen y concentración que las pecoreadoras con cargas de polen ($P < 0.001$). Las abejas de colonias dobles fueron 6.2% más eficientes que las de colonias sencillas, ya que requirieron hacer un menor número de viajes para producir cada kilogramo de miel (190,295, contra 202,840). Esto se debió principalmente a que las obreras de colonias dobles fueron más exitosas que las de colonias sencillas (un mayor porcentaje de pecoreadoras regresaba a su colmena con néctar en el buche en comparación con las pecoreadoras de colonias sencillas), aunque el volumen medio de néctar acarreado por pecoreadora exitosa, no fue diferente entre abejas de colonias con una y dos reinas ($P > 0.05$). El volumen y concentración de néctar acarreado por las abejas pecoreadoras, fue significativamente mayor y más concentrado en las mediciones realizadas el 25 de octubre y el 8 de noviembre, y en las tardes ($P < 0.001$). Se encontraron correlaciones significativas de > 0.70 entre población, peso de las colmenas, número de pecoreadoras y



producción de miel ($P < 0.001$). El peso de las colmenas fue la variable que mejor predijo la producción de miel ($r = 0.94$, $P < 0.001$). Los resultados sugieren que la producción de miel es más rentable bajo el sistema de manejo con dos reinas por colmena y que esta rentabilidad se debe a factores como el uso más eficiente de la mano de obra, la transportación, la alimentación artificial y el pecoreo más eficiente de sus obreras. Adicionalmente, por su alta correlación con la producción de miel, se recomienda la técnica del pesaje de las colmenas al inicio de la floración como un método para predecir la productividad de las colonias de abejas con fines de estudio o mejoramiento genético. Además, en el presente trabajo se discuten alternativas para hacer aún más eficiente el sistema de doble reina y para implementarlo en otras regiones del país. Por lo pronto, los resultados obtenidos permiten recomendar el uso del sistema de dos reinas en apiarios localizados en la región del Altiplano Mexicano.

Palabras clave: *Apis mellifera* L./ producción de miel/ población/ doble reina/ pecoreo/ rentabilidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SUMMARY

This study was conducted with the objective of evaluating the effect of population differences between honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies headed by one or two queens, on the foraging and honey hoarding behavior of their workers, as well as on the productivity and profitability of both colony systems. Ninety two experimental colonies were established and studied (46 for each system) in a region of the Mexican high plateau. The following variables were measured or estimated: honey production, profitability of honey production, worker population, hive weight, foraging behavior, volume and concentration of nectar loads. The colonies of the two-queen system produced significantly more honey than those of the one-queen system, with an average of 53.23 ± 2.39 kg vs. an average of 26.45 ± 1.83 kg of the one-queen system (101.25% more honey, $P < 0.0001$). The cost of production per kilogram of honey was \$9.92, and \$12.32 pesos, for colonies with two and one queen, respectively. The lower production cost in two-queen system colonies was due to savings on labor, transportation, and feeding. The two-queen colonies had 104.40% more workers than those with one queen, and this difference was significant ($P < 0.001$). The average number of foragers returning to their hive per minute was significantly higher in colonies with two queens than in colonies with one queen (391.58 ± 9.14 and 265.25 ± 6.69 , respectively, $P < 0.001$). The division of labor on foraging (proportion of nectar and pollen foragers) was not different between bees of both systems, but there were differences in the volume and concentration of nectar between forager types. The foragers without pollen carried larger and more concentrated nectar loads than the foragers that collected pollen ($P < 0.001$). The workers from two-queen colonies were 6.2% more efficient than those from single-queen colonies, because they required less trips to produce each kilogram of honey (190,295, vs. 202,840). This was mainly due to the fact that workers from two-queen colonies were more successful than those from one-queen colonies (a higher proportion of foragers came back to their colonies with nectar loads), although the mean nectar load per successful forager, was not different between workers of the two systems ($P > 0.05$). The volume and concentration of the nectar was significantly higher and more concentrated in the measurements of October 25 and November 8, as well as during afternoons ($P < 0.001$). There were > 0.70 and significant correlations among population, hive weight, number of foragers and honey production ($P < 0.001$). The weight of the hives was the variable that best predicted honey production ($r = 0.94$, $P < 0.001$). These results suggest that honey production is more profitable under

the two-queen system, and that this profitability is due to variables such as a more efficient use of labor, transportation, artificial feeding, and foraging efficiency of the workers. Additionally, it is recommended that hives are weighted at the beginning of blossom seasons to predict the productivity of honey bee colonies for study or breeding aims. Moreover, alternatives are discussed to make the two-queen system even more efficient and to implement it in other regions of Mexico. Because of the above, the results of this study suggest that the two-queen system of honey production is recommended for the high plateau region of Mexico.

Key words: *Apis mellifera* L./ honey production/ population/ two-queen colony system/ foraging behavior/ profitability.



INTRODUCCIÓN

A) Importancia de la apicultura en México. La apicultura en México tiene una gran importancia social y económica. Se estima que de ella dependen de manera directa o indirecta más de 500,000 personas, de las cuales 40,000 son apicultores. Aproximadamente 80% de las 1'945,000 colmenas que existen en México, están en manos de apicultores campesinos que perciben bajos ingresos, y la venta de miel y cera les permite un aumento substancial de su nivel de vida. El apicultor promedio en México tiene entre 40 y 50 colmenas, aunque existen unas 100 empresas que manejan más de 1,000 colmenas cada una (Labougle y Zozaya 1986; Guzmán-Novoa 1996).

Cada año se exporta miel y cera con valor alrededor de 50 millones de dólares, siendo la miel el tercer producto de origen pecuario que reporta más divisas al país, después del ganado bovino y del porcino. La polinización de cultivos es lo más importante, ya que el efecto polinizador de las abejas en los cultivos agrícolas rebasa los 18,000 millones de pesos cada año (Guzmán-Novoa 1996).

B) Problemática de la apicultura mexicana. La apicultura nacional tuvo un auge constante durante la década de los 70 y gran parte de la década de los 80. Tanto el número de colmenas como la producción y exportación de miel aumentaron año con año. El número de colmenas aumentó de aproximadamente 1'300,000 en 1970 a 2'300,000 en 1985. La producción de miel pasó de 35,000 ton en 1970 a más de 62,000 en 1985 (77% más en sólo 15 años), mientras que la exportación aumentó de 24,000 a 48,000 ton (100%). Sin embargo, durante el último lustro, tanto el número de colmenas como la producción y exportación de miel han disminuido considerablemente. Se estima que la producción de miel ha bajado en más de 20%. Durante 1998 por ejemplo, la producción fue estimada en 55,297 ton (probablemente sobreestimada), mientras que la exportación fue de sólo 26,321 ton, lo que representa 55% de lo que se exportaba en 1985 (Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana 1998). Esta baja en la producción es el resultado de una disminución tanto en el número de colmenas como en la productividad de las mismas.

La disminución en la productividad de las colonias de abejas se ha debido principalmente a la aparición en México de problemas como la abeja africanizada (Guzmán-Novoa 1996) y el ácaro ectoparásito *Varroa destructor* A. (Anderson y Trueman 2000; Arechavaleta y Guzmán-Novoa 2000), así como a la falta de desarrollo y validación de tecnologías que hagan más eficiente la producción (Labougle y Zozaya 1986). Además

del problema de menor productividad, el precio de la miel ha sido el mismo desde hace más de 10 años, por lo que la rentabilidad de la apicultura se ha visto diezmada, ocasionando que muchos apicultores abandonen dicha actividad. Ciertamente poco puede hacerse con relación al precio de la miel, ya que los productores mexicanos son cautivos del mercado de exportación, el cual rige los precios, pero mucho podría hacerse con relación a la productividad de las colonias.

La productividad podría aumentarse controlando los efectos adversos de las abejas africanizadas, por medio del uso anual de reinas mejoradas o de origen europeo en las colonias. También podría incrementarse si la mayoría de los apicultores mexicanos utilizara la tecnología disponible para el control del ácaro *Varroa destructor*. Existen medicamentos, métodos de manejo y abejas relativamente tolerantes al parásito (Guzmán-Novoa y Correa 1996; Guzmán-Novoa *et al.* 1999). Sin embargo, en México no hay opciones de manejo para incrementar la productividad de las colonias de abejas, ya que se ha hecho muy poca investigación para el desarrollo o validación de tecnología apícola. Si la productividad de las colonias pudiera aumentarse y los fundamentos de esta productividad se conociesen, la rentabilidad de la producción de miel aumentaría, con lo que los productores se verían estimulados a invertir más en tecnología y a aumentar el número de colonias de abejas en producción. El sistema de colonias de doble reina pudiera ser una alternativa favorable para una mayor rentabilidad en la producción de miel.

C) Productividad e intensidad de pecoreo de las colonias de abejas. La eficiencia en la producción de miel se incrementa mediante el aumento en las poblaciones de las colonias (Farrar 1937; Moeller 1961; Szabo 1982; Szabo y Lefkovitch 1989). Farrar (1937) y Cale y Rotenbuhler (1984) encontraron en diferentes estudios una correlación de 0.93 entre la población de las colonias y el rendimiento de miel.

El desarrollo de la población de abejas de una colonia depende de la intensidad en la oviposición de la reina, de la viabilidad de su cría y de la longevidad de las obreras adultas (Woyke 1984; Guzmán-Novoa y Gary 1993). Por eso, entre más huevos ponga una reina, entre más viables sean éstos y cuanto más vivan las abejas, la población y la producción aumentarán. La eficiencia en la producción (productividad unitaria) puede definirse como la cantidad de miel que en promedio es producida por cada mil abejas de una colonia. Es posible que la mayor producción de colonias altamente pobladas se deba a una mayor productividad unitaria. Una hipótesis plausible es que a mayor población, la productividad aumenta debido a un pecoreo más intenso y a una mayor especialización

en la recolección de néctar por parte de las abejas obreras. Se presume que la proporción de abejas pecoreadoras en relación con la población total de la colonia aumenta gradualmente conforme aumenta la población de ésta. Por eso, la intensidad y la especialización en el pecoreo de néctar aumentarían, lo que conllevaría a una mayor productividad de miel por abeja y por colonia (Woyke 1984).

En cuanto a especialización en el pecoreo, Giray *et al.* (1999) encontraron que más de 97% de las obreras pecoreadoras sin polen atrapadas al regresar a su colmena acarrearán néctar, por lo que se supone que las abejas que transportan polen son especialistas en el pecoreo de este producto, mientras que no lo hacen, son especialistas en el pecoreo de néctar.

D) El sistema de doble reina. Una alternativa para aumentar la productividad y la rentabilidad de las colonias de abejas consistiría en tener dos reinas en cada colonia, ya que se aumentaría la intensidad de oviposición y se tendrían más abejas para el pecoreo. Cualquier sistema que asegure la producción de huevos de dos reinas en una sola colmena durante casi dos meses antes del flujo de néctar, ayudará a incrementar la producción de miel (Moeller 1976).

Varios sistemas de manejo de doble reina para producir miel han sido descritos por Farrar (1953), Dunham (1953), Holzberlein (1953), Miller (1953), Moeller y Harp (1965), Peer (1969) y Walton (1974); sin embargo, fue Moeller (1976) quien perfeccionó y simplificó los métodos.

El sistema de dos reinas requiere más mano de obra, pero menos equipo, las colonias producen más miel y aparentemente cada abeja es más productiva que las abejas de colonias con una reina (Duff y Furgala 1989a, b; Moeller 1976). Este sistema ha probado ser efectivo en zonas donde el flujo de miel es largo, intenso y predecible, como en Nueva Zelanda, el norte de los Estados Unidos y Canadá. Walton (1972), por ejemplo, reportó que el rendimiento de miel de colmenas con dos reinas fue 60-75% superior al de colonias con una reina en apiarios de Nueva Zelanda. Sin embargo, el sistema sólo se ha ensayado con abejas europeas y en zonas en donde no existían o existen abejas africanizadas.

E) Justificación. En este estudio se validaron y compararon en una zona africanizada del altiplano de México, dos sistemas de manejo para la producción de miel: el de una reina y el de dos reinas. A diferencia de lo hecho en otros países, se trabajó en una zona de flujo intermedio de néctar y se controlaron en ambos sistemas los problemas de varroosis y de

africanización, para así poder diferenciar exclusivamente los efectos del manejo, del comportamiento de pecoreo de las abejas y del desarrollo poblacional de las colonias sobre la producción de miel.

Este estudio se realizó porque si bien es cierto el sistema de doble reina ya se había ensayado en México antes de la africanización de las abejas, los resultados no fueron concluyentes debido al bajo número de colonias utilizado (Bernaldez y García 1984). Además, resulta necesario probar nuevamente este sistema bajo las condiciones de africanización y varroosis en que se encuentra actualmente la apicultura nacional. También se realizó con la finalidad de conocer las relaciones entre el desarrollo poblacional, pecoreo de las abejas y el comportamiento productivo de las colonias, así como para estimar la rentabilidad del sistema de dos reinas. Saber esto es importante porque no sólo permitirá recomendar o no esta nueva tecnología, sino porque también ayudará a entender las razones por las cuales estas colonias resultan en mayor o menor productividad, en las condiciones ecológicas de la zona donde se llevó a cabo el estudio.

OBJETIVO

Estimar el efecto del sistema de dos reinas por colmena sobre la población, peso, pecoreo (néctar y polen), producción de miel y rentabilidad de colonias de abejas melíferas, en el Altiplano Mexicano.

HIPÓTESIS

El efecto del sistema de dos reinas no modifica la población, peso, pecoreo (néctar y polen), producción de miel y rentabilidad de colonias de abejas melíferas, con relación al sistema tradicional de una reina, en el Altiplano Mexicano.

OBJETIVO

Estimar el efecto del sistema de dos reinas por colmena sobre la población, peso, pecoreo (néctar y polen), producción de miel y rentabilidad de colonias de abejas melíferas, en el Altiplano Mexicano.

HIPÓTESIS

El efecto del sistema de dos reinas no modifica la población, peso, pecoreo (néctar y polen), producción de miel y rentabilidad de colonias de abejas melíferas, con relación al sistema tradicional de una reina, en el Altiplano Mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

A) Localización del área de estudio. La investigación se realizó de julio a diciembre del año 2000 en apiarios pertenecientes al Centro de Mejoramiento Genético, Generación y Transferencia de Tecnología Apícola, ubicado en el km 29 de la carretera estatal Tenango del Valle - Villa Guerrero, en el Estado de México. La temperatura y precipitación pluvial promedio mensual para la zona de estudio, se muestran en la Figura 1. Los apiarios se encontraban distribuidos en dos municipios el municipio de Villa Guerrero y el de Coatepec Harinas.

El municipio de Villa Guerrero se encuentra al suroeste del Estado, la cabecera municipal se localiza a los 99° 38' 00" de longitud oeste y a 18° 58' 36" de latitud norte, con una altitud media SNM de 2,160 m. Colinda al norte con Tenango del Valle, Zinacantepec y Calimaya, al sur con Ixtapan de la sal, al este con Tenancingo y Zumpahuacán y al oeste con Coatepec Harinas y Texcaltitlán. Este municipio tiene un clima templado subhúmedo (C(w)), con lluvias en verano y una temperatura media anual de 12 a 14°C, con una máxima de 24°C y una mínima de 1°C. Cuenta con una precipitación pluvial promedio anual de 1,242.53 mm (INEGI 1998). La flora predominante de mayor importancia apícola consta de: encino (*Quercus spp*), cedro (*Cedrela mexicana* Roem), fresno (*Fraxinus spp*), aguacate (*Persca spp*), durazno (*Prunus persica* Sieb y Zucc.), pirul (*Schinus molle* L.), ciruelo (*Prunus domestica* L.), borraja (*Borago officinalis* L.), árnica (*Tithonia diversifolia*), rosa (*Rosa spp*), azucena (*Polygonum tuberosa* L.) y maíz (*Zea Mays* L.) (Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México 1988; Wulfrath y Speck 1963).

El municipio de Coatepec Harinas se encuentra al occidente del estado de México, la cabecera municipal se ubica a los 18° 57' 54" de latitud norte y a los 99° 46' 38" de longitud oeste, con una altitud media SNM de 2,500 m. Colinda al norte con Zinacantepec, al este con Villa Guerrero, al sureste con Ixtapan de la sal y Tonatico, al sur con Zaculpan, al suroeste con Almoloya de Alquisiras, al oeste con Texcaltitlán y al noroeste con Temascaltepec. Este municipio tiene un clima templado subhúmedo (C(w)), con lluvias en verano y una temperatura media anual de 16.1°C, con una máxima de 32°C y una mínima de 0°C. La precipitación pluvial media anual es de 1,134.9 mm (INEGI 1998). Se registran heladas de noviembre a febrero. La flora apícola de mayor importancia consta de encinos (*Quercus spp*), árnica (*Tithonia diversifolia*), borraja (*Borago officinalis* L.), hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.), sauco (*Sambucus mexicana* Presl.), cultivos como maíz (*Zea Mays* L.), sorgo (*Sorghum spp*), pepino (*Cucumis sativa* L.), frijol

(*Phaseolus lunatus* L.), azucena (*Polianthes tuberosa* L.) y rosa (*Rosa* spp) (Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México 1988; Wulfrath y Speck 1963).

B) Instalación de colonias experimentales. Se instalaron un total de 56 colmenas para cada uno de los dos sistemas (de una y dos reinas), pero se tomaron datos de 46 colmenas por sistema, debido a la pérdida de reinas. Las 92 colmenas experimentales estaban distribuidas en ocho apiarios, cada uno de los cuales tenía de cinco a siete colmenas de cada uno de los sistemas. En cada apiario se manejó el mismo número de colmenas con el sistema de una reina que con el sistema de dos reinas. Todas las colonias se identificaron con un número consecutivo hecho con un marcador de aceite en una pared lateral de la cámara de cría de cada colmena que las albergó. Las reinas utilizadas fueron de origen europeo, derivadas de madres importadas de los Estados Unidos, apareadas a libre fecundación. La alimentación y el tratamiento contra *Varroa destructor* se realizaron de forma similar en ambos sistemas. Para alimentar a las abejas, se utilizó jarabe de agua y azúcar a partes iguales y pasta de azúcar (18 partes de azúcar, una parte de agua y una parte de miel hervida) proporcionados *ad libitum*, pero se llevaron registros del consumo de alimento de cada colonia. Para el tratamiento contra varroosis se utilizaron dos tiras plásticas impregnadas con fluvalinato (Apistan®, Laboratorios Novartis) en cada colonia. Adicionalmente, se dio un tratamiento preventivo contra Loque americana (*Paenibacillus larvae* W.) con 6 g de Terramicina® (Laboratorios Pfizer) a cada colonia.

C) Manejo con el sistema de una reina. Todos los manejos que se hicieron en las colmenas estuvieron encaminados hacia un solo objetivo: hacer que cada una de las colonias llegara con la máxima población de abejas posible al inicio de la floración. Para lograr este objetivo, el manejo radicó en asegurarse que en todas y cada una de las colmenas hubiese una reina que ovipositará bien, prevenir o tratar las enfermedades, controlar la enjambrazón, y verificar que las abejas tuviesen alimento y espacio suficientes y a tiempo. Quincenalmente se verificó la presencia de la reina, se dieron medicamentos (Terramicina®, Apistan®), alzas, jarabe y pasta de azúcar hasta el inicio de la floración. En el alza superior se colocaron de cuatro a siete alimentadores para jarabe y uno para pasta de azúcar. Los alimentadores para jarabe fueron envases de plástico de 526 ml de capacidad. El alimentador para pasta de azúcar consistió en una pieza de polietileno de 55 X 49 cm, suspendida en ambos extremos de un cabezal de bastidor de

alza y colgada en un costado lateral del alza a manera de hamaca. Este alimentador tiene una capacidad de 5 kg para pasta de azúcar.

D) Manejo con el sistema de dos reinas. Basados en el trabajo de Moeller (1976) y siguiendo su procedimiento con dos modificaciones, se realizó lo siguiente: dos meses y medio antes de la floración de otoño, se dividió en dos partes cada una de las colonias y a cada división se le proporcionó una reina joven, de origen europeo. El cubo de la cámara de cría inferior de cada colmena albergó a la mayoría de las obreras (las más viejas), mientras que en el cubo superior se colocaron los panales que contenían la mayor parte de la cría operculada a punto de emerger y el resto de la población de obreras. El espacio remanente en ambos cubos se relleno con panales vacíos. Entre ambos cubos se colocó una tapa interior para dividir a las dos unidades. A ambas unidades se les proporcionó un alza. En el alza de la unidad superior se perforó un agujero de 3 cm de diámetro (modificación 1) que funcionó como piquera para los vuelos de las abejas de esa unidad. Moeller (1976) utilizó tapas interiores con piquera integrada para este fin, pero en México estas tapas no se fabrican comúnmente. Dos semanas después de la introducción de las reinas, se quitó la tapa divisora entre las unidades y se reemplazó con un excluidor de reina cubierto por ambos lados con mallas criba de metal de 3 mm (modificación 2; Fig. 2). Moeller (1976) utilizó una tapa interna con un orificio central, cubierto con mallas criba de metal de 3 mm por ambos lados. La modificación se hizo porque este tipo de tapas no es utilizado en México. La función de la malla es la de impedir temporalmente el paso de las abejas, evitando que los individuos de la parte inferior se peleen con los de la superior, hasta que se mezclen los olores de las dos unidades, para que las obreras se acepten. En este manejo también se verificó la oviposición de ambas reinas. Una semana después y ya habiéndose mezclado los olores de las colonias, las mallas entre las que se encontraba el excluidor fueron retiradas, quedando únicamente el excluidor entre ambas unidades. Esto permitió el paso y el contacto directo entre las abejas obreras de ambas unidades, pero no entre las reinas.

La conformación de cada colmena quedó de la siguiente manera: partiendo de la parte inferior hacia la superior, lo primero que se colocó sobre el piso fue una cámara de cría (la cual albergó a una de las reinas) y sobre ésta se colocó un alza, después el excluidor de reina y sobre éste otra cámara de cría (la cual albergó a la otra reina). Sobre esta segunda cámara de cría se colocó un alza con un orificio de 3 cm de diámetro (que funcionó como piquera) y posteriormente se colocaron todas las alzas necesarias para soportar la población de la colonia y evitar la enjambrazón. Finalmente cada colmena fue

provista con un techo interno y uno telescópico (Fig. 2). La alimentación, medicamentos y alzas se proveyeron quincenalmente, como se describe para el sistema de una reina.

Después de haber pasado tres a cuatro semanas de iniciado el flujo de néctar, las colonias se convirtieron en colonias de una sola reina, ya que no había ninguna ventaja en tener una segunda reina ovipositando cuando restaba un mes de afluencia de néctar, debido a que los huevecillos depositados en este lapso de tiempo no se convertirían en abejas pecoreadoras antes de que terminase el flujo y por el contrario serían crías que consumirían alimento. Se requiere de al menos cinco semanas antes de que los huevos puedan transformarse en abejas que puedan recolectar néctar. No obstante, entrar en el nido de cría para sacar a una de las reinas a la mitad del flujo resultó complicado y poco práctico. El convertir nuevamente la unidad en una colonia de una sola reina, se realizó simplemente quitando el excluidor y manejando a la colonia como una unidad sencilla. Al retirar el excluidor, las reinas pelean y normalmente una muere. El resultado de acuerdo con Moeller (1976), es generalmente la muerte de la reina más vieja, lo cual asegura que la colonia quede con una madre joven.

E) Variables. Se midieron o estimaron las siguientes variables:

1) Evaluación del comportamiento productivo de las colonias. Para hacer esta evaluación se siguió el método descrito por Estrada de la Mora y Guzmán - Novoa (1991), el cual consiste en estimar la producción de miel de cada colmena en todos los apiarios. La producción se calculó de la siguiente manera: durante la cosecha se contó y registró en una hoja de producción, el número de bastidores de alza con miel operculada en por lo menos 80% que se cosecharon de cada colmena. Después de extraída toda la miel, se obtuvo el total de kilogramos producidos y éste se dividió entre el número total de bastidores cosechados, para así obtener un peso promedio por bastidor. Este promedio se multiplicó por el número de bastidores cosechados de cada colmena para obtener la producción unitaria en kilogramos.

2) Evaluación de la rentabilidad. Para evaluar la rentabilidad de los dos sistemas de operación utilizados, se midió el tiempo invertido en el manejo de una muestra de 10 colmenas de cada sistema. También se llevó un control sobre la cantidad de jarabe de sacarosa y de pasta invertidos en una muestra de 23 colonias de cada tipo.

Para estimar la inversión monetaria hecha en cada colonia y determinar el costo por kilogramo de miel producida, se realizaron los siguientes cálculos: se sumaron los

gastos por concepto de depreciación del equipo, mano de obra, reina, transportación (combustible, mantenimiento y depreciación del vehículo), alimento (azúcar en jarabe y pasta), medicamentos (oxitetraciclina y fluvalinato) y gastos varios (equipo de manejo, repelente, cuchillos, electricidad, renta, pago de apiarios, imprevistos, etc; representa el 10% de todos los gastos anteriores). Después de sumar los conceptos anteriores, se restó el valor de la cera producida y la cifra obtenida se dividió entre los kilogramos de miel producida en promedio por colmena de cada tipo.

Los costos reales estimados para cada uno de los componentes anteriores en cada uno de los sistemas de producción se presentan en el Cuadro 1. El valor del equipo e insumos se calculó de un promedio de tres cotizaciones obtenidas de proveedores de material e insumos para la apicultura. Los valores de miel y cera, fueron los que se pagaron al mayoreo en el Altiplano Mexicano en el año 2000.

3) Evaluación de la densidad de población de las colonias. Con el fin de estimar el número de abejas por bastidor (factor) al comienzo del experimento (28 de septiembre), se tomaron cinco bastidores tanto de cámara de cría como de alza, de diferentes colmenas escogidas al azar (que no eran parte del experimento) y se metieron de manera individual en bolsas plásticas. Las bolsas selladas se introdujeron a un congelador para sacrificar a las abejas. Posteriormente las abejas fueron contadas y se obtuvo un promedio de abejas por bastidor. Este valor promedio (1,839 abejas para bastidores de alza y 3,962.4 para bastidores de cámara) se utilizó como estimador del número de abejas por bastidor.

La evaluación de la densidad poblacional de las colonias se realizó en una muestra de seis colmenas del sistema de doble reina y en 12 de una reina, las cuales se encontraban distribuidas en tres apiarios de los ocho anteriormente descritos. Consistió en contar el número de bastidores tanto de cámara de cría como de alza cubiertos por abejas en cada colmena y luego multiplicarlos por el factor arriba mencionado del número de abejas por bastidor, para estimar el número total de abejas dentro de cada colmena. Las mediciones se realizaron por las tardes para que la mayoría de las abejas estuviera en el interior de la colonia. Nasr *et al.* (1990) encontraron este sistema altamente confiable. Este conteo se llevó a cabo únicamente al comienzo (28 de septiembre) y al final (20 de diciembre) del flujo de néctar, que es de aproximadamente tres meses.

4) Evaluación del peso de las colmenas. El incremento de peso de las colmenas puede obedecer a un aumento en la población de abejas, pero sobre todo a la acumulación de miel en los panales. La evaluación se realizó en una muestra de ocho colmenas del

sistema de doble reina y en 15 del sistema de una reina. Estas colmenas fueron las mismas que se evaluaron con el método anterior, adicionándose dos colmenas del sistema de doble reina y tres más del sistema de una reina. Consistió en montar y pesar las colmenas en una báscula de escala (Torino®, modelo express-plus, con alcance máximo de 160 kg, pesada mínima de 2.5 kg, y sensibilidad de 100 g). Los pesos de las colmenas fueron registrados de esta manera cada 15 días, durante seis ocasiones, iniciando 15 días antes del comienzo del flujo de néctar (13 de septiembre) y terminando al final del mismo (20 de diciembre).

Con la finalidad de calcular el peso total y destarado para cada una de las colmenas dentro de cada sistema, se llevó registro de los equipos utilizados en cada una de ellas, así como de la cantidad de miel cosechada y extractada, y del número de alzas con bastidores cosechados de cada colmena. El peso total se calculó sumando el peso de la colmena, de la miel previamente cosechada y el peso de los equipos utilizados. El peso destarado se calculó restando el peso de los equipos utilizados, del peso total.

El peso de los equipos se obtuvo de promediar el peso de 10 unidades de cada uno de los equipos utilizados: pisos, cámaras de cría con bastidores trabajados, excluidores de reinas, mallas, alzas con bastidores trabajados, techos internos y techos externos.

También se obtuvieron datos del aumento de peso a corto plazo de las colonias, los cuales se calcularon por diferencia de cifras entre las mediciones; es decir, a la medición de peso realizada en cada una de las colmenas se le restó la medición previa. De esta forma se obtuvieron cinco datos de diferencias de peso entre las mediciones uno a seis.

El peso de diferentes componentes de las colmenas y colonias se analizó separadamente y distribuyó en porcentajes estimados para los pesos total y destarado con los datos obtenidos con los procedimientos arriba mencionados.

5) Evaluación del comportamiento de pecoreo. Durante los mismos períodos y en las mismas colmenas que se pesaron, se llevaron a cabo de manera quincenal cinco mediciones del pecoreo de las abejas.

Para elegir la técnica a utilizar en la evaluación del pecoreo se realizaron ensayos preliminares. Entre estos ensayos se probó el bloqueo de la piquera de cada colonia con una malla de criba de 3 mm durante un minuto, para posteriormente contar el número de abejas con y sin polen que se encontraban posadas sobre la malla. El procedimiento empleado y el que dio mejores resultados prácticos, consistió en cerrar parcialmente la piquera de cada colmena con una madera de 2 X 2 X 26 cm, dejando un espacio abierto de aproximadamente el 40% de ésta, para la entrada de las abejas. Se contó el número de

abejas que entraban a la colmena con polen y sin polen en un lapso de un minuto. El conteo fue ejecutado por dos personas con la ayuda de contadores de bultos de cuatro dígitos; una persona contó las abejas que transportaban polen y otra contó todas las abejas que entraban en la colmena, obteniéndose por diferencia el número de abejas sin polen. Se realizó una medición por la mañana y otra por la tarde en cada una de las colonias. Estas mediciones permitieron establecer la intensidad y la división del trabajo en el pecoreo de las colonias.

6) Evaluación del volumen del néctar. Se tomaron muestras de abejas pecoreadoras de la piquera de sus respectivas colmenas, los mismos días y en las mismas colmenas en que se realizó la toma de datos de pecoreo anteriormente descrita. Para la toma de muestras se realizó el siguiente procedimiento: se tapó con una malla criba de 3 mm la piquera de cada una de las colmenas durante un minuto y posteriormente se colectaron obreras pecoreadoras con una aspiradora de abejas (Gary y Lorenzen 1976). Primero se aspiraron abejas que traían polen en sus patas posteriores. Una vez que se estimó haber colectado más de 50 de ellas, se sacó el cilindro plástico que las contenía en el interior de la aspiradora y se introdujo en una bolsa plástica de cierre hermético, previamente identificada con el tipo de sistema, tipo de abejas, apiario, fecha y hora. La bolsa se depositó en una hielera para reducir el metabolismo y la actividad de las abejas. Siguiendo el mismo procedimiento, se aspiraron abejas pecoreadoras sin polen. Este muestreo se realizó tanto por la mañana como por la tarde, en colmenas dobles y sencillas, en los tres apiarios en que se encontraban distribuidas dichas colmenas.

Las abejas pecoreadoras muestreadas fueron congeladas y posteriormente analizadas en cuanto al volumen y concentración de azúcar del néctar que acarreaban en su buche. Para la determinación del volumen, se analizó un total de 20 abejas con polen y 30 sin polen de cada uno de los sistemas, tanto de muestras colectadas por la mañana como de muestras colectadas por la tarde, en cada apiario y en cinco ocasiones (muestreos). La forma de obtener y medir el líquido contenido en el buche de las abejas consistió en colocar a cada obrera entre los dedos índice y pulgar de la mano izquierda, posicionando su cabeza hacia el extremo distal de éstos. Teniendo a la abeja en esta posición, se ejerció una presión progresiva a partir del extremo distal del abdomen hacia el tórax, para provocar el regurgitamiento de la abeja. El líquido regurgitado fue colectado en un tubo capilar de 100 μ l que fue colocado en la probóscis de la abeja. El volumen contenido en cada capilar se determinó con la ayuda de una regla para μ l.

7) Evaluación de la concentración del néctar. Se realizó en cuatro de las cinco ocasiones en que se llevó a cabo la evaluación del volumen del néctar colectado. Se efectuó en 10 de las 20 abejas con polen y en otras 10 de las 30 abejas sin polen, de cada uno de los sistemas, tanto de muestras colectadas por la mañana como de muestras colectadas por la tarde, en cada apiario. Se utilizaron las mismas abejas en que se realizó la evaluación del volumen del néctar, con la finalidad de relacionar el volumen y concentración de azúcares contenidos en el néctar colectado por cada una de las pecoreadoras analizadas. La determinación consistió en verter el líquido que se encontraba dentro del capilar (que previamente se obtuvo de la evaluación del volumen acarreado por una abeja pecoreadora) en un refractómetro de campo (ATAGO HSR-500), con capacidad de lectura de 0.0 a 90.0° brix, los cuales son equivalentes a sólidos totales en el néctar.

8) Productividad unitaria. Ésta se obtuvo siguiendo el método descrito por Woyke (1984), el cual consiste en dividir la producción de miel de la colonia entre la población total de abejas al inicio y al final de la floración, así como entre el promedio (productividad individual). Posteriormente, la cifra resultante de la división se multiplica por 1,000, para así obtener la productividad por cada mil abejas (productividad unitaria).

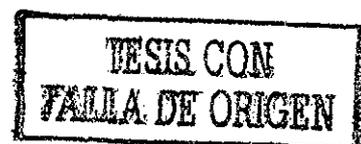
Además de lo anterior, se estimó el número de viajes de pecoreadoras que requirieron las colonias sencillas y dobles para producir un kilogramo de miel. Para ello, se calculó la cantidad de néctar que en la región se necesita para producir 1 kilogramo de miel, considerando que la miel de la zona contiene aproximadamente 82% de sólidos. Por ello, se dividió la concentración promedio del néctar de la zona (41%) entre 82 y la cifra resultante (0.5) se multiplicó por la carga promedio de néctar traída en cada viaje por pecoreadoras de colonias dobles y sencillas. Posteriormente se dividieron los mg contenidos en 1 kilogramo de miel (1'000,000), entre la cifra anterior.

F) Análisis estadístico. A los datos de producción, peso de las colmenas, población, intensidad de pecoreo, volumen y concentración del néctar se les realizaron pruebas para detectar normalidad.

Para comparar la producción de miel entre ambos sistemas se realizó una prueba *t* de Student. Las densidades de población se compararon con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, ya que se tenían pocos datos y éstos no pudieron normalizarse mediante transformaciones. Para los datos de peso de las colmenas, así como para los de la intensidad de pecoreo, volumen y concentración de néctar de las pecoreadoras de

ambos sistemas, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) por bloques, considerando como bloque a cada uno de los apiarios. Los datos de productividad unitaria se analizaron con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U.

Los datos obtenidos de producción, peso, población y pecoreo (néctar y polen) se correlacionaron entre sí. También a los datos de producción se les realizó una prueba de regresión sobre los datos de peso, población y pecoreo, siendo estos últimos las variables independientes y los datos de producción la variable dependiente. Esto se hizo para determinar qué tan confiable y precisamente la determinación del peso, población y pecoreo de las colonias predijo la producción. Los datos de aumento de peso a corto plazo (entre dos mediciones) también se correlacionaron con los de producción de miel de las mismas colmenas. Adicionalmente, se realizó un análisis costo - beneficio con base en el costo de inversión y en el valor de la cantidad de miel producida con cada sistema.



RESULTADOS

1) Producción de miel entre sistemas. En cuanto a producción de miel, las colonias de dos reinas produjeron 101.25% más miel que las de una reina ($P < 0.0001$), con una media de 53.23 ± 2.39 kg contra una media de 26.45 ± 1.83 kg de las sencillas (Cuadro 2).

2) Costos de producción de miel entre sistemas. Se encontró que el costo promedio de producción por kilogramo de miel fue \$2.40 MN menor en colonias dobles que en colonias sencillas (\$9.92 y \$12.32 para colonias dobles y sencillas, respectivamente). Esta diferencia representa un costo de producción 24% mayor para las colonias sencillas y significa un ahorro de \$127.75 en costos por el total de kilos producidos en promedio en cada colonia doble (Cuadro 1). Los menores costos resultaron de que las colonias de dos reinas requirieron solo un 48.6% más tiempo que las sencillas. Se invirtieron 11.89 h en total en el manejo promedio de cada colonia doble, contra 8 h en total en el de cada colonia sencilla.

3) Densidad de población de las colonias. El número promedio de abejas por bastidor de cámara de cría y de alza fue de 3,962.4 y 1,839, respectivamente. Con estos valores y el conteo de bastidores cubiertos con abejas se calculó la densidad de población de las colonias de la muestra. Las colonias dobles tuvieron 129% más abejas al inicio de la floración (28 de septiembre) que las colonias sencillas ($76,513.83 \pm 5,440.52$ y $33,365.08 \pm 2,313.65$ para colonias dobles y sencillas, respectivamente). Esta diferencia fue significativa ($P < 0.001$). Al final de la floración (20 de diciembre), la diferencia fue de 75% ($49,487.33 \pm 3,043.76$ y $28,279.83 \pm 1,139.17$ para colonias dobles y sencillas, respectivamente). Esta diferencia fue menor que al inicio de la floración, pero también fue significativa (Cuadro 2).

4) Peso de las colonias. Tanto las colonias dobles como las sencillas tuvieron un aumento significativo de peso (total y destarado) a lo largo de cinco mediciones quincenales (28 de septiembre a 22 de noviembre) ($P < 0.0001$ para peso total y destarado) y hubo diferencias significativas de peso entre los dos tipos de colonias en todas las mediciones ($P < 0.0001$ para peso total y destarado). Las colonias dobles aumentaron su peso total y destarado en 101.18 y 67.61 kg, en un período de 75 días, mientras que las colonias sencillas tuvieron un aumento de 48.65 y 28.66 kg para los mismos pesos y período de tiempo. Estos pesos representaron un incremento de 129.54% y de 119.68%

para el peso total de colonias dobles y sencillas, respectivamente y un incremento de 211.02% y de 210.43% para el peso destarado de los mismos tipos de colonias (Cuadro 2).

5) Intensidad de pecoreo de las abejas. El número promedio de abejas pecoreadoras totales por minuto fue de 391.58 ± 9.14 para colonias dobles y de 265.25 ± 6.69 para colonias sencillas (Cuadro 2). La proporción de abejas pecoreadoras sin polen fue de 93.59 y 91.83% para colonias dobles y sencillas, respectivamente. Para las abejas pecoreadoras de polen la proporción fue de 6.41 y 8.17% para colonias dobles y sencillas, respectivamente.

El número promedio de abejas pecoreadoras sin polen (fundamentalmente pecoreadoras de néctar), aumentó significativamente a lo largo de cinco mediciones quincenales realizadas durante la floración de otoño (28 de septiembre a 22 de noviembre) ($P < 0.0001$) y hubo diferencias en el número promedio de viajes sin polen entre las pecoreadoras de los dos tipos de colonias ($P < 0.0001$). También hubo interacciones entre tipo de colonia y medición ($P < 0.01$) y entre tipo de colonia y hora de medición ($P < 0.0001$). Las colonias dobles aumentaron su número promedio de pecoreadoras sin polen por minuto, de 114.50 ± 10.83 a 550.17 ± 50.30 entre el 28 de septiembre y el 22 de octubre, lo que representa un incremento de 380.50%. Las colonias sencillas aumentaron su número promedio de pecoreadoras sin polen de 97.42 ± 6.64 a 390.44 ± 26.22 entre las mismas mediciones, lo que representa un incremento porcentual de 300.78%. Las colonias dobles tuvieron entre 1.2 y 1.6 más pecoreadoras sin polen que las colonias sencillas, pero el promedio fue de 366.48 ± 9.14 abejas por minuto para colonias dobles y de 243.58 ± 6.69 para colonias sencillas (Cuadro 2).

El número promedio de abejas pecoreadoras con polen disminuyó significativamente a lo largo de cinco mediciones quincenales realizadas en la floración de otoño (28 de septiembre a 22 de noviembre) ($P < 0.0001$) y hubo diferencias significativas en el número de pecoreadoras con polen entre los dos tipos de colonias ($P < 0.01$). Las colonias dobles redujeron su número promedio de pecoreadoras con polen por minuto de 26.42 ± 3.12 a 17.92 ± 1.90 entre el 28 de septiembre y el 22 de noviembre, lo que representa un decremento de 32.17%. Las colonias sencillas redujeron su número promedio de pecoreadoras con polen de 24.76 ± 2.10 a 16.62 ± 1.51 entre las mismas mediciones, lo que representa un decremento de 32.88%. Los promedios fueron de 25.10 ± 1.02 y 21.68 ± 0.75 abejas por minuto para colonias dobles y sencillas respectivamente (Cuadro 2). La proporción de abejas pecoreadoras de polen fue solo 15.77% más alta en colonias dobles que en sencillas, mientras que la proporción de

abejas que no pecorearon polen fue 50.46% más alta para colonias dobles con relación a las sencillas. La proporción de abejas pecoreadoras sin polen el 28 de septiembre fue de 17.53% más alta en colonias dobles que en sencillas, con valores de 97.42 ± 6.64 abejas por minuto para colonias sencillas y de 114.50 ± 10.83 para dobles. Para el 22 de noviembre la proporción de abejas pecoreadoras de néctar fue 40.91% más alta en colonias dobles que en sencillas con valores de 390.44 ± 26.22 abejas por minuto para colonias sencillas y de 550.17 ± 50.30 para dobles (Cuadro 2).

6) Volumen del néctar pecoreado. Las abejas pecoreadoras de colonias con dos reinas fueron más exitosas que las de una reina, pues hubo una mayor proporción de pecoreadoras que regresaron a su colonia con néctar en el buche en colmenas dobles. El 86% de las pecoreadoras de colonias de dos reinas fueron exitosas, contra 82% para el caso de las de una reina. Cuando se analizó el volumen de néctar promedio que traían las abejas pecoreadoras, considerando a todas las abejas (exitosas y no exitosas), hubo diferencias entre pecoreadoras de colonias dobles y sencillas ($P < 0.05$). El volumen promedio acarreado por las pecoreadoras fue de 10.51 ± 0.23 μl para obreras de colonias dobles y de 9.86 ± 0.23 μl para las de colonias sencillas (Cuadro 2). Sin embargo, al analizar exclusivamente a las obreras exitosas, no se encontraron diferencias en el volumen acarreado por las pecoreadoras de ambos tipos de colonias ($P > 0.05$). Las obreras exitosas de colonias dobles acarrearon en promedio 12.95 ± 0.27 μl de néctar contra 12.78 ± 0.27 μl de las de colonias sencillas.

Hubo diferencias significativas en el volumen de néctar que traían las pecoreadoras entre mediciones, siendo las mediciones del 25 de octubre y 8 de noviembre en las que las abejas traían más néctar ($P < 0.0001$), con un volumen promedio por pecoreadora de 13.12 ± 0.37 μl para la medición del 25 de octubre y de 13.17 ± 0.37 μl para la del 8 de noviembre. Hubo interacción entre tipo de colonia y medición ($P < 0.001$). Las pecoreadoras de colonias dobles colectaron significativamente más néctar por viaje en las mediciones del 28 de septiembre y 11 de octubre, pero no en la del 22 de noviembre (Cuadro 2). El promedio para la primera medición del 28 de septiembre fue de 11.62 ± 0.52 μl para las pecoreadoras de colonias dobles y de 9.98 ± 0.52 μl para las de colonias sencillas ($P < 0.05$), mientras que para la medición del 11 de octubre los promedios fueron de 8.24 ± 0.52 μl para pecoreadoras de colonias dobles y de 5.42 ± 0.52 μl para las de colonias sencillas ($P < 0.0001$). En la medición del 22 de noviembre, los promedios fueron de 6.02 ± 0.52 y 7.99 ± 0.52 μl para colonias dobles y sencillas, respectivamente ($P < 0.001$). También hubo interacción entre tipo de colonia y hora del día ($P < 0.01$). Las

abejas en general, transportaron un mayor volumen de néctar por las tardes (13:00-18:00 h) que por las mañanas (9:30-12:59 h), con un promedio de $11.23 \pm 0.23 \mu\text{l}$ para las tardes y de $9.13 \pm 0.23 \mu\text{l}$ para las mañanas ($P < 0.0001$). Las abejas de colonias dobles colectaron significativamente más néctar que las de colonias sencillas por las mañanas ($P < 0.01$).

Las pecoreadoras sin polen trajeron significativamente más néctar que las pecoreadoras con polen ($P < 0.0001$), aunque no hubo diferencias entre pecoreadoras de diferentes tipos de colonia ($P > 0.05$). Las pecoreadoras sin polen trajeron cargas promedio de $13.08 \pm 0.21 \mu\text{l}$ de néctar contra $7.29 \pm 0.26 \mu\text{l}$ de las pecoreadoras con polen.

7) Concentración del néctar pecoreado. La concentración media de sólidos (fundamentalmente azúcares) contenidos en el néctar recolectado por las abejas pecoreadoras, tanto de colonias dobles como de sencillas, fue de 41%, con límites de 6 a 65%. No hubo diferencias significativas en la concentración de sólidos del néctar colectado por pecoreadoras de diferentes tipos de colonias ($P > 0.05$), pero sí entre tipos de pecoreadoras ($P < 0.0001$). Las pecoreadoras sin polen trajeron néctar cuya concentración media fue de $42.72 \pm 0.63\%$, mientras que las pecoreadoras con polen trajeron néctar con una concentración media de $39.22 \pm 0.71\%$. También hubo diferencias entre mediciones ($P < 0.0001$) y entre horas del día ($P < 0.0001$), siendo las mediciones del 25 de octubre y el 8 de noviembre, y las tardes, en las que el néctar estuvo más concentrado (Cuadro 2). El promedio de concentración de sólidos en el néctar fue de 39.33 ± 1.13 , 42.86 ± 0.86 , 45.79 ± 0.86 , y $35.22 \pm 0.86\%$ para las mediciones del 11 de octubre al 22 de noviembre, y fue de $39.03 \pm 0.65\%$ para las mañanas y de $42.57 \pm 0.65\%$ para las tardes.

El volumen y la concentración del néctar estuvieron significativamente correlacionados ($r = 0.39$; $r^2 = 0.155$; $n = 859$; $P < 0.0001$).

8) Productividad unitaria. La productividad unitaria de miel por cada mil abejas en colonias dobles el 28 de septiembre se estimó en 845 g y en colonias sencillas en 844 g ($P > 0.05$). Para el 20 de diciembre, la productividad unitaria fue de 1,321 g en colonias dobles y de 1,000 g en sencillas ($P > 0.05$). La productividad total promedio fue de 1,022 g en colonias dobles y de 902 g en colonias sencillas ($P > 0.05$). Los resultados anteriores indican que la productividad unitaria no fue estadísticamente diferente entre colmenas dobles y sencillas.

El número estimado de viajes de pecoreo que requirieron las colonias sencillas y dobles para producir un kilogramo de miel, fue de 202,840 y 190,295, respectivamente.

Es decir, las colonias dobles requirieron 6.2% menos viajes para producir cada kilogramo de miel.

9) Relaciones entre variables. Las Figuras 3 - 5 y el Cuadro 3 muestran altas y significativas regresiones, coeficientes de determinación y correlaciones, entre las variables de población, peso de las colmenas, viajes de pecoreo y producción de miel. Las colonias con mayor población, peso y número de pecoreadoras, produjeron más miel. Adicionalmente, las colonias más pesadas tuvieron un número mayor de pecoreadoras.

Las correlaciones encontradas entre aumento de peso a corto plazo (entre dos mediciones) y producción de miel fueron significativas ($P < 0.01$). Estas correlaciones entre producción y los pesos total y destarado a corto plazo fueron de 0.52 para ambas variables, en las mediciones realizadas entre el 28 de septiembre y el 11 de octubre. Para el caso de las mediciones realizadas entre el 11 y el 25 de octubre, las correlaciones fueron de 0.94 y 0.93; para las mediciones realizadas entre el 25 de octubre y el 8 de noviembre, fueron de 0.15 y 0.44; para las realizadas entre el 8 y el 22 de noviembre, fueron de 0.62 y 0.52 y finalmente para las mediciones realizadas entre el 22 de noviembre y el 20 de diciembre, fueron de 0.22 y -0.36 para peso total y destarado, respectivamente. La correlación más alta se encontró entre las mediciones dos y tres; dichas mediciones se realizaron durante octubre.

DISCUSIÓN

El sistema de dos reinas por colmena influyó significativamente en la densidad de población de abejas, el peso, pecoreo y producción de las colonias. Las colonias con dos reinas, tuvieron más abejas, pesaron más, pecorearon con mayor intensidad, produjeron más miel y sus abejas pecoreadoras fueron más productivas, que para el caso de las colonias con una reina.

1) Producción de miel entre sistemas. Las colonias de doble reina produjeron más del doble de miel que las de una reina (Cuadro 2). Esto se atribuye a que las colonias de doble reina tenían más del doble de población que las de una reina al inicio de la floración y a que cada abeja pecoreadora fue más productiva.

Estos resultados apoyan los publicados por otros investigadores, quienes también encontraron que las colonias de doble reina son más productivas que las de una reina (Walton 1972; Moeller 1976; Bernaldez y García 1984; Duff y Furgala 1989a,b; Horr 1998). Walton (1972) encontró un incremento de 60 a 75% en la producción de colmenas de doble reina manejadas durante dos años de estudio. Bernaldez y García (1984) en el Estado de México, describieron un incremento de producción del 425%, con medias de producción de miel de 10.8 kg para cinco colonias sencillas y de 45.9 kg para 12 colonias dobles, pero una prueba t de Student de sus datos, no mostró diferencias entre los dos tipos de colonias ($P > 0.05$), debido al bajo número de unidades experimentales utilizado. Moeller (1976) encontró un aumento de 67%, con medias de producción de 76 kg de miel para colonias sencillas y de 127 para colonias dobles. El número de colonias analizado por Moeller (1976), fue el resultado sumado de las colonias que utilizó en seis años. En ningún año utilizó un número mayor de 12 colonias por sistema de producción. Duff y Furgala (1989a, b) observaron un incremento de producción de 95%, con valores de 54.87 kg para 60 colonias sencillas y de 107.23 para 30 dobles, durante dos años de estudio. Sin embargo, Duff y Furgala (1989 a, b) en ningún año utilizaron un número mayor de 24 colonias dobles. Horr (1998) encontró que las colonias dobles producen tres a cuatro veces más miel que las sencillas, pero no dio cifras. Finalmente en este estudio se obtuvo un incremento del 101%, con diferencias significativas entre los sistemas y trabajando con un número mayor de colmenas que lo reportado por los investigadores anteriores. Es posible que si los investigadores de los estudios arriba mencionados hubieran analizado solo las colonias probadas en cada año, sin sumar los datos de varias temporadas, no habrían encontrado diferencias entre los sistemas porque la producción

de miel de las colonias de abejas es muy variable ($CV > 50\%$; Uribe 2001) y el número de colonias experimentales que utilizaron en una sola temporada parece bajo.

2) Costos de producción de miel entre sistemas. La mayor población de las colonias de dos reinas también influyó en los costos de producción de miel. El costo por kilogramo de miel producido en colonias de dos reinas fue casi 24% menor que el producido en colonias de una reina, lo cual representó un ahorro de \$2.40 MN por kilogramo de miel, por lo que la miel producida con colonias de doble reina significó un ahorro superior a \$127.00 MN por colmena (Cuadro 1). Los resultados demuestran que las colonias de doble reina son más productivas y rentables que las de una reina en la región del Altiplano Mexicano, aunque esta rentabilidad es moderada, ya que para que su utilización represente un ahorro significativo, se requiere de muchas colmenas en producción. El menor costo de producción se debió fundamentalmente a ahorros en conceptos como la mano de obra y la transportación, así como a la utilización más eficiente de medicamentos y alimento. El manejo se vuelve más eficiente al trabajar colonias dobles en relación con las de una reina. Esto se desprende de que el tiempo de manejo por visita fue solamente 48.6 % mayor en colonias de doble reina en relación con las de una reina. Lo anterior trajo como consecuencia un ahorro en mano de obra y transportación. Moeller (1976) encontró que el tiempo invertido en el manejo de colonias de dos reinas es 50% mayor que el invertido en colonias de una reina, y que el sistema de dos reinas requiere menos labor total por libra de miel producida, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo. Se ahorra en medicamentos, porque se usa la misma cantidad de ellos para tratar colonias sencillas que dobles. Por otro lado, aparentemente las colonias de doble reina utilizan de manera más eficiente el alimento, porque con 77% más de alimento, fue posible producir más del doble de abejas en colonias de dos reinas. Adicionalmente, las pecoreadoras de las colonias dobles fueron ligeramente más eficientes en cuanto a su porcentaje de éxito de pecoreo.

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Duff y Furgala (1989b), quienes en Minnesota, EUA, encontraron costos de producción por kilogramo de miel similares a los aquí reportados. Estos investigadores obtuvieron un costo de \$1.37 dólares por kilogramo de miel producida en colonias sencillas y de \$0.96 en colonias dobles.

3) Densidad de población y peso de las colonias. Tanto la población de abejas como el peso de las colonias de doble reina fueron de más de 100% superiores a los de colonias de una reina al inicio de la floración, aunque el incremento proporcional en peso fue similar

entre las colonias de una y de dos reinas (210.43 y 211.02%, respectivamente, Cuadro 2). Por otro lado, el decremento proporcional en densidad de población fue mayor en las colonias de dos reinas. Las colonias dobles tenían 64.7% de su población inicial al final de la floración, mientras que las de una reina tenían 84.8% (Cuadro 2). Cabe mencionar que el día 23 de octubre de 2000, se retiraron los excluidores para convertir a las colonias de doble reina en colonias de una sola reina. Por ello, el día 20 de diciembre, cuando se realizó la medición de población final, ya habían transcurrido casi dos meses después de este manejo. Es probable que ésta haya sido la principal razón por la cual el decremento poblacional fue tan grande en colonias de doble reina, ya que la oviposición se abatió en al menos 50%, al desaparecer una de las madres. Por lo anterior, las colonias de doble reina debieron perder proporcionalmente más peso que las de una reina por concepto de población a lo largo de la floración y sin embargo aumentaron su peso proporcional de manera similar (129.54% y 119.68% para colonias dobles y sencillas, respectivamente, Cuadro 2), por lo que se infiere que ganaron proporcionalmente más peso por concepto de miel almacenada que las de una reina. Esta inferencia es apoyada por el hecho de que se cosechó más de 100% en miel de las colonias dobles que de las sencillas. Una hipótesis plausible para explicar una producción de más del doble en colonias de dos reinas, con una población que decreció proporcionalmente a mayor velocidad que las de una reina, radica en una mayor eficiencia productiva por abeja y/o en un menor consumo alimenticio por abeja. La mayor eficiencia productiva pudo deberse a un mayor porcentaje de abejas pecoreando, ya que hacia el final de la floración hubo una menor proporción de cría que atender y más obreras pudieron quedar libres de la tarea de cuidar a la cría y pudieron estar disponibles para el pecoreo. También pudo presentarse una mayor eficiencia productiva porque cada abeja pecoreadora hubiera realizado un mayor número de viajes, porque cada abeja pecoreadora hubiera recolectado un mayor volumen de néctar o bien porque el néctar colectado por cada abeja pecoreadora hubiera tenido una mayor concentración de azúcares. El menor consumo alimenticio pudo presentarse por una menor cantidad proporcional de cría que atender, lo cual pudo provocar que el consumo alimenticio medio por abeja disminuyera.

4) Intensidad de pecoreo de las abejas. Mientras que la caída proporcional en la densidad de la población fue mayor en las colonias dobles, al mismo tiempo el número de pecoreadoras de estas colonias aumentó gradualmente a mayor velocidad que en las colonias de una reina a lo largo de la floración (Cuadro 2). En colonias dobles el número de abejas pecoreadoras de néctar se incrementó a lo largo de la floración en 380.5%



(114.50 ± 10.83 abejas por min al inicio y 550.17 ± 50.30 al final de la floración), mientras que en colonias de una reina, el incremento fue de 300.78% (97.42 ± 6.64 abejas por min al inicio y 390.44 ± 26.22 al final de la floración). El pecoreo total también se incrementó; el incremento fue de 303.1% en colonias dobles y de 192.2% en colonias sencillas, con valores promedio de 140.92 ± 12.54 y 568.08 ± 51.12 abejas por min para colonias dobles al inicio y al final de la floración respectivamente y de 122.18 ± 7.79 y 357.07 ± 26.78 abejas por minuto para colonias sencillas.

Es claro que las colonias dobles tuvieron significativamente más pecoreadoras que las de una reina, pero ésta diferencia fue de solo 18 a 60%. Este resultado es inesperado, ya que en los parámetros de producción de miel las diferencias entre tipos de colonia fueron mayores de 100% y por lo tanto se esperarían parámetros similares. Por ello, las diferencias en número proporcional de pecoreadoras no pueden explicar por sí solas las diferencias en producción de miel. Ciertamente la capacidad de pecoreo de obreras de colonias de dos reinas fue más eficiente que la de obreras de colonias de una reina. Las abejas de colonias de dos reinas fueron pecoreadoras más productivas que las de una reina, particularmente al inicio de la floración cuando hay poco flujo de néctar. Esto pudo haberse debido a una mayor capacidad de reclutamiento de pecoreadoras a las fuentes nectaríferas en las colonias más pobladas, debido a que el número de pecoreadoras que reciben la información de la localización de las fuentes productoras de néctar es proporcionalmente mayor en colonias dobles que en sencillas, porque hay un número mayor de abejas. Estas diferencias en número de abejas reclutadas han sido demostradas en estudios comparativos entre abejas europeas y africanizadas. Rinderer *et al* (1985) demostraron que las abejas africanizadas de colonias pobladas tienen mayor capacidad de reclutamiento y pecoreo en condiciones de escaso flujo de néctar. Faltaría demostrar esta hipótesis con un trabajo experimental entre colonias de dos y de una reina y con abejas de origen europeo.

Duff y Furgala (1989a) observaron un promedio de 130.5 pecoreadoras por min en colonias sencillas y un promedio de 270 en colonias dobles. En este trabajo los promedios para colonias sencillas y dobles fueron de 265.25 ± 6.69 y 391.58 ± 9.14, respectivamente. Haciendo una comparación entre colonias dobles y sencillas se obtuvo lo siguiente: en el trabajo de Duff y Furgala se encontró una diferencia de 107%, mientras que en este trabajo la diferencia fue de 48%. Una posible explicación parcial de porqué no se detectó el doble de pecoreadoras en colonias de dos reinas en comparación con colonias de una reina, pudo haber sido por el método utilizado para medir esta variable. Es posible que el método utilizado haya subestimado el número de pecoreadoras en

colonias de dos reinas en mayor grado que en colonias de una reina. Marceau *et al.* (1990), sin embargo, demostraron que el incremento en el número de pecoreadoras no se reflejaba en un aumento proporcional en el peso de sus colonias bajo estudio, sino que el aumento en el peso era proporcionalmente mayor. Por ejemplo, un incremento de tres veces en el pecoreo se reflejaba en un aumento de 17 veces en el peso de las colonias, lo cual explicaría los resultados de este trabajo.

La proporción de abejas pecoreadoras de néctar y polen en relación con la población total promedio de las colonias no fue diferente entre los dos tipos de colonia; en ambos, el porcentaje de pecoreadoras de néctar aumentó progresivamente a lo largo de la floración, mientras que el porcentaje de pecoreadoras de polen disminuyó. Esto es lógico, pues conforme avanza la floración ya no se requieren tantas abejas para pecorear polen ya que sería un desperdicio para la colonia invertir recursos para coleccionar insumos proteicos (polen), cuando la producción de cría ya no es tan necesaria hacia el final de la floración (Danka *et al.* 1987). También, después de la floración viene un período de escasez de néctar y de bajas temperaturas en la zona (Fig. 1), por lo cual a las abejas no les conviene coleccionar polen, ya que la reproducción en épocas de escasez y de frío disminuye, mientras que las necesidades energéticas aumentan, para mantener la temperatura del nido cría. Se desconoce si éste es un resultado esperado, ya que no hay otros estudios que reporten el número de pecoreadoras de polen a lo largo de una floración contra los cuales se pudiera comparar este resultado.

5) Volumen y concentración del néctar recolectado. No hubo diferencias significativas en cuanto al volumen del néctar coleccionado por abejas pecoreadoras que regresaron a su colonia con néctar en el buche (exitosas) entre los dos tipos de colonias; sin embargo, cuando se comparó el total de las pecoreadoras (exitosas y no exitosas), sí existieron diferencias significativas (Cuadro 2) para esta variable: las pecoreadoras de colonias de dos reinas fueron 4% más exitosas y por lo tanto más productivas. Como anteriormente se menciona, esto pudo deberse a una mayor capacidad de reclutamiento de pecoreadoras hacia las fuentes nectaríferas. Por otro lado, no se presentaron diferencias en la concentración del néctar coleccionado por abejas pecoreadoras entre los dos tipos de colonias (Cuadro 2).

Hubo diferencias en el volumen y concentración del néctar coleccionado entre tipos de pecoreadoras (en ambos sistemas por igual). Las pecoreadoras sin polen (presumiblemente especialistas en la colección de néctar) coleccionaron significativamente más néctar y de mayor concentración que las que traían polen. Esto refleja que existe

especialización en la tarea de pecoreo. Otros investigadores han demostrado que esta especialización varía entre genotipos de abejas (Calderone y Page 1988; Danka *et al.* 1987; Guzmán-Novoa y Gary 1993; Guzmán-Novoa *et al.* 1994). Es posible que mediante la determinación de la proporción de pecoreadoras con y sin polen, se puedan identificar genotipos de abejas más especializados para producir miel o para polinizar, con fines de estudio o de mejoramiento genético.

Las abejas en general (independientemente del tipo de colonia y del tipo de pecoreadora) colectaron significativamente más néctar y de mayor concentración por las tardes y en mediciones realizadas entre el 25 de octubre y el 8 de noviembre (Cuadro 2). Los valores promedio de volumen del néctar fueron de 10.80 ± 0.37 , 6.83 ± 0.37 , 13.12 ± 0.37 , 13.17 ± 0.37 y 7.00 ± 0.37 μl para las mediciones realizadas entre el 28 de septiembre y el 22 de noviembre, y de 9.13 ± 0.23 y 11.23 ± 0.23 μl para las mañanas y para las tardes, respectivamente. Los valores promedio de concentración de sólidos en el néctar fueron de 39.33 ± 1.13 , 42.86 ± 0.86 , 45.79 ± 0.86 y $35.22 \pm 0.86\%$ para las mediciones realizadas entre el 11 de octubre y el 22 de noviembre, mientras que para la hora de medición, fueron de 39.03 ± 0.65 y $42.57 \pm 0.65\%$ para las mañanas y tardes, respectivamente. Estos resultados sugieren que el flujo de néctar es más intenso y de mayor calidad entre los meses de octubre y noviembre y durante las tardes en la región de estudio. En octubre y noviembre, es notoria una mayor abundancia de flores y en las tardes la temperatura ambiente es mayor que en las mañanas, con valores promedio de 26.6 ± 0.1 ° C para las tardes y 24.2 ± 0.2 para las mañanas ($P < 0.05$). Estos factores pueden influir en un mayor flujo de néctar en la zona. Esta inferencia se apoya en lo reportado por Marceau *et al.* (1990), quienes demostraron que la mayor actividad de pecoreo y colección de néctar de las colonias de abejas, ocurre cuando se presentan las mayores temperaturas. Por lo anterior, sería recomendable preparar y manejar las colonias para que alcancen su máximo nivel de población al inicio del mes de octubre en la zona de estudio, a fin de maximizar la producción unitaria de miel.

6) Productividad unitaria. Los resultados de productividad unitaria encontrados en el presente trabajo varían de 844 a 1,321 g. Estos datos son superiores a los reportados por Woyke (1984), quien en dos años de estudio obtuvo un intervalo de 179 a 1,242 g de producción unitaria, con valores promedio de 392 g para 1978 y de 651.5 g para 1979. Las medias del presente trabajo fueron de 1,022 g para colonias dobles y de 902 g para sencillas. Las diferencias entre los resultados de este trabajo y los de Woyke (1984),

podieron deberse a diferencias en la intensidad del flujo de néctar disponible para las abejas, así como a diferencias en densidad de población en las colonias utilizadas.

Los resultados sugieren que las abejas pecoreadoras de colonias dobles contribuyeron en mayor medida a la producción de miel, pues la productividad por cada mil pecoreadoras fue $> 13\%$ que en colonias sencillas, aunque esta diferencia no fue significativa. Por otro lado, las obreras de colonias dobles fueron relativamente más eficientes (6.2%) que las de colonias de una reina, ya que requirieron hacer un número menor de viajes para producir cada kilogramo de miel (190,295 y 202,840, respectivamente). Esto se debió principalmente a que las obreras de colonias dobles fueron más exitosas que las de colonias sencillas, ya que un mayor porcentaje de las pecoreadoras regresó con néctar en el buche, en comparación con las obreras de colonias sencillas (86% vs. 82%).

7) Relaciones entre variables. Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre el número de abejas, el peso de las colonias, su actividad de pecoreo, su productividad y su producción de miel (Cuadro 3). Estos resultados confirman el efecto positivo que tienen las poblaciones generadas con sistemas de dos reinas sobre la actividad y producción de las colonias. Lo anterior concuerda con los resultados de los estudios de diversos investigadores (Farrar 1937; Moeller 1961, 1976; Szabo 1982; Woyke 1984; Szabo y Lefkovitch 1989; Marceau *et al.* 1990). La estimación del peso fue el mejor predictor de la producción, ya que tuvo una correlación de 0.94 y un coeficiente de determinación de 0.88. La variable de pecoreo total fue la segunda que mejor predijo la producción ($r = 0.83$; $r^2 = 0.69$). Dado que el pesaje de las colmenas fue la variable más altamente correlacionada con la producción y dado que es relativamente fácil de medir, resulta una técnica recomendable para predecir la producción. Predecir la producción permitiría al apicultor estimar su cosecha, así como a criadores de reinas y científicos, escoger las colonias más productivas con fines de estudio o mejoramiento genético.

Cuando se analizaron los datos de la ganancia de peso de las colmenas entre una medición y otra (ganancia de peso a corto plazo), se obtuvieron correlaciones de 0.52 a 0.94 en las mediciones realizadas entre el 28 de septiembre y el 25 de octubre, siendo el lapso entre el 11 y el 25 de octubre cuando se encontraron las más altas correlaciones. Por ello se recomienda medir el peso de las colonias en este lapso en la región de estudio, que es cuando el flujo de néctar inicia con intensidad. La alta relación encontrada entre el peso a corto plazo y la producción de miel, concuerda con los resultados de Szabo (1982), quien concluyó que la ganancia de peso de las colonias puede ser usada para obtener

resultados parciales de selección. Szabo (1982) encontró una correlación de 0.55 entre los dos parámetros. Calderone y Fondrk (1991) llegaron a similares conclusiones, pero con correlaciones de 0.43 a 0.77.

La correlación entre densidad de población y producción ($r = 0.82$) encontrada en este trabajo coincidió con las reportadas por otros autores y que variaron entre 0.39 y 0.85 (Farrar 1937; Moeller 1961; Szabo 1982; Woyke 1984; Szabo y Lefkovitch 1989). También la correlación encontrada entre número de pecoreadoras y producción ($r = 0.83$), coincidió con las reportadas por Szabo (1980) y por Marceau *et al.* (1990), que fueron de 0.77 a 0.88. Estos datos nuevamente confirman el efecto positivo de mayores poblaciones y pecoreo sobre la producción de miel.

8) Recomendaciones. Los resultados de este estudio sugieren se recomiende el uso de colonias altamente pobladas para hacer más eficiente la producción de miel. Para ello puede usarse el sistema de doble reina, pero además deberá complementarse con un buen manejo realizado con suficiente tiempo antes de la floración, para que las colonias tengan la máxima población de abejas al inicio de ésta. También se sugiere el uso del método de pesaje para predecir la producción y para la selección de genotipos de abejas más productivos.

El método de doble reina debería probarse en otras regiones apícolas de México con un número representativo de colonias para confirmar su validez. Además, y de acuerdo a la experiencia ganada en este trabajo, se recomienda lo siguiente:

- ❖ Dejar las mallas a ambos lados del excluidor al menos dos semanas más antes de retirarlas de las colmenas, para reducir la probabilidad de pérdida de reinas y para asegurar una mayor población de abejas durante la floración.
- ❖ Hacer más eficiente el manejo para disminuir el tiempo invertido en la atención (alimentación, medicación, provisión de alzas) de las colonias, pues esto reduciría los costos de mano de obra y transportación y por lo tanto haría la actividad aún más rentable.
- ❖ Prevenir posibles enjambrazones que hagan que se pierda población de abejas, mediante la provisión de suficientes alzas a las colonias para que siempre tengan mucho espacio (al menos dos o tres alzas extras vacías al inicio de la floración).

Por lo pronto, los resultados obtenidos permiten recomendar el uso del sistema de dos reinas en apiarios localizados en la región del Altiplano Mexicano.

CONCLUSIONES

- ❖ Las colonias con dos reinas pueden producir más del doble de miel que las colonias con una reina en la región del Altiplano Mexicano.

- ❖ Las colonias con dos reinas son más rentables que las colonias de una reina en el Altiplano Mexicano, debido a una disminución de más del 20% en costos de producción por kilogramo de miel.

- ❖ El menor costo de producción de miel en colonias con dos reinas se debió fundamentalmente a ahorros en mano de obra, transportación, alimentación artificial y a un pecoreo más eficiente de sus obreras.

- ❖ Con un sistema de dos reinas por colmena, es posible producir más del doble de abejas que en colonias de una reina en el Altiplano Mexicano.

- ❖ La mayor eficiencia de las pecoreadoras de colonias dobles se debió a un mayor porcentaje de éxito en el pecoreo (una más alta proporción de pecoreadoras con carga de néctar al regresar a su colmena que en el caso de obreras de colonias sencillas).

- ❖ La división del trabajo en el pecoreo (pecoreo de néctar o de polen) no fue diferente entre abejas de ambos sistemas.

- ❖ Las abejas que no colectaron polen se especializaron más en la colección de néctar, ya que acarrearán cargas mayores y más concentradas del mismo. Lo anterior sugiere que las abejas se especializan en la colección de néctar o polen.

- ❖ La cantidad y concentración del néctar colectado por las abejas fue mayor en las mediciones realizadas el 25 de octubre y el 8 de noviembre; y en las tardes.

- ❖ Las colonias con más población, peso y número de pecoreadoras, produjeron más miel.

❖ El peso fue la variable más altamente correlacionada con la producción, por lo que se recomienda su uso en la época de mayor flujo de néctar (octubre e inicios de noviembre), para predecir la producción con fines de estudio o mejoramiento genético.

❖ Se recomienda se pruebe el sistema de doble reina para producir miel no sólo en el Altiplano Mexicano, sino en otras regiones apícolas de México, con algunas modificaciones a las de los manejos usados en este estudio, para hacer el sistema más eficiente.

LISTA DE REFERENCIAS

- Anderson DL, Trueman JW. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Exp Appl Acarol* 2000;24:165-189.
- Arechavaleta ME, Guzmán-Novoa E. Producción de miel de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con fluvalinato contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en Valle de Bravo, Estado de México. *Vet Méx* 2000;31(4):381-384.
- Bernaldez RP, García M de OA. Determinación de la productividad del sistema con dos reinas, en el Cerrillo Piedras Blancas, municipio de Toluca, Estado de México. (tesis de licenciatura). Toluca (Estado de México) México: Universidad Autónoma del Estado de México, 1984.
- Calderone NW, Page RE. Genotypic variability in age polyethism and task specialization in the honey bee, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) *Behav Ecol Sociobiol* 1988;22:17-25.
- Calderone NW, Fondrk MK. Selection for high and low colony weight gain in the honey bee, *Apis mellifera*, using selected queens and random males. *Apidologie* 1991;22:49-60.
- Cale GH, Rotenbuhler WC. Genetics and breeding of the honey bee. In: *The hive and Honey Bee* Dadant and Sons eds: H.I. 7th ed. 1984:157-184.
- Danka RG, Hellmich II RL, Rinderer TE, Collins AM. Diet-selection ecology of tropically and temperately adapted honey bees. *Anim Behav* 1987;35:1858-1863.
- Duff SR, Furgala BA. A Comparison of three non-migratory system for managing honey bees (*Apis mellifera* L.) in Minnesota. Part I. Management and productivity. *Am Bee J* 1989a;130(1):44-48.
- Duff SR, Furgala BA. A Comparison of three non-migratory system for managing honey bees (*Apis mellifera* L.) in Minnesota. Part II. Economic analysis. *Am Bee J* 1989b;130(2):121-126.

Dunham WE. The modified two-queen system for honey production. *Am Bee J* 1953;93:111-113.

Estrada de la Mora E, Guzmán-Novoa E. Selección práctica para alta producción de miel en abejas melíferas (*Apis mellifera*). Memorias del V Seminario Americano de Apicultura; 1991 septiembre 6-8; Guadalajara (Jalisco) México. México (DF): Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1991:69-71.

Farrar CL. The influence of colony populations on honey production. *J Agr Res* 1937;54(2):945-955.

Farrar CL. Two-queen colony management. *Am Bee J* 1953;93:108-110,117.

Gary NE, Lorenzen K. A method for collecting the honey-sac contents from honey bees. *J Apic Res* 1976;15(2):73-79.

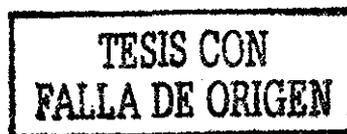
Giray T, Huang Z, Guzmán-Novoa E, Robinson G. Physiological correlates of genetic variation for rate of behavioral development in the honey bee, *Apis mellifera*. *Behav Ecol Sociobiol* 1999;47:17-28.

Guzmán-Novoa E, Gary NE. Genotypic variability of components of foraging behavior in honey bees (Hymenoptera: Apidae). *J Econ Entomol* 1993;86(3):715-721.

Guzmán-Novoa E, Page RE, Fondrk MK. Morphometric techniques do not detect intermediate and low levels of Africanization in honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. *Ann Entomol Soc Am* 1994;87(5):507-515.

Guzmán-Novoa E. La apicultura en México y Centro América. Memorias del V Congreso Ibero Latinoamericano Apícola; 1996 30 mayo - 2 junio; Mercedes Uruguay. Intendencia Municipal de Soriano Central Apícola Cooperativa, 1996:14-17.

Guzmán-Novoa E, Correa A. Selección de abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) resistentes al ácaro *Varroa jacobsoni* O. *Vet Méx* 1996;27(2):149-158.



Guzmán-Novoa E, Vandame RY, Arechavaleta ME. Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud in Mexico. *Apidologie* 1999;(30):173-182.

Holzberlein JW. Getting started with two-queen management. *Am Bee J* 1953;93:114-115.

Horr BZ. My intensive two-queen management system means bigger honey crops. *Am Bee J* 1998;138(7):507-510.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de México. México (DF):INEGI, 1998.

Labougle JM, Zozaya JA. La apicultura en México. Ciencia y Desarrollo. CONACYT 1986;69:17-36.

Marceau J, Boily R, Perron JM. The relationship between hive productivity and honeybee flight activity. *J Apic Res* 1990;29(1):28-34.

Miller LF. Crop insurance with two queens. *Am Bee J* 1953;93:113-117.

Moeller FE. The relationship between colony populations and honey production as affected by honeybee stock lines. *US Dept Agr Prod Res Rpt* 1961;55:20pp.

Moeller FE, Harp ER. The two-queen system simplified. *Glean Bee Cult* 1965;93:679-682,698.

Moeller FE. Two-queen system of honey bee colony management. *US Dept Agr Prod Res Rpt* 1976;161:11pp.

Nasr ME, Thorp RW, Tyler TL, Briggs DL. Estimating honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) colony strength by a simple method: measuring cluster size. *J Econ Entomol* 1990;83:748-754.

Peer DF. Two-queen management with package colonies. *Am Bee J* 1969;109:88-89.

Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México (DF):SAGAR, 1998.

Rinderer TE, Collins AM, Tucker KW. Honey production and underlying nectar harvesting activities of Africanized and European honeybees. *J Apic Res* 1985;23:161-167.

Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México. Los municipios del Estado de México. Enciclopedia de los municipios de México. México (DF): SEGOB, 1988

Szabo TI. Effect of weather factors on honey bee flight activity and colony weight gain. *J Apic Res* 1980;19:164-171.

Szabo TI. Phenotypic correlations between colony traits in the honey bee. *Am Bee J* 1982;122:711-716.

Szabo TI, Lefkovich LP. Effect of brood production and population size on honey production of honeybee colonies in Alberta, Canada. *Apidologie* 1989;20:157-163.

Uribe JL. Loci y efectos genéticos que afectan el comportamiento productivo y componentes del comportamiento defensivo de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) (Tesis de maestría). (DF) México. Universidad Nacional Autónoma de México, 2001.

Walton GM. The economics of the single-queen and two-queen systems of colony management. Ministry of Agric and Fisheries, Palmerston Morth, New Zealand 1972:32pp.

Walton GM. The single-queen and two-queen systems of colony management under commercial beekeeping conditions. *J Roy New Zeal Hort* 1974;2:34-43

Woyke J. Correlations and interactions between population, length of worker life and honey production by honeybees in a temperate region. *J Apic Res* 1984;23(3):148-156.

Wulfrath A, Speck JJ. La flora melífera. Enciclopedia apícola, folleto No. 28. Segunda edición. México DF: Editora agrícola mexicana, 1963.

CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Costos de producción (en MN) por colonia y por kilogramo de miel, en sistemas de producción de colmenas con una y dos reinas (sencilla y doble). Los costos se calcularon sumando los gastos por concepto de depreciación del equipo, mano de obra, reina, transportación, alimento, medicamentos y gastos varios (lo cual representa el 10% de todos los gastos anteriores). Después de sumar los conceptos anteriores, se restó el valor de la cera producida y la cifra obtenida se dividió entre los kilogramos de miel producida en promedio por colmena de cada tipo.

CONCEPTOS	SENCILLA	DOBLE
Depreciación del equipo	\$ 47.13	\$ 90.08
Mano de obra	\$ 80.00	\$ 118.90
Reina	\$ 64.00	\$ 128.00
Transportación	\$ 34.61	\$ 51.43
Alimento	\$ 62.53	\$ 110.70
Medicamentos	\$ 34.40	\$ 34.40
Subtotal	\$ 322.67	\$ 533.50
Varios (10%)	\$ 32.27	\$ 53.35
Costo parcial por colonia	\$ 354.94	\$ 586.85
Valor de la cera (2%)	\$ 29.10	\$ 58.55
Costo final por colonia	\$ 325.84	\$ 528.30
Kilogramos producidos	26.45	53.23
Costo por kilogramo	\$ 12.32	\$ 9.92
Diferencia en costo		\$ -2.40

Cuadro 2. Medias para el pecoreo (No. abejas por min), peso por colmena (kg), volumen (μ l) y concentración (%) de cargas individuales de néctar, población (No. abejas por colonia), miel producida por colonia (kg) y costo de producción por kilogramo de miel en sistemas de una y dos abejas reina, durante la floración de otoño en el Altiplano Mexicano.

	pecoreo total	pecoreo sin polen	pecoreo con polen	peso destarado /col.	peso total/col.	volumen néctar	concentración	población/col.	miel/col.	costo miel
SISTEMA	P<0.0001	P<0.0001	P=0.0069	P<0.0001	P<0.0001	P=0.0495	P=0.5034	P<0.0001	P<0.0001	-
una reina	265.25 ± 6.69	243.58 ± 6.69	21.68 ± 0.75	25.12 ± 0.85	58.82 ± 1.12	9.86 ± 0.23	41.10 ± 0.65	30,822.46 ± 1,368.02	26.45 ± 1.83	\$12.32
dos reinas	391.58 ± 9.14	366.48 ± 9.14	25.10 ± 1.02	63.11 ± 1.16	118.17 ± 1.53	10.51 ± 0.23	40.50 ± 0.65	63,000.58 ± 5,043.15	53.23 ± 2.39	\$9.92
FECHA DE FLORACIÓN	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P=0.049	-	-
28 sep	146.41 ± 12.13	120.50 ± 12.13	25.91 ± 1.36	25.86 ± 1.54	62.78 ± 2.03	10.80 ± 0.37	-	47,748.00 ± 5,435.85	-	-
11 oct	276.33 ± 12.13	244.97 ± 12.13	31.36 ± 1.36	26.81 ± 1.54	65.43 ± 2.03	6.83 ± 0.37	39.33 ± 1.13	-	-	-
25 oct	326.27 ± 12.13	302.07 ± 12.13	24.20 ± 1.36	41.91 ± 1.54	84.83 ± 2.03	13.12 ± 0.37	42.86 ± 0.86	-	-	-
08 nov	444.88 ± 12.13	427.06 ± 12.13	17.82 ± 1.36	58.19 ± 1.54	106.68 ± 2.03	13.17 ± 0.37	45.79 ± 0.86	-	-	-
22 nov	448.18 ± 12.13	430.53 ± 12.13	17.65 ± 1.36	67.79 ± 1.54	122.74 ± 2.03	7.00 ± 0.37	35.22 ± 0.86	-	-	-
20 dic	-	-	-	-	-	-	-	35,349.00 ± 2,710.59	-	-
SIST * FLO	P=0.0043	P=0.0027	P=0.2255	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001	P=0.0483	P<0.001	-	-
una-28 sep	122.18 ± 7.79	97.42 ± 6.64	24.76 ± 2.10	13.62 ± 0.70	40.65 ± 1.32	9.98 ± 0.52	-	33,365.08 ± 2,313.65	-	-
una-11 oct	219.87 ± 15.68	192.67 ± 14.42	27.20 ± 2.97	13.24 ± 0.78	41.77 ± 1.25	5.42 ± 0.52	38.04 ± 1.61	-	-	-
una-25 oct	269.91 ± 18.20	246.09 ± 17.27	23.82 ± 1.95	22.35 ± 1.03	52.73 ± 1.62	13.21 ± 0.52	44.20 ± 1.29	-	-	-
una-8 nov	362.84 ± 23.28	347.51 ± 22.66	15.33 ± 1.53	35.33 ± 1.25	74.25 ± 1.78	12.69 ± 0.52	45.26 ± 0.91	-	-	-
una-22 nov	357.07 ± 26.78	390.44 ± 26.22	16.62 ± 1.51	40.29 ± 1.39	83.67 ± 2.32	7.99 ± 0.52	36.27 ± 1.33	-	-	-
una-20 dic	-	-	-	42.28 ± 1.47	89.30 ± 2.37	-	-	28,279.83 ± 1,139.17	-	-
dos-28 sep	140.92 ± 12.54	114.50 ± 10.83	26.42 ± 3.12	32.04 ± 1.19	78.11 ± 1.63	11.62 ± 0.52	-	76,513.83 ± 5,440.52	-	-
dos-11 oct	331.25 ± 32.36	293.75 ± 30.22	37.50 ± 3.73	35.47 ± 2.05	83.63 ± 2.72	8.24 ± 0.52	40.60 ± 1.74	-	-	-
dos-25 oct	381.00 ± 34.14	357.75 ± 33.02	23.25 ± 2.65	61.81 ± 3.06	118.84 ± 4.13	13.03 ± 0.52	41.52 ± 1.51	-	-	-
dos-8 nov	547.75 ± 45.66	526.92 ± 44.33	20.83 ± 3.61	84.29 ± 4.17	141.33 ± 4.94	13.65 ± 0.52	46.32 ± 0.96	-	-	-
dos-22 nov	568.08 ± 51.12	550.17 ± 50.30	17.92 ± 1.90	102.58 ± 3.58	169.84 ± 5.53	6.02 ± 0.52	34.18 ± 1.19	-	-	-
dos-20 dic	-	-	-	99.65 ± 3.33	179.29 ± 4.94	-	-	49,487.33 ± 3,043.76	-	-

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

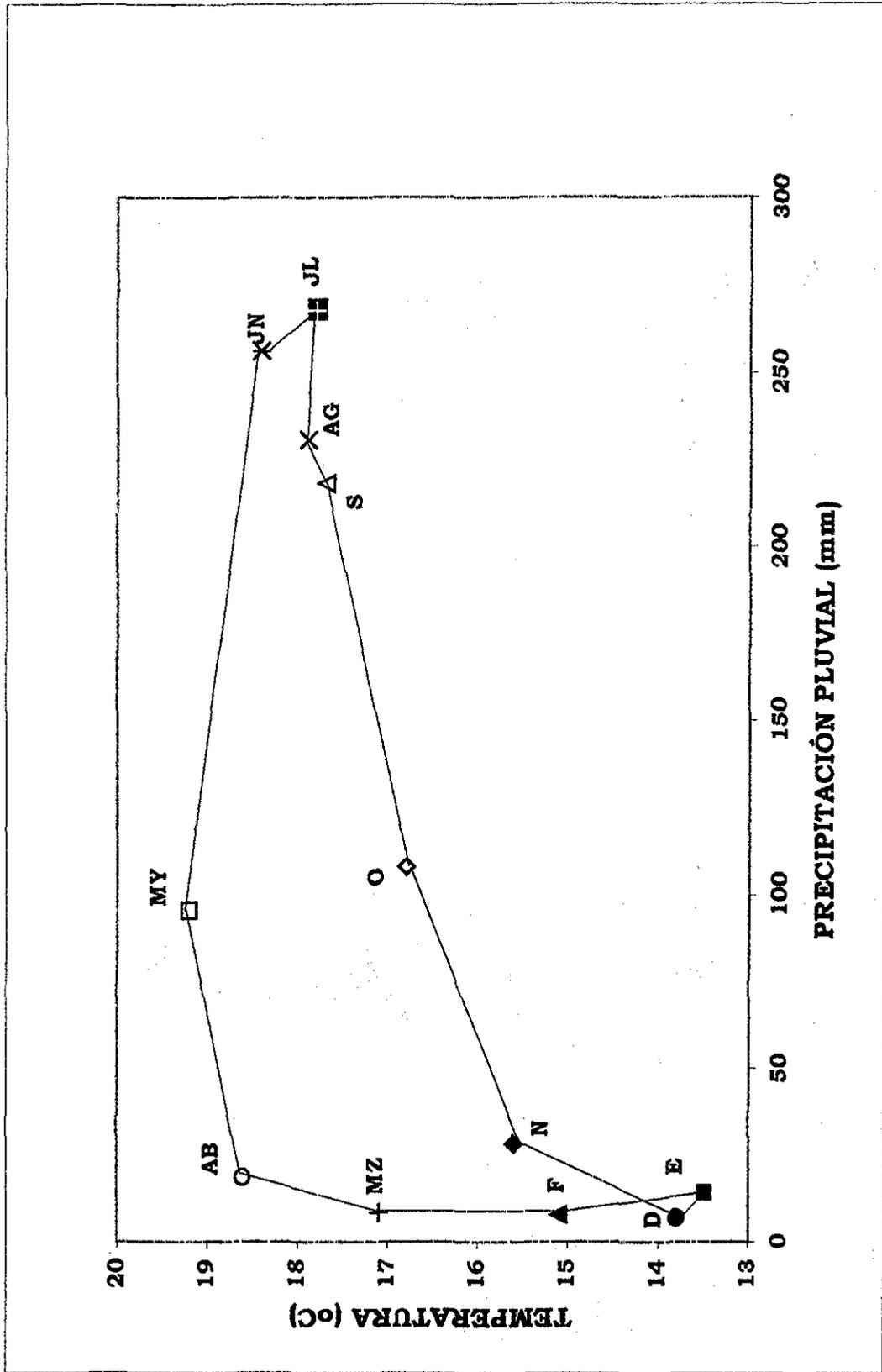
Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre las variables de población de abejas (PA), peso total de las colmenas (PT), peso destarado de las colmenas (PD), viajes de pecoreo totales (VT), viajes de pecoreo sin polen (VN) y producción de miel (PM). n= 18 para las variables correlacionadas con PA y n= 23 para el resto de las variables.

	PT	PD	VT	VN	PM
PD	.995**				
VT	.776**	.792**			
VN	.788**	.803**	.998**		
PM	.941**	.942**	.829**	.832**	
PA	.897**	.893**	.752*	.762**	.824**

** P< 0.0001; * P< 0.01

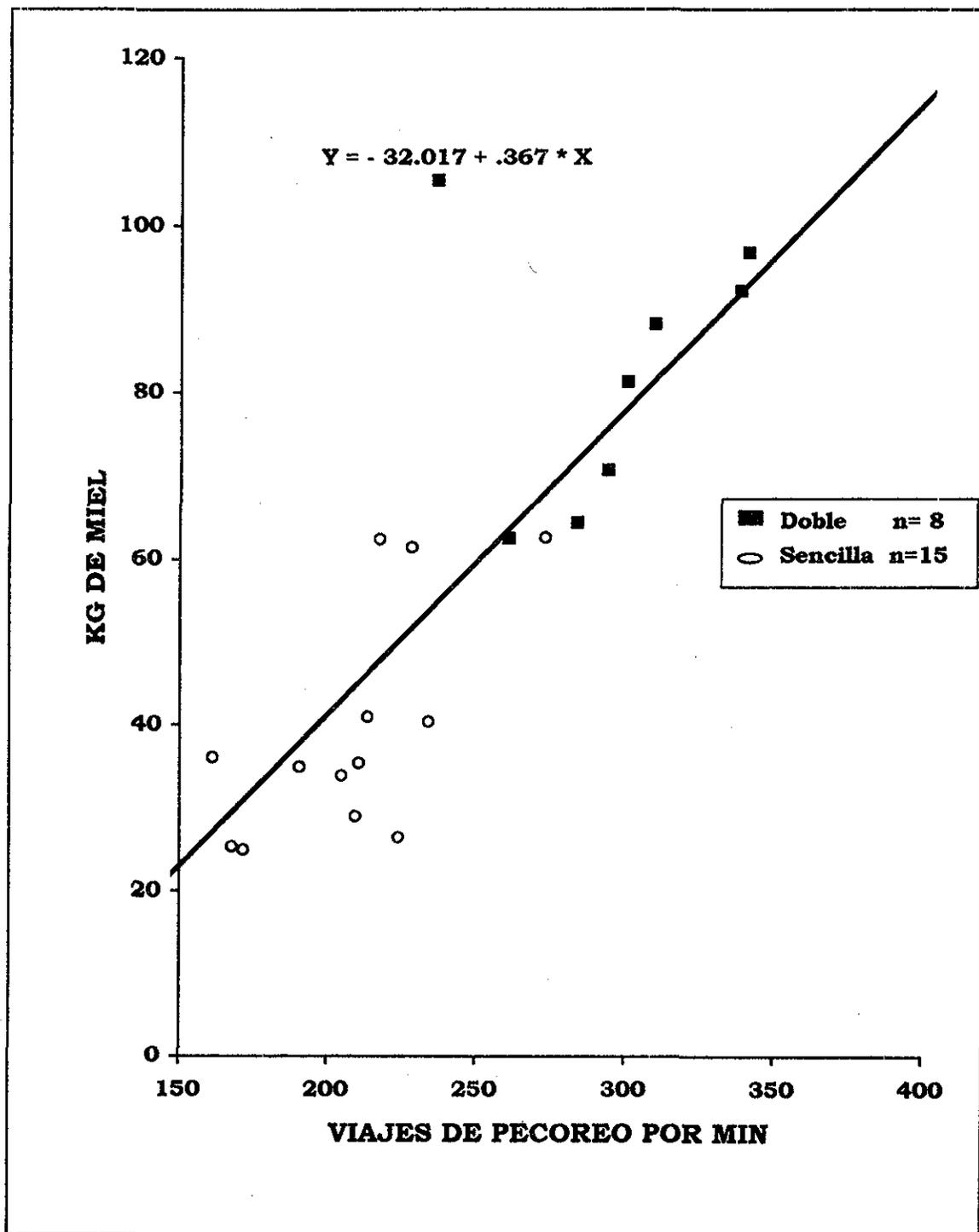
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1. Climograma de la zona de estudio (Villa Guerrero y Coatepec Harinas, México).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4. Regresión del número de viajes de pecoreo por min sobre la producción de miel en colonias de abejas con una y dos reinas (sencilla y doble) ($r^2=0.69$; $r= 0.83$; $n= 23$; $P< 0.0001$).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 5. Regresión de la población de abejas sobre la producción de miel en colonias de abejas con una y dos reinas (sencilla y doble) ($r^2 = 0.68$; $r = 0.82$; $n = 18$; $P < 0.0001$).

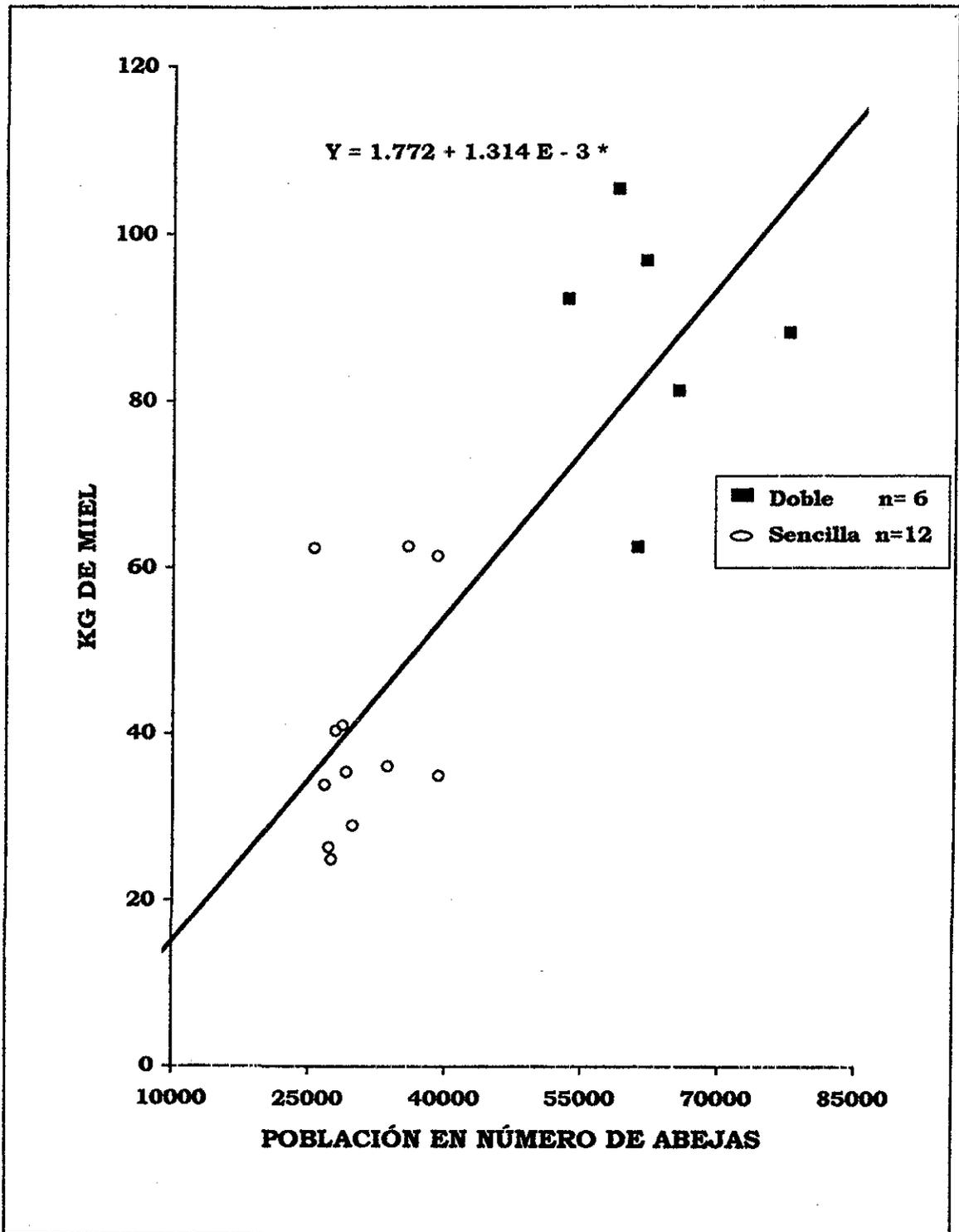


Figura 5. Regresión de la población de abejas sobre la producción de miel en colonias de abejas con una y dos reinas (sencilla y doble) ($r^2 = 0.68$; $r = 0.82$; $n = 18$; $P < 0.0001$).

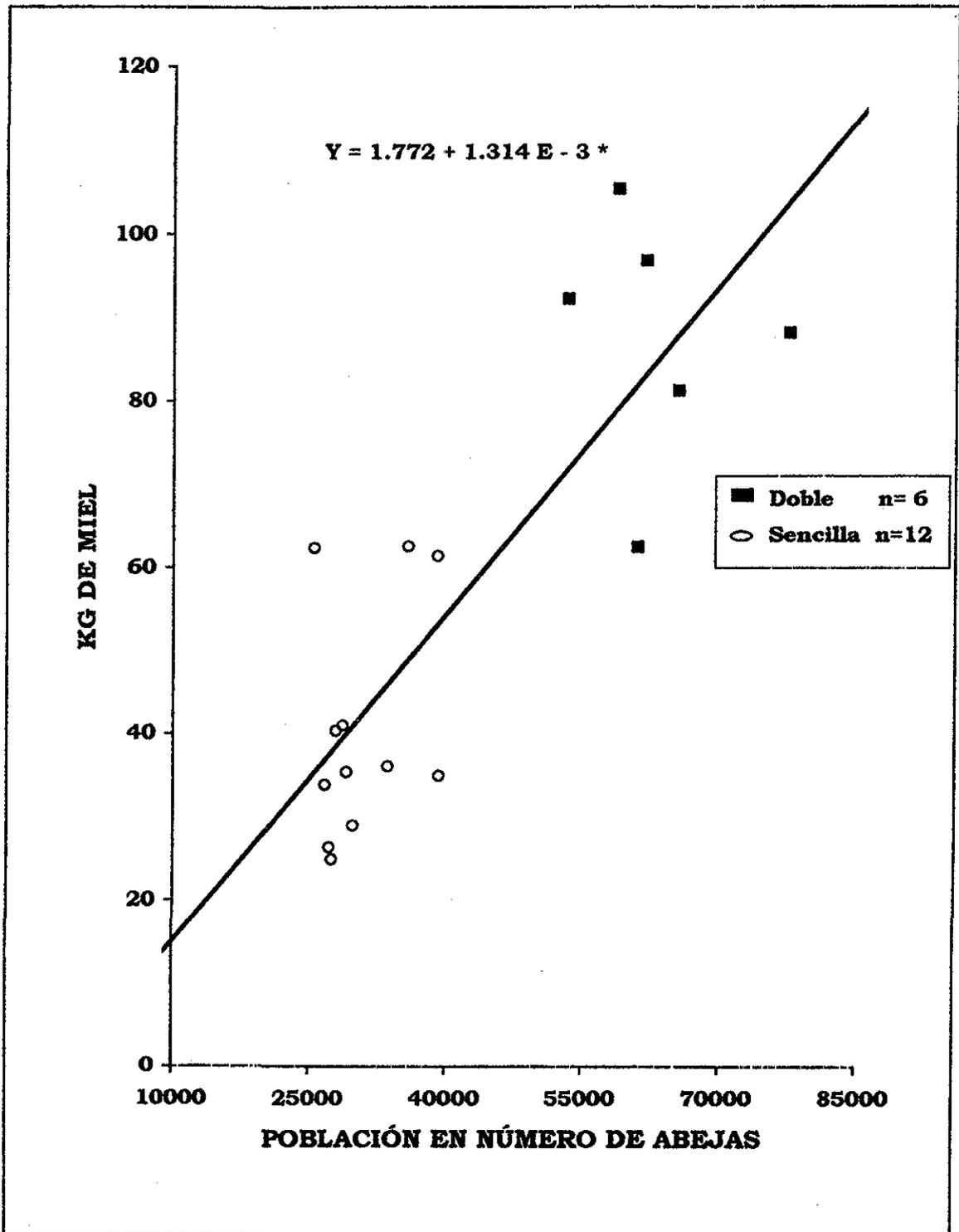
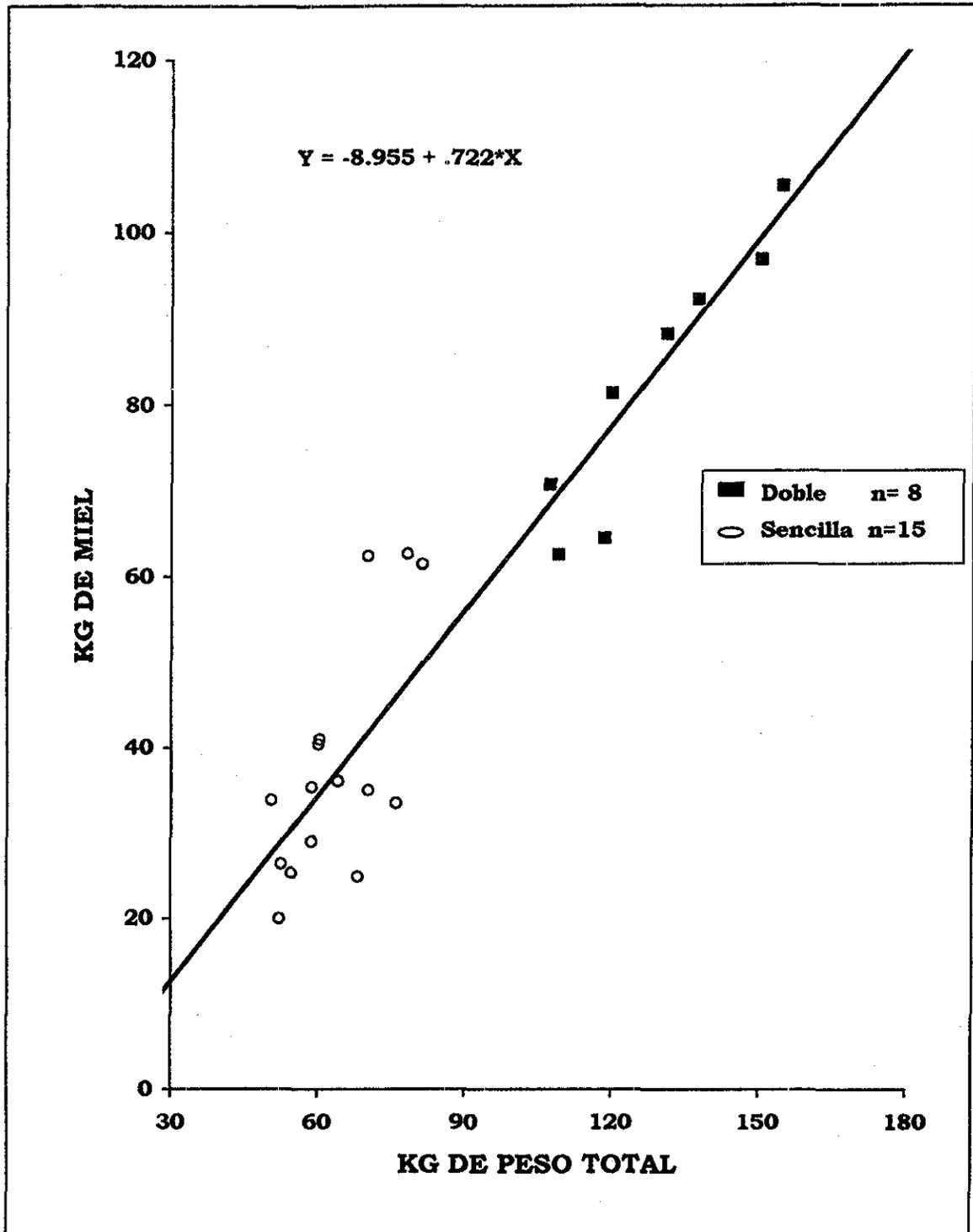


Figura 3. Regresión del peso total de las colmenas sobre la producción de miel en colonias de abejas con una y dos reinas (sencilla y doble) ($r^2 = 0.88$; $r = 0.94$; $n = 23$; $P < 0.0001$).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN