

Efecto del uso de dos reinas en la población, peso, producción de miel y rentabilidad de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano

The effect of using two honey bee (*Apis mellifera* L.) queens on colony population, honey production, and profitability in the Mexican high plateau

Angélica Genoveva Gris Valle^a, Ernesto Guzmán-Novoa^{ab}, Adriana Correa Benítez^a, J. Antonio Zozaya Rubio^a

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del sistema de manejo con dos reinas por colmena sobre la población, peso, producción de miel y rentabilidad de colonias de abejas melíferas. Se establecieron 92 colonias experimentales (46 con una reina y 46 con dos) en una región del altiplano mexicano. Se estimaron las variables: cantidad de miel producida, costo por kilogramo de miel, población de abejas y peso de las colmenas. Las colonias con dos reinas produjeron 101.2 % más miel que las colonias con una reina (53.2 ± 2.4 vs 26.4 ± 1.8 kg, $P < 0.01$). El costo de producción por kilogramo de miel fue de US\$ 0.86 y US\$ 1.07 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 100 % más abejas y peso que las de una reina ($P < 0.01$). Se encontraron correlaciones significativas de > 0.70 entre población, peso de las colmenas y producción de miel ($P < 0.01$). El peso de las colmenas fue la variable que mejor predijo la producción de miel ($r = 0.94$, $P < 0.01$). Los resultados demuestran que la producción de miel es más rentable con el sistema de dos reinas, por lo que se recomienda su uso. También se recomienda la técnica del pesaje de las colmenas al inicio de la floración, como un método para predecir la productividad de las colonias con fines de estudio o mejoramiento genético.

PALABRAS CLAVE: *Apis mellifera* L., Producción de miel, Población, Doble reina, Rentabilidad.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of a two-queen/bee hive management system on colony population, honey production, and profitability. Ninety two experimental colonies (46 colonies with one queen and 46 with two queens) were established in the Mexican high plateau region. The following variables were estimated: honey yields, cost per kilogram of honey produced, bee populations, and beehive weights. Colonies with two queens yielded 101.2 % more honey than colonies with one single queen (53.2 ± 2.4 vs 26.4 ± 1.8 kg, $P < 0.01$). The production cost per kg of honey was US\$ 0.86 and US\$ 1.07 for double and single-queen colonies, respectively. The lower production cost in the two-queen colonies was due to savings in labor, transportation, and feeding. Two-queen colonies had 100 % more bees, and they were 100 % heavier than single-queen colonies ($P < 0.01$). Significant (> 70 %) correlations were found between population, colony weight, and honey production ($P < 0.01$). Hive weight was the best predictor of honey production ($r = 0.94$, $P < 0.01$). The best results were obtained with the two-queen system. Therefore, two queens per colony are recommended. Also, weighing the hive during early bloom is recommended as a technique to predict honey yields for either research, or genetic breeding purposes.

KEY WORDS: *Apis mellifera* L., Honey production, Bee population, Two-queen system, Profitability.

Recibido el 30 de mayo de 2003 y aceptado para su publicación el 22 de marzo de 2004.

a Departamento de Especies no Tradicionales: Producción Apícola. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito exterior de Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510- México, D.F. Teléfono y fax: 5622-5929. apis1116@hotmail.com. Correspondencia al primer autor.

b CENIFMA-INIFAP.

INTRODUCCIÓN

El número de colmenas, así como la producción y exportación de miel han disminuido en México durante el último lustro; se estima que la producción de miel ha bajado en más de 20 %, mientras que la exportación en 45 %⁽¹⁾. La baja en la producción es el resultado de una disminución en el número de colmenas y en la productividad de éstas, así como a la aparición de la abeja africanizada⁽²⁾, del ácaro *Varroa destructor* A.^(3,4), así como a la falta de desarrollo y validación de tecnologías que hagan más eficiente la producción⁽⁵⁾.

La productividad podría aumentarse controlando los efectos adversos de las abejas africanizadas, así como utilizando tecnología para el control del ácaro *Varroa*^(6,7). La eficiencia en la producción de miel aparentemente se incrementa mediante el crecimiento en las poblaciones de las colonias⁽⁸⁻¹¹⁾. Varios investigadores^(8,12) encontraron en diferentes estudios una correlación de 0.93 entre la población de las colonias y el rendimiento de miel, en tanto que el desarrollo de la población de abejas de una colonia depende principalmente de la intensidad en la oviposición de la reina^(13,14). 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 entonces 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⁽¹³⁾. Por lo tanto, una alternativa para aumentar la productividad y la rentabilidad de las colonias de abejas pudiera consistir en tener dos reinas en cada colonia, ya que con ello se aumentaría la oviposición y se tendrían más abejas para el pecoreo⁽¹⁵⁾.

Varios sistemas de manejo de doble reina para producir miel han sido descritos por diversos autores⁽¹⁶⁻²²⁾; sin embargo, fue Moeller⁽¹⁵⁾ 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

INTRODUCTION

During the last five years, both bee colony numbers and honey production have declined in Mexico. Honey production and export drops are estimated in >20 %, and 45 %, respectively⁽¹⁾. Production drops are the result of decreased colony numbers/productivity. Decreased productivity is mainly due to the emergence of both Africanized bees⁽²⁾ and the mite *Varroa destructor* A.^(3,4). The lack of development/validation of technologies aiming increased production efficiency also plays a role⁽⁵⁾.

Productivity could be improved by controlling the adverse effects of Africanized bees, and using *Varroa* control technology^(6,7). Honey production efficiency apparently increases with increased colony bee population⁽⁸⁻¹¹⁾. Different studies^(8,12) have found a correlation of 0.93 between bee colony populations and honey yield, while population development within the colony depends mainly on the queen's oviposition^(13,14). Production efficiency (per-unit productivity) can be defined as the average amount of honey produced by every 1000 individual bees within a colony. Therefore, it is feasible that the increased production of highly-populated colonies can be due to increased per-unit productivity. A plausible hypothesis is that the higher the population the higher the productivity, due to a more intense foraging and to a higher level of specialization in nectar collection by the workers bees⁽¹³⁾. Therefore, one alternative option to increase bee colony productivity/profitability could be having two queens per colony since this could increase oviposition which would result in increased numbers of bees available for nectar collection⁽¹⁵⁾.

Even though several two-queen management systems have been described by different authors⁽¹⁶⁻²²⁾, Moeller⁽¹⁵⁾ made these methods simpler and more perfect. Double-queen systems are more labor-demanding, but they require less pieces of equipment, colonies produce more honey, and each individual bee seems to be more productive than those in single-queen colonies^(15,23,24). The system has shown to be effective in zones with long-lasting, intense, predictable honey flow like New Zealand,

aparentemente cada abeja es más productiva que las abejas de colonias con una reina^(15,23,24). 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 Estados Unidos y en Canadá⁽²⁵⁾. El sistema de doble reina ya se había ensayado en el altiplano mexicano, zona con flujo de néctar intenso pero de corta duración; sin embargo, los resultados no fueron concluyentes debido al bajo número de colonias utilizado⁽²⁶⁾.

El objetivo de este trabajo fue estimar el efecto del sistema de dos reinas por colmena sobre la población, peso, producción de miel y rentabilidad de colonias de abejas melíferas, en las condiciones de flujo de néctar del altiplano mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la área de estudio

La investigación se realizó de julio a diciembre de 2000 en apiarios del Centro de Mejoramiento Genético, Generación y Transferencia de Tecnología Apícola, distribuidos en los municipios de Villa Guerrero y de Coatepec Harinas; ambos se encuentran al suroeste del Estado de México, entre los 99° 38' 00" - 99° 46' 38" Oeste y 18° 58' 36" - 18° 57' 54" Norte, con altitud de 2,160 a 2,500 msnm; clima templado subhúmedo C(w), con lluvias en verano, y temperatura media anual de 12 a 16.1 °C, con precipitación anual media de 1,134 a 1,242 mm⁽²⁷⁾.

Instalación de colonias experimentales

Se instalaron 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, la que fue similar en ambos sistemas. Las 92 colonias se distribuyeron en ocho apiarios y en cada uno de ellos se manejó el mismo número de colmenas con cada uno de los sistemas. Las colonias se identificaron con un número consecutivo escrito con un marcador de aceite en una pared lateral de la cámara de cría. Las reinas utilizadas fueron de origen europeo, derivadas de madres importadas de los Estados Unidos, apareadas a libre fecundación. El tamaño inicial de las colonias

the northern US, and Canada⁽²⁵⁾. The double-queen system had already been tried in the Mexican high plateau – an area with intense, but short-lasting nectar flow. Nevertheless, due to the small number of colonies involved, results were inconclusive⁽²⁶⁾.

The purpose of this research was to estimate the effect of the two-queen system on honey bee colony populations, weights, honey yields, and profitability under the nectar flow conditions of the Mexican high plateau.

MATERIALS AND METHODS

Study site

This research was carried out from July to December 2000 in the apiaries of Centro de Mejoramiento Genético, Generación y Transferencia de Tecnología Apícola (Apiculture Genetic Improvement, and Technology Generation/Transfer Center). Apiaries are distributed among two municipalities, i.e.: Villa Guerrero and Coatepec Harinas, Southeast México State, between 99° 38' 00" - 99° 46' 38" West, and 18° 58' 36" - 18° 57' 54" North, with an altitude of 2,160 to 2,500 meters over sea level. The weather is temperate and sub-humid C(w), with a rainy summer and a mean yearly temperature of 12 to 16.1 °C. Mean yearly rainfall is 1,134 to 1,242 mm⁽²⁷⁾.

Experimental colony set up

Fifty six colonies were installed for each of the two systems (single queen, and two queens) but data from only 46 colonies/system were taken, due to queen losses. Queen losses were similar in both systems. The 92 hives were distributed among eight apiaries, and the same number of hives was managed with each system in each apiary. Colonies were identified with a consecutive number written with an oil marker on a side wall of the brood chamber. Open-mated queens of European origin, derived from US-imported dams were used. The starting colony size was six combs covered with bees, and approximately 6,000 cm² of capped brood per each hive. Being the time of nectar scarcity, colony reserves were minimal.

fue de seis panales cubiertos por abejas y aproximadamente 6,000 cm² de cría operculada por cámara de cría. Por ser época de escasez de néctar, las reservas de las colonias fueron mínimas.

Manejo con el sistema de una reina

El manejo consistió en asegurarse que en todas las colmenas hubiese una reina ovipositando, prevenir o tratar las enfermedades, controlar la enjambrazón, y verificar que las abejas tuviesen alimento a tiempo y espacio suficientes. Cada 15 días se verificó la presencia de la reina y se dio jarabe, pasta de azúcar y alzas conforme las colonias lo necesitaran, hasta el inicio de la floración. La alimentación y el tratamiento contra *Varroa destructor* se iniciaron y se realizaron de forma similar en ambos sistemas, dos y medio meses antes del flujo de néctar. 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*. Para el tratamiento contra varroosis se utilizaron dos tiras impregnadas con fluvalinato (Apistan[®], Wellmark) en cada colonia, que se retiraron seis semanas después, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se dio también un tratamiento preventivo contra Loque americana (*Paenibacillus larvae* W.) con 6 g de Terramicina[®] (Pfizer) a cada colonia por una sola vez.

Manejo con el sistema de dos reinas

Basados en el trabajo de Moeller⁽¹⁵⁾ a excepción de 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. 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 superior se colocaron los panales con la mayor parte de la cría operculada a punto de emerger y el resto de la población de obreras, en tanto que 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 las cuales se les proporcionó un alza. En el alza de la unidad superior se hizo un agujero de 3 cm de diámetro que funcionó como

Single-queen management system

The management consisted of making sure that in all and every hive, one egg-laying queen existed; disease prevention/treatment, swarming control, and verifying that bees had enough food reserves and space. The presence of the queen was verified, and syrup, sugar paste, and supers, were provided as needed, every 15 d until the beginning of the nectar flow. Feeding and *Varroa destructor* treatment were started and performed following a similar pattern in both systems (2.5 mo prior to nectar flow). For bee feeding, a water/sugar (50:50) syrup was used, together with sugar paste (18 parts sugar: 1 part water 1 part boiled honey) *ad libitum*. For the treatment against varroosis, two fluvalinate-impregnated strips (Apistan[®], Wellmark) were used in each colony. Strips were removed six weeks later, in accordance with manufacturer's recommendations. A preventive treatment against American foulbrood (*Paenibacillus larvae* W.) was also given with 6 g Terramycin[®] (Pfizer) per colony, one single occasion. Diseases were controlled to prevent them from misleading result evaluation.

Two-queen management system

Based on Moeller's paper⁽¹⁵⁾ -with two modifications- the following was done: Two and a half months prior to autumn blooming season, each colony was split in two parts and each half was given a young queen. The box of the lower brood chamber housed most of the workers (the older workers). In the upper box the majority of the nearly-hatching capped brood was placed, together with the rest of the worker population. The room reminding in both boxes was filled with empty combs. Between both cubes, an internal lid was placed in order to separate both units. Each unit was given one super. In the upper unit super, a 3-cm diameter hole was perforated. This hole was used as a flying entrance by the bees in the corresponding unit (Figure 1). (Moeller⁽¹⁵⁾ used entrance -integrated inner lids for this purpose, but in Mexico such lids are not commonly manufactured. Two weeks after queen introduction, the inter-unit partitioning lid was removed, and it was replaced with a queen excluder covered on both sides by 3-mm metal mesh (Moeller⁽¹⁵⁾ used

piquera para los vuelos de las abejas de esa unidad (Figura 1) (Moeller⁽¹⁵⁾ utilizó tapas interiores con piquera integrada para este fin, pero en México éstas 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 (Moeller⁽¹⁵⁾ utilizó una tapa interna con un orificio central, cubierto con mallas criba de metal por ambos lados, pero este tipo de tapas no se utiliza en México). La función de la malla fue la de impedir temporalmente el paso de las abejas, evitando que los individuos de la parte inferior se pelearan con los de la superior, ya que estuvieron separados 15 días y adquirieron su propio olor de colonia; lo que permitió que se mezclaran los olores de las dos unidades para que las obreras se aceptaran nuevamente como miembros de la misma colonia. En este manejo también se verificó la oviposición de ambas reinas. Una semana después, las mallas fueron retiradas, quedando únicamente el excluidor entre ambas unidades. La alimentación y alzas se proporcionaron cada quincena y los medicamentos se suministraron como se describe en el sistema de una reina.

Después de tres a cuatro semanas de iniciado el flujo de néctar, las colonias se dejaron con 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 huevos depositados en este lapso no se convertirían en abejas pecoreadoras antes de que terminase el flujo y por el contrario serían crías que consumirían alimento. El convertir nuevamente la unidad en 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⁽¹⁵⁾.

Variables

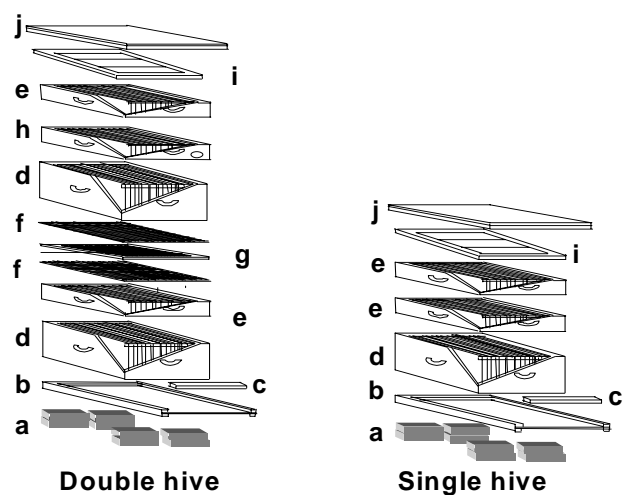
1) Evaluación del comportamiento productivo de las colonias. Se siguió un método ya descrito⁽²⁸⁾: durante la cosecha se contó el número de bastidores de alza con miel operculada en por lo menos 80 % que se cosecharon de cada colmena; después de

an inner lid with a centrally positioned perforation covered on both sides with metal mesh, but this type of lid is not available in Mexico). The mesh was used to temporarily prevent bee passage, thus preventing bees in the lower section from fighting against those in the upper section, since they had been separated for 15 d, acquiring their own colony odor. This allowed for the odors from the two units to mix for workers to accept each other again as members of one same colony. During this management procedure, oviposition by the two queens was also verified. One week later, the screens were removed, and only the excluder remained in between both units. Both feeding and supers were provided every 15 d, and medications were given as described for the single-queen system.

After 3-4 wk of nectar flow start, colonies were left with only one queen. No advantage existed in having a second egg-laying queen, since we had only one month to go before of nectar flow end (eggs laid during this period of time could not become foraging bees before flow end. In addition,

Figura 1. Esquema de las partes que componen ambos tipos de colmena

Figure 1. Schematic of hive components



a=bases, b=floor, c=flying entrance guard, d=brood chamber, e=super, f=3 mm metal mesh, g=queen excluder, h=perforated super (entrance for upper colony), i=inner lid, j=telescopic lid.

extraída toda la miel, se obtuvo el total de kilogramos producidos y éste se dividió entre el número total de bastidores cosechados, para obtener un peso promedio por bastidor, que se multiplicó por el número de bastidores cosechados de cada colmena para obtener la producción unitaria.

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

Para estimar la inversión monetaria 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 e imprevistos, los cuales representan el 10% de todos los gastos anteriores). Después de sumar los conceptos anteriores, se restó el valor de la cera producida, y a la cifra obtenida se le dividió entre el promedio de kilogramos de miel producidos por colmena de cada tipo. 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, 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 cuales se introdujeron a un congelador para sacrificar a las abejas. Posteriormente, se contaron las abejas y se obtuvo un promedio, que se utilizó como factor estimador del número de abejas por bastidor. La evaluación

they would consume food). In order to convert the colony back into a single queen colony, the queen excluder was simply removed and the colony was managed as a single colony unit. After removing the excluder the queens typically fight, and one dies⁽¹⁵⁾.

Variables

1) Colony production evaluation. The evaluation was conducted in accordance with a previously-described method⁽²⁸⁾. During harvest, the number of super frames with at least 80 % sealed honey that were harvested from each hive was counted and recorded in a log. After total honey extraction the total kilograms honey produced was determined, and then divided by the total number of harvested frames, in order to obtain the average frame weight. This figure was then multiplied times the number of harvested frames from each hive, to obtain unit production in kilograms.

2) Profitability evaluation. In order to assess the profitability with both systems, the time invested in managing 10 hives with each system was determined. Also, the amount of saccharose syrup and sugar paste used in 23 colonies from each type, were recorded.

To estimate the amount of money invested per colony, and to determine the cost per kilograms of honey, the following calculations were performed: Equipment depreciation, labor, queen cost, transportation, (fuel, vehicle maintenance and depreciation), feed (sugar syrup and paste), medications (oxytetracycline, fluvalinate) and miscellaneous expenses (management equipment, repellent, knives, power, rent, apiary payment, and unforeseen expenses, representing 10 % of all previously-described expenses) were added. The value of wax produced was deducted, and the resulting number was divided by the average kilograms of honey produced by each colony type. The value of equipment and inputs was estimated using an average of three quotes presented by three different honey industry suppliers. Honey and wax prices were those paid wholesale in the Mexican high plateau in the year 2000.

de la densidad poblacional de las colonias se realizó en seis colmenas del sistema de doble reina y en 12 de una reina. 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 (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⁽²⁹⁾. El conteo se llevó a cabo únicamente al comienzo (28 de septiembre) y al final (20 de diciembre) del flujo de néctar.

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 ocho colmenas del sistema de doble reina y en 15 de una reina. Estas colmenas fueron las mismas que se evaluaron con el método anterior, adicionándose dos colmenas de doble reina y tres de una reina. Consistió en montar y pesar las colmenas en una báscula de escala (Torino® sensibilidad de 100 g). Los pesos de las colmenas fueron registrados cada 15 días, en seis ocasiones, iniciando 15 días antes del comienzo del flujo de néctar (13 de septiembre) y terminando al final del mismo (20 de diciembre).

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

3) Evaluation of colony population density. In order to estimate the per-frame number of bees, at experiment start (September 28), five frames were taken from both the brood chamber and supers from different hives taken randomly (different from those used in the experiment), and they were individually placed into plastic bags. Bags were frozen in a freezer to kill the bees. The number of bees was then determined and the average number was obtained. This average was used as a factor to estimate the number of bees per frame.

Colony population density was evaluated in six colonies from the two-queen system and 12 colonies from the single-queen system. For this purpose, the number of bee-covered frames from both the brood chamber and supers was determined, then multiplied times the above-mentioned factor (number of bees per frame), in order to determine the total number of bees within each colony. All measurements were performed in the afternoon, so that most bees would be inside the colony⁽²⁹⁾. Counts were performed only at the beginning (September 28) and at the end (December 20) of nectar flow.

4) Hive weight evaluation. Colony weight gains can be due to increased bee populations, but mainly to honey accumulation in the combs. Evaluations were performed in 8 two-queen colonies, and 15 single-queen colonies. These were the same colonies evaluated with the above-mentioned method, but 2 two-queen colonies and 3 single-queen colonies were added. The evaluation consisted of mounting and weighing the colonies on a scale (Torino® 100 g sensitivity scale). Colony weights were recorded every 15 d in six different occasions, starting 15 d prior to the nectar flow start (September 13) and finishing at the end of nectar flow (December 20).

Total weight was determined by adding the weights of the hive, the previously-harvested honey, and the equipment used. Tared weight was estimated by deducting equipment weight from total weight. Equipment weight was obtained by calculating the average weight of 10 units from each of the pieces of equipment used, i.e.: floors, brood chamber with unloaded frames, queen excluders, screens,

diferencias de peso entre las mediciones uno a seis.

5) Productividad unitaria. Se obtuvo siguiendo el método descrito por Woyke⁽¹³⁾, 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 obtener la productividad por cada mil abejas (productividad unitaria).

Análisis estadístico

Se utilizó una prueba t de Student para comparar la producción de miel entre ambos sistemas, mientras que las densidades de población y los datos de productividad se compararon con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U. Para los datos de peso se utilizó un análisis de varianza de mediciones repetidas. A los datos de producción se les realizó una prueba de regresión sobre los datos de peso y población, siendo estos últimos las variables independientes y los de producción la variable dependiente. Los datos de aumento de peso a corto plazo se correlacionaron con los de producción de miel. 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

Las colonias de dos reinas produjeron 101.5 % más miel que las de una reina ($P < 0.01$), con una media de 53.2 ± 2.4 kg vs 26.4 ± 1.8 kg de las sencillas (Cuadro 1).

El número promedio de abejas por bastidor de cámara de cría y de alza fue de 3,962 y 1,839, respectivamente. Las colonias dobles tuvieron 129 % más abejas al inicio de la floración (28 de septiembre) ($76,513 \pm 5,440$ y $33,365 \pm 2,313$ para colonias dobles y sencillas, respectivamente) ($P < 0.01$). Al final de la floración (20 de diciembre), la diferencia fue de 75 % ($49,487 \pm 3,043$ y $28,279 \pm 1,139$ para colonias dobles y

supers with empty frames, inner covers, and outer lids.

Colony weight gain data in the short term was also obtained. Weight gains were estimated by numerical differences in between measurements. In other words, the previous hive weight was deducted from the final hive weight. This way, five weight difference data points were obtained between weighings 1 to 6.

5) Unit productivity. Unit productivity was obtained in accordance with the method described by Woyke⁽¹³⁾. For this purpose, colony honey production was divided by total bee population at the beginning and at the end of the blooming season, as well as by the average (individual) productivity. The resulting figure from this division was then multiplied times 1000, in order to obtain productivity/1000 bees (unit productivity).

Statistical analysis

Student's t test was used to compare honey production between both systems. Population densities and productivity data were compared using Mann-Whitney's U non-parametric test. For weight data, a repeated-measures analysis of variance was used. Production data were subjected to a regression analysis over weight and population data, the latter being the independent variables, while production data were the dependent variable. Short-term weight gain data were correlated with honey production data. A cost-benefit analysis was additionally performed on the basis of investment cost on the value of the amount of honey produced under each system.

RESULTS

Two-queen colonies produced 101.5 % more honey than single-queen colonies ($P < 0.01$), with a mean of 53.2 ± 2.4 kg vs 26.4 ± 1.8 kg for two-queen and single-queen colonies, respectively (Table 1).

The average number of bees per brood chamber frame, and per super frame was 3,962 and 1,839, respectively. Double colonies had 129 % more bees

Cuadro 1. Medias para variables en colonias sencillas y dobles, durante la floración de otoño en el altiplano mexicano
 Table 1. Means for variables in single-queen and two-queen colonies during the fall blooming season in the Mexican high plateau

	Weight per hive (kg)		Colony population (No. bees)
	Tared	Total	
System:	P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001
single queen	25.1 ± 0.9	58.8 ± 1.1	30,822 ± 1,368
two queens	63.1 ± 1.2	118.2 ± 1.5	63,000 ± 5,043
Blooming date:	P<0.0001	P<0.0001	P=0.049
September 28	25.9 ± 1.5	62.8 ± 2.0	47,748 ± 5,435
October 11	26.8 ± 1.5	65.4 ± 2.0	-
October 25	41.9 ± 1.5	84.8 ± 2.0	-
November 8	58.2 ± 1.5	106.7 ± 2.0	-
November 22	67.8 ± 1.5	22.7 ± 2.0	-
December 20	-	-	35,349 ± 2,710
System*Blooming:	P<0.0001	P<0.0001	P<0.001
single-Septembre 28	13.6 ± 0.7	40.7 ± 1.3	33,365 ± 2,313
single-October 11	3.2 ± 0.8	41.8 ± 1.3	-
single-October 25	22.4 ± 1.0	52.7 ± 1.6	-
single-November 8	35.3 ± 1.3	74.3 ± 1.8	-
single-November 22	40.3 ± 1.4	83.7 ± 2.3	-
single-December 20	42.3 ± 1.5	89.3 ± 2.4	28,279 ± 1,139
double-September 28	32.0 ± 1.2	78.1 ± 1.6	76,513 ± 5,440
double-October 11	35.5 ± 2.1	83.6 ± 2.7	-
double-October 25	61.8 ± 3.1	118.8 ± 4.1	-
double-November 8	84.3 ± 4.2	141.3 ± 4.9	-
double-November 22	102.6 ± 3.6	169.8 ± 5.5	-
double-December 20	2099.6 ± 3.3	179.3 ± 4.9	49,487 ± 3,043

sencillas, respectivamente) aunque la diferencia fue menor, que al inicio de la floración, también fue significativa (Cuadro 1).

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) ($P<0.01$) y hubo diferencias significativas de peso entre los dos tipos de colonias en todas las mediciones ($P<0.01$ para peso total y destarado). Las colonias dobles aumentaron su peso total y destarado en 101.2 y 67.6 kg, respectivamente, en un período de 75 días, mientras que las colonias sencillas tuvieron un aumento de 48.6 y 28.7 kg para los mismos pesos y período. Estos pesos representaron un

at early bloom (September 28) than single colonies ($76,513 \pm 5,440$ and $33,365 \pm 2,313$ for two-queen, and single-queen colonies, respectively) ($P<0.01$). At the end of the blooming season (December 20), the difference was 75 % ($49,487 \pm 3,043$ and $28,279 \pm 1,139$ for two-queen, and single-queen colonies, respectively), even though this difference was smaller than that observed during the early bloom, it was also statistically significant (Table 1).

Both two-queen colonies, and single-queen colonies showed significant weight gains (total and tared weights) throughout five 150 d measurements (September 28 - November 22) ($P<0.01$), and significant weight differences existed between both

Cuadro 2. Costos de producción por colonia y por kilogramo de miel, en sistemas de producción de colmenas sencillas y dobles

Table 2. Production costs per colony and per kilogram of honey, with single- and double-queen production systems (US\$)

Items	Hive type	
	Single	Double
Equipment depreciation	4.09	7.83
Labor	6.95	10.33
Queen	5.56	11.13
Transportation	3.00	4.47
Food	5.43	9.62
Medications	2.99	2.99
Subtotal	28.05	46.39
Miscellaneous (10%)	2.80	4.63
Partial cost per colony	30.86	51.03
Wax value (2%)	2.53	5.09
Final cost per colony	28.33	45.93
Kilograms produced	26.45	53.23
Cost per kilogram	1.07	0.86
Cost difference		-(0.21)

incremento de 129.5 y 119.7 % para el peso total de colonias dobles y sencillas, respectivamente y un incremento de 211 y 210 % para el peso destarado de los mismos tipos de colonias (Cuadro 1).

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 ($P>0.05$).

Se encontró que el costo promedio de producción por kilogramo de miel fue US\$ 0.86 menor en colonias dobles que en colonias sencillas (US\$ 0.86 y US\$ 1.07 para colonias dobles y sencillas, respectivamente). Esta diferencia representa un costo de producción 24 % mayor para las colonias sencillas y significa un ahorro de US\$ 11.10 en

colony types throughout all measurements ($P<0.01$ for both total and tared weights). Two-queen colonies showed increased total/tared weights in 101.2 and 67.6 kg, respectively, within a 75 d period, while single-queen colonies had total/tared weight increases of 48.6 and 28.7 kg, respectively, in the same period of time. These weights represented an increase of 129 and 119 % for total weights of two-queen and single-queen colonies, respectively, and an increase of 211 and 210 % for the tared weight of two-queen and single-queen colonies, respectively (Table 1).

Unit honey productivity/1000 bees from double colonies on September 28 was estimated in 845 g, and from single colonies in 844 g ($P>0.05$). By December 20, unit productivity was 1,321 g in double colonies, and 1,000 g in single colonies ($P>0.05$). Total average productivity was 1,022 g in double colonies, and 902 g in single colonies ($P>0.05$).

The average production cost per kilogram of honey was US\$ 0.21 pesos lower for the two-queen colonies than for single-queen colonies (US\$ 0.86, and US\$ 1.87, respectively). This difference represents a production cost 24 % higher for single colonies, and it represents cost savings of US\$ 11.10 for the total average kilograms produced by each double colony (Table 2).

The lower cost resulted from labor and feeding cost savings. Two-queen colonies required only 48.6 % more labor time than single-queen colonies. A total average of 11.9 h were devoted for the management of each double colony, as compared to a total of 8 h for each single colony. As far as feeding is concerned, double-queen colonies required 77 % more sugar than single-queen colonies.

Figures 2 and 3, and Table 3, show high significant regressions, determination coefficients, and correlations, among the variables: population, hive weight, and honey production. Colonies with the highest population and weight produced more honey.

Significant ($P<0.01$) correlations were found

costos por el total de kilogramos producidos en promedio en cada colonia doble (Cuadro 2). Los menores costos resultaron de ahorros en mano de obra y alimentación. Las colonias de dos reinas requirieron sólo un 48.6 % más tiempo en mano de obra que las sencillas. Se invirtieron 11.9 h en total en el manejo promedio de cada colonia doble, contra 8 h en cada colonia sencilla. En cuanto a alimentación, las colonias dobles requirieron 77 % más azúcar

Las Figuras 2 y 3 y el Cuadro 3 muestran altas y significativas regresiones, coeficientes de determinación y correlaciones entre las variables de población, peso de las colmenas y producción de miel. Las colonias con mayor población y peso produjeron más miel.

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, de 0.15 y 0.44;

between short-term weight gain (in between two measurements) and honey production. These correlations between production and short-range total/tared weights were 0.52 for both variables, in the measurements performed between September 28 and October 11. Regarding the measurements performed between October 11 and October 25, correlations were 0.94 and 0.93. Regarding measurements performed between October 25 and November 8, correlations were 0.15 and 0.44, whereas for measurements performed between November 8 and November 22, the correlations were 0.62 and 0.52. Finally, regarding measurements performed between November 22 and December 20, correlations were 0.22 and -0.36 for total weight and tared weight, respectively. The highest correlation was found between measurements 2 and 3, performed in October.

DISCUSSION

Results show that two-queen colonies produced more than twice the amount of honey produced by single colonies. This is attributed to more than twice the population than single-queen colonies at bloom start. These results are in agreement with those published by other researchers who also found that two-queen colonies are more productive than single-colonies^(15,23-26,30). Walton⁽²⁵⁾ found a 60

Figura 2. Regresión del peso total de las colmenas sobre la producción de miel en colonias sencillas y dobles ($r^2 = 0.88$; $r = 0.94$; $n = 23$; $P < 0.0001$)

Figure 2. Regression of total hive weights over honey production in single and double colonies ($r^2 = 0.88$; $r = 0.94$; $n = 23$; $P < 0.0001$)

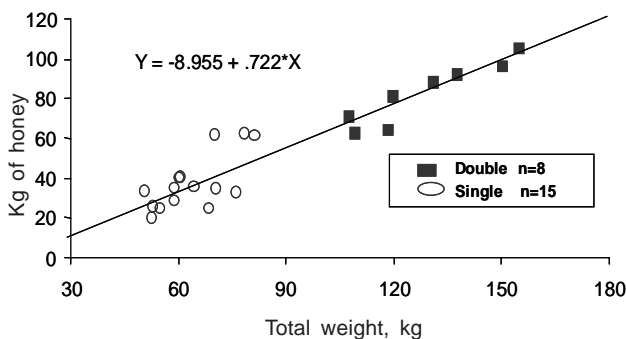
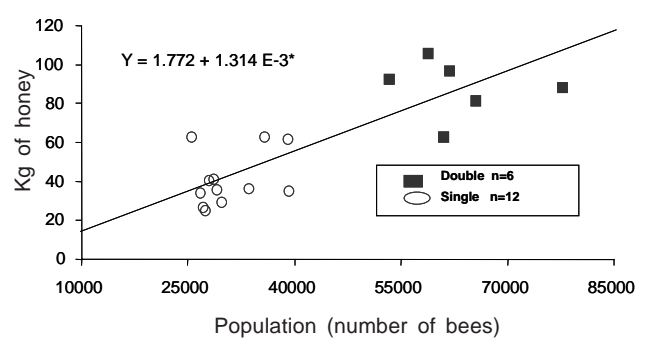


Figura 3. Regresión de la población de abejas sobre la producción de miel en colonias sencillas y dobles ($r^2 = 0.68$; $r = 0.82$; $n = 18$; $P < 0.0001$)

Figure 3. Regression of bee population over honey production in single and double colonies ($r^2 = 0.68$; $r = 0.82$; $n = 18$; $P < 0.0001$)



para las realizadas entre el 8 y el 22 de noviembre, 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; realizadas en octubre.

DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que las colonias de doble reina produjeron más del doble de miel, lo que se atribuye a que tenían más del doble de población que las de una reina al inicio de la floración. 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^(15,23-26,30). Walton⁽²⁵⁾ encontró un incremento de 60 a 75 % en la producción de colmenas de doble reina, manejadas durante dos años. Bernaldez y García⁽²⁶⁾ 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, no encontrando diferencias debido al escaso número de unidades experimentales utilizado. Moeller⁽¹⁵⁾ encontró un aumento de 67 %, resultado sumado de las colonias que utilizó en seis años; sin embargo en ningún año utilizó un número mayor de 12 colonias por sistema de producción. Otros investigadores^(23,24) observaron un incremento de producción de 95 %, durante dos años; sin embargo, en ningún año utilizaron un número mayor de 24 colonias dobles. En otro trabajo⁽³⁰⁾ se encontró que las colonias dobles producen tres a cuatro veces más miel que las sencillas, pero no mencionaron 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 mencionados hubieran analizado sólo 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

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre las variables de población de abejas, peso total de las colmenas, peso destarado de las colmenas y producción de miel

Table 3. Correlation coefficients between bee population (BP), total hive weight (ToHW), tared hive weight (TaHW), and honey production (HP)

	ToHW	TaHW	HP
TaHW	0.99*		
HP	0.94*	0.94*	
BP	0.90*	0.89*	0.82*

* $P < 0.0001$

n= 18 for BP-correlated variables, and n= 23 for all other variables.

to 75 % production increase in two-queen colonies managed throughout two years. Bernaldez and García⁽²⁶⁾ in the State of México, described production increases of 425 %, with production means of 10.8 kg with 5 single-queen colonies, and 45.9 kg with 12 two-queen colonies. No differences were found because of the small number of experimental units used by these authors. Moeller⁽¹⁵⁾ found a 67 % increase – the cumulative result throughout 6 years with his colonies; nevertheless, this author never used more than 12 colonies per production system in one same year. Other researchers^(23,24) found a 95 % production increase during two years; nevertheless, they did not use more than 24 two-queen colonies in one same year. In a different study⁽³⁰⁾ two-queen colonies showed to produce 3 to 4 times more honey than single-queen colonies (even though, no figures were shown). Finally, in this study an increase of 101 % was obtained with significant differences between systems, and working with a larger number of colonies than those reported by previous authors. Given the variability of honey production per colony (CV > 50 %)⁽³¹⁾, and considering the small number of colonies used by previous authors, the possibility exists that if they had analyzed only the colonies used each year, without adding up the data from different seasons, they would not have found differences between the two systems.

(CV > 50 %)⁽³¹⁾ y el número de colonias experimentales que utilizaron en una sola temporada parece bajo. Además era necesario realizar este trabajo en nuestro país, ya que el estudio anterior no revela diferencias estadísticas, y los otros fueron realizados en otras condiciones de floración y en otras condiciones ecológicas, por lo cual no pueden extrapolarse.

Los resultados demuestran que las colonias de doble reina son más rentables 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. Moeller⁽¹⁵⁾ 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 kilogramo de miel producida, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo. Se ahorra en medicamentos, porque se usa la misma dosis 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.

Los resultados de este trabajo concuerdan con los realizados en Minnesota, EUA⁽²⁴⁾, donde obtuvieron un costo de \$1.37 dólares por kilogramo de miel producida en colonias sencillas y de \$0.96 dólares en colonias dobles. En el análisis de costos se manejaron los precios vigentes durante el año 2000: sin embargo, el valor de la cera y de la miel para el año 2003 fueron del doble y los costos de producción sólo fueron 10 % más altos. Esto se traduce en que la diferencia en ingresos por la venta de la miel entre ambos sistemas se incrementa en beneficio de quien use el sistema de dos reinas.

Aunque la producción de miel en colonias con dos reinas fue del doble, no se puede comparar contra la producción de dos colonias sencillas, ya que los

Results show that, in the Mexican high plateau, two-queen colonies are moderately more profitable. For this system to represent significant savings, many hives are required in the operation. The lower production cost was mainly due to savings in items such as labor and transportation, as well as from more efficient use of medications and feed. Moeller⁽¹⁵⁾ found that 50 % more labor time is needed for two-queen colonies than for single-queen colonies, and that the two-queen system requires less total labor per kg of honey produced. This is in agreement with our results. Medication savings are experienced, since the same dose is used for treating either two-queen or single-queen colonies. On the other hand, two-queen colonies use feed more efficiently, since with 77 % more feed, bee population was more than doubled in two-queen colonies.

The results of our research match those from Minnesota, USA⁽²⁴⁾, where the cost per kilogram of honey was US\$ 1.37 in single-queen colonies, and US\$ 0.96 in double-queen colonies. For our cost analysis, prices in force during the year 2000 were used. Nevertheless, wax/honey prices in 2003 doubled while production cost was only 10 % higher. Therefore, a honey sale income difference between both systems is increased in the benefit of those using two queens per colony.

Even though production levels in two-queen colonies were doubled, this cannot be compared with the production of two single-queen colonies, since production cost with single-queen colonies is higher than that with double-queen colonies. The benefit of the two-queen system basically consists in reduced cost, and not in increased per-queen honey production. The main disadvantage of the two-queen system is the heavier manpower effort required to manage double hives (i.e. equipment weight/honey weight).

Population density proportional decrease was higher in two-queen colonies, since they had 64.7% of their initial population by the end of the booming season, as compared with 84.8 % in single-queen colonies. It is important to mention that final populations were measured nearly two months after

costos de producción de las colonias con una reina son mayores que en las colonias de dos reinas. El beneficio del sistema de dos reinas consiste básicamente en disminuir los costos y no tanto en incrementar la producción de miel por cada reina. La principal desventaja del sistema de dos reinas es el esfuerzo físico que representa manipular colmenas dobles (por el peso del equipo y de la miel que éstas conllevan).

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 %. Cabe mencionar que cuando se realizó la medición de población final, ya habían transcurrido casi dos meses después de retirar los excluidores de reinas de las colonias de doble reina, y 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; 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 101 % de miel en las colonias con dos reinas. Una hipótesis 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 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 estando disponibles para el pecoreo. También pudo presentarse una mayor eficiencia productiva porque cada abeja pecoreadora hubiera realizado un mayor número de viajes, porque cada una hubiese recolectado un mayor volumen de néctar, o bien porque el néctar colectado

queen excluder removal from two-queen colonies, and this might have been the main reason for such an important population decrease in the two-queen colonies, since egg laying declined in at least 50% when one dam disappeared. For this reason, two-queen colonies should have lost proportionally more weight than those with one queen because of population decreases throughout the blooming season. Nevertheless, they increased their proportional weight in a similar fashion. It is then inferred that they gained proportionally more weight because of honey storage, as compared with single-queen colonies. This inference is supported by the fact that >101% honey was harvested from two-queen colonies. One hypothesis that can explain this doubled+ production in two-queen colonies with a population decreasing proportionally faster than single-queen colonies, would be a per-bee higher production efficiency, or a lower per-bee feed intake. This higher production efficiency could be attributed to a higher percentage of bees searching nectar, since by the end of the blooming season, a lower proportion of offspring needs to be taken care of, thus releasing more workers from the task of progeny care, rendering them available for foraging. One other explanation for this higher production efficiency would be an increased number of trips per each foraging bee, due to either increased nectar volumes collected, or to higher sugar concentrations in the nectar collected by each bee. On the other hand, the lower feed intake could have been due to a reduced amount of brood requiring care, thus making each bee to eat less.

Productivity results found in our study were higher than those published by Woyke⁽¹³⁾, who in two years of study obtained a unit production of 179 to 1,242 g (average 392 g in 1978, and 651.5 g in 1979). The differences between both studies could be attributed to differences in the intensity of nectar flow available for the bees, as well to differences in population densities in the colonies used.

Positive, significant correlations were found between numbers of bees, hive weight and honey production. These results confirm the positive effect of bee populations generated by two-queen systems on colony production^(11,13,15,32). Weight estimate was

por cada una 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.

Los resultados de productividad unitaria encontrados en este estudio son superiores a los de Woyke⁽¹³⁾, quien en dos años de estudio obtuvo un rango 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 diferencias entre ambos trabajos, pudieron 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.

Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre el número de abejas, el peso de las colonias y su producción de miel; estos resultados confirman el efecto positivo que tienen las poblaciones generadas con sistemas de dos reinas sobre la producción de las colonias. Lo anterior concuerda con resultados de los estudios de diversos investigadores^(11,13,15,32). La estimación del peso fue la variable que mejor predijo la producción, ya que tuvo una correlación de 0.94 y un coeficiente de determinación de 0.88. Dado que el pesaje de las colmenas fue la variable más altamente correlacionada con la producción y que es relativamente fácil de medir, resulta una técnica recomendable para predecir la producción, lo que 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. Se recomienda medir el peso de las colonias entre el 11 y el 25 de octubre en la región de estudio, ya que en este lapso se encontró la correlación más alta, la cual coincide con la mayor intensidad del flujo de néctar. La alta relación encontrada entre el peso a corto plazo y la producción de miel, concuerda con los de otras investigaciones⁽¹⁰⁾, en donde se concluye que la ganancia de peso de las colonias puede ser usada para obtener resultados parciales de selección, y encontraron una correlación de 0.55 entre los dos parámetros. Otros investigadores⁽³³⁾ llegaron a

the best production predictor (0.94 correlation, and a determination coefficient of 0.88). Given that hive weight was the variable most highly correlated with production, and given that it can be relatively easily determined, hive weighing is the recommended technique to predict production, thus allowing the producer to obtain a harvest forecast. Also, hive weight will allow queen breeders and scientists to choose the most productive colonies for either research or genetic improvement purposes. Hive weight determination is recommended to be performed between October 11 and October 25 in the region of our study, since it was during this time period that the highest correlation was found, matching nectar flow intensity peaks. The highest correlation found between short-term weight and honey production agrees with other authors⁽¹⁰⁾, who concluded that colony weight gain can be used to obtain partial selection results. They also found a correlation of 0.55 between these two parameters. Other researchers⁽³³⁾ obtained similar conclusions, but correlations were 0.43 to 0.77.

The correlation between population density and production ($r = 0.82$) is in agreement with that reported by others, varying from 0.39 and 0.85^(8-11,13). This data confirms once again the positive effect of higher populations on honey production.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Two-queen colonies can produce at least twice the amount of honey produced by single colonies in the Mexican high plateau. In addition, they are more profitable due to a >50 % decrease in production cost per kilogram of honey, basically due to savings in labor, transportation, and artificial feeding. With this system, one can produce more than twice the number of bees. Short-term total weight was the variable most highly correlated with production. Therefore, the use of short-term total weight is recommended during the highest nectar flow season (mid to late October) as a production predictor for either research or genetic improvement purposes. The two-queen system should be complemented with good management practices,

conclusiones similares, 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^(8-11,13). Estos datos nuevamente confirman el efecto positivo de mayores poblaciones sobre la producción de miel.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Las colonias con dos reinas pueden producir por lo menos el doble de miel en la región del altiplano mexicano; además son más rentables, debido a una disminución de más del 20 % en los costos de producción por kilogramo de miel, debido fundamentalmente a ahorros en mano de obra, transportación y alimentación artificial. Con este sistema es posible producir más del doble de abejas. El peso total a corto plazo fue la variable más altamente correlacionada con la producción, por lo que se recomienda su uso en la época de mayor flujo de néctar (mediados y finales de octubre), para predecir la producción con fines de estudio o mejoramiento genético. El sistema de doble reina 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. El método de doble reina debería probarse en otras regiones apícolas de México con un número representativo de colonias para confirmar su validez.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado parcialmente por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México (proyecto IN-201900). También contribuyeron a este trabajo recursos de Alianza para el Campo del gobierno del Estado de México. Se agradece la revisión y sugerencias hechas por los doctores Gabriel Otero Colina, Enrique González Soriano y Carlos Vázquez Peláez. También se agradece el apoyo prestado en campo por el M en C José Luis

starting well before the blooming season, for colonies to have peak bee populations at early bloom. The two-queen method should be tried in other Mexico's bee honey-producing areas, even though a representative number of colonies is required to confirm the validity of the method.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was partially funded by Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Universidad Nacional Autónoma de México, project IN-201900. Resources from *Alianza para el Campo* through State of Mexico's government also contributed to this study. Our gratitude is expressed to Dr. Gabriel Otero Colina, Dr. Enrique González Soriano, and Dr. Carlos Vázquez Peláez for their revision and suggestions. Field support by José Luis Uribe Rubio, MSc; and Mr. José Calvo Millán and Mr. Román Cano Sotelo is also highly appreciated.

End of english version

Uribe Rubio y por los C. José Calvo Millán y Román Cano Sotelo.

LITERATURA CITADA

1. PNCAA. Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. México. 1998.
2. Guzmán-Novoa E. La apicultura en México y Centro América. Memorias del V Congreso Ibero Latinoamericano Apícola; Mercedes, Uruguay 1996:14-17.
3. Anderson DL, Trueman JW. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Exp Appl Acarol* 2000;(24):165-189.
4. Arechavaleta ME, Guzmán-Novoa E. Producción de miel de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con flualinato contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en Valle de Bravo, Estado de México. *Vet Méx* 2000;31(4):381-384.
5. Labougle JM, Zozaya JA. La apicultura en México. *Ciencia y Desarrollo* 1986;(69):17-36.
6. 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.
7. Guzmán-Novoa E, Vandame RY, Arechavaleta ME.

EFECTO DE DOS REINAS EN LA PRODUCCIÓN DE MIEL

- Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud in Mexico. *Apidologie* 1999;(30):173-182.
8. Farrar CL. The influence of colony populations on honey production. *J Agr Res* 1937;54(2):945-955.
 9. Moeller FE. The relationship between colony populations and honey production as affected by honeybee stock lines. *US Dept Agr Prod Res Rpt* 1961;(55):20.
 10. Szabo TI. Phenotypic correlations between colony traits in the honey bee. *Am Bee J* 1982;(122):711-716.
 11. Szabo TI, Lefkovitch LP. Effect of brood production and population size on honey production of honeybee colonies in Alberta, Canada. *Apidologie* 1989;(20):157-163.
 12. Cale GH, Rotenbuhler WC. Genetics and breeding of the honey bee. In: Dadant and Sons editors. *The hive and Honey Bee: 7th ed.* Hamilton, Illinois, USA: 1984:157-184.
 13. 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.
 14. 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.
 15. Moeller FE. Two-queen system of honey bee colony management. *US Dept Agr Prod Res Rpt* 1976;(161):11.
 16. Farrar CL. Two-queen colony management. *Am Bee J* 1953;(93):108-110,117.
 17. Dunham WE. The modified two-queen system for honey production. *Am Bee J* 1953;(93):111-113.
 18. Holzberlein JW. Getting started with two-queen management. *Am Bee J* 1953;(93):114-115.
 19. Miller LF. Crop insurance with two queens. *Am Bee J* 1953;(93):113-117.
 20. Moeller FE, Harp ER. The two-queen system simplified. *Glean Bee Cult* 1965;(93):679-682.
 21. Peer DF. Two-queen management with package colonies. *Am Bee J* 1969;(109):88-89.
 22. 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.
 23. 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* 1989;130(1):44-48.
 24. 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* 1989;130(2):121-126.
 25. Walton GM. The economics of the single-queen and two-queen systems of colony management. Ministry of Agric and Fisheries. Palmerston North, New Zealand 1972:32.
 26. 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 licenciatura]. Toluca, Estado de México, México: Universidad Autónoma del Estado de México; 1984.
 27. INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de México. México. 1998.
 28. 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; Guadalajara, Jal. 1991:69-71.
 29. 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.
 30. Horr BZ. My intensive two-queen management system means bigger honey crops. *Am Bee J* 1998;138(7):507-510.
 31. Uribe JL. Loci y efectos genéticos que afectan el comportamiento productivo y componentes del comportamiento defensivo de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) [tesis maestría]. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México; 2001.
 32. Marceau J, Boily R, Perron JM. The relationship between hive productivity and honeybee flight activity. *J Apic Res* 1990;29(1):28-34.
 33. 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.

