



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**INSEMINACIÓN INSTRUMENTAL EN ABEJAS
REINAS *Apis mellifera***

TESINA

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

PMVZ: EMMANUEL MARTÍNEZ OLIVARES

ASESOR:

MC. FELIX MARQUEZ MERCADO



Tarímbaro, Michoacán, Agosto de 2018

Agradecimientos:

“Quiero cuidar a los animales del zoológico” Si, así empezó este sueño desde que tenía solo 4 años.

Principalmente y ante todo gracias a Dios por darme fuerzas, capacidad, paciencia, sabiduría y por permitirme terminar la carrera universitaria algo que desde pequeño deseaba ser, orgullosamente Médico Veterinario.

Gracias a mi mamá, mi jefa como yo la llamo, por todas las porras que me daba, al decirme siempre “campeón tu puedes” al despedirme de ella cada inicio de semana al venirme de mi casa, por su apoyo incondicional, al regañarme que le echara ganas y que me concentrara, ella bien sabe cómo es su hijo. Le agradezco a mi papá por el gran esfuerzo que hizo para concluir mi gran sueño que desde pequeño me lo propuse.

A mi hermana, “carnala” le agradezco infinitamente por confiar en mí y decirme tu puedes con palabras que no puedo mencionar, su ayuda en algunas ocasiones. A mi hermano Mayo le agradezco porque a pesar de todo de igual forma sentí sus porras, aunque él es más serio más enojón diría yo.

A mis compañeros los cuales unos se hicieron amigos, compas, hermanos, y que quizás hasta seremos compadres, por el apoyo que entre nosotros mismos nos dimos. Esos días de fiesta que de igual noches de tareas y estudiar, aunque no lo crean. A mis demás familiares que con su gran bendición me guiaron a terminar con Dios.

A esos maestros que exigieron trabajos tareas porque debido a la exigencia uno también avanza.

Compañeros de casa y cuarto al convivir tanto tiempo aprendí la lealtad, compañerismo, que todo depende de nuestras decisiones y aceptar consecuencias. Saber tomar decisiones para nuestro bien, estar lejos de casa sin los regaños de mis padres principalmente de mi hermana, es difícil pero no imposible véanme aquí ya muy cerca de ser orgullosamente un Veterinario.

Les agradezco a aquellas personas que en el momento me hicieron sufrir, que por consecuencia de eso aprendí que primero estoy yo y mis sueños.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo principal, la investigación y recopilación de material bibliográfico relacionado con la inseminación instrumental en abejas reinas *Apis melliferas*. Como segundo objetivo fue conocer la técnica de inseminación instrumental en abejas reinas *Apis melliferas*. Y como tercer objetivo fue conocer la importancia que tiene la inseminación instrumental con abejas reinas *Apis melliferas*, sobre el control de la africanización en México, y las ventajas que tiene sobre los criadores de abejas reinas.

El hombre ha aprendido a criar reinas “artificialmente”, simulando las condiciones en que las abejas crían sus propias reinas de manera natural, de modo que las mismas obreras de una colonia las cuiden y alimenten, pero bajo su vigilancia y dirección, para obtenerlas en gran número y con las características genéticas deseables. Es importante que esas reinas transmitan características deseables, y se críen bajo condiciones óptimas, que se verán reflejadas en la cantidad y características de las obreras hijas de ellas. Es indispensable realizar una selección de las colmenas, cuyas reinas servirán como pie de cría a partir de las cuales se obtendrán nuevas reinas y zánganos. Las características más valiosas a seleccionar y de fácil observación son: alta producción de miel, prolificidad de la reina, baja tendencia a enjambrar, resistencia a las enfermedades, y docilidad. Existen varios métodos de cría artificial de abejas de reinas, sin embargo, cada criador selecciona el método más se adapte a sus condiciones (Romo, 2014).

Summary

The main objective of this study was the research and collection of bibliographic material related to instrumental insemination in queen bees *Apis mellifera*. The second objective was to know the technique of instrumental insemination in queen bees *Apis mellifera*. And as a third objective was to know the importance of instrumental insemination with queen bees *Apis mellifera*, on the control of Africanization in Mexico, and the advantages it has on queen bees breeders.

Man has learned to raise queens "artificially", simulating the conditions in which bees raise their own queens in a natural way, so that the same workers of a colony will take care of them and feed them, but under their supervision and direction, to obtain them in large number and with the desirable genetic characteristics. It is important that these queens transmit desirable characteristics, and breed under optimal conditions, which will be reflected in the quantity and characteristics of the female workers. It is essential to make a selection of the hives, whose queens will serve as breeding stock from which new queens and drones will be obtained. The most valuable characteristics to select and easily observed are: high production of honey, prolificacy of the queen, low tendency to swarm, resistance to diseases, and docility. There are several methods of artificial breeding of queen bees, however, each breeder selects the method most suited to their conditions (Romo, 2014).

Palabras clave

Abeja

Africanización

Inseminación

Reproducción

Reemplazo

INDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Razas y/o subespecies de abejas <i>melliferas</i>	2
1.1.1 Abeja Europea (<i>Apis mellifera</i>)	2
1.1.2 Abeja negra (<i>Apis mellifera mellifera</i> L.).....	3
1.1.3 Abeja Italiana (<i>Apis mellifera ligústica Spínola</i>).....	3
1.1.4 Abeja Gris o Carniolan (<i>Apis mellifera cárnica</i> Pollman)	4
1.1.5 Abeja africanizada (<i>Apis mellifera scutellata</i>)	5
2 AFRICANIZACIÓN.....	5
3 CAMBIO Y/O REEMPLAZO DE ABEJAS REINAS FECUNDADAS	8
4 SISTEMA REPRODUCTOR DE LA ABEJA	10
4.1 Aparato reproductor de la abeja reina	10
4.2 Aparato reproductor del zángano	11
5 REPRODUCCIÓN NATURAL EN ABEJAS <i>Apis melliferas</i>	12
5.1 Ciclo Biológico de las Abejas	13
5.1.1 Ciclo biológico de la abeja reina	14
5.1.2. Ciclo biológico del zángano	14
5.1.3. Ciclo biológico de las obreras.....	15
6 CRÍA DE ABEJAS REINAS	15
6.1 Cría natural de abejas reinas.....	16
6.2 Cría artificial de abejas reinas.....	17
6.2.1 Método Miller.....	17
6.2.2 Método Alley.....	18
6.2.3 Método Hopkings.....	19
6.2.4 Método Doolittle y sus adaptaciones.....	20
7 INSEMINACIÓN INSTRUMENTAL EN ABEJAS REINAS <i>Apis melliferas</i>	24
7.1 Aparato de inseminación	25
7.2 Microscopio	25
7.3 Fuente de luz.....	25
7.4 Anestesia con co2	25
7.5 Asepsia.....	26
7.6 Recolección del semen de la jeringa	29
7.7 Preparación de la reina.....	29
7.8 Inseminación de la reina.....	31

7.9 Después de la inseminación	31
8 CONCLUSIONES	33
9 BIBLIOGRAFÍAS	34

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Aparato reproductor de la abeja reina.....	11
Figura 2. Aparato reproductor de la abeja zángano.....	12
Figura 3. Celdas reales para el reemplazo natural de la abeja reina o enjambrazón.....	16
Figura 4. Celdas reales con el método Miller.....	18
Figura 5. Celdas reales con el método Alley.....	19
Figura 6. Celdas reales con el método Hopkings.....	20
Figura 7. Método Doolittle.....	22
Figura 8. Material a utilizar para el método Doolittle.....	22
Figura 9. Método de Traslarve.....	23
Figura 10. Recolección de celdas reales para la introducción en colmenas.....	23
Figura 11. Instrumental para la inseminación en abejas reinas.....	26
Figura 12. Vuelo de zánganos previo a extracción de semen.....	27
Figura 13. Eversión del órgano copulador del zángano.....	28
Figura 14. Estados de eversión del endófalco del zángano.....	28
Figura 15. Instrumental de recolección de semen del zángano.....	29
Figura 16. Previo tratamiento con co2 a la abeja reina a inseminar.....	30
Figura 17. Exposición del órgano copulador de la abeja reina.....	30
Figura 18. Inseminación en abejas reinas.....	31
Figura 19. Marcaje de abejas reinas.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ciclo biológico de la abeja reina.....	14
Tabla 2. Ciclo biológico de la abeja zángano.....	14
Tabla 3. Ciclo biológico de la abeja obrera.....	15

1 INTRODUCCIÓN

Los insectos polinizadores de las plantas con flores, como las abejas, proveen incalculables beneficios económicos y ecológicos a la especie humana y a la fauna silvestre. Estos polinizadores y los servicios ecológicos que proporcionan están disminuyendo a escala mundial debido, entre otras causas, a la pérdida, destrucción y fragmentación de los hábitats naturales (Buchhamnn y Ascher, 2005).

La abeja *Apis mellifera* es una de las especies polinizadoras de mayor importancia en el mundo, representa del 80 al 90% de los insectos polinizadores en ambientes naturales y pueden realizar hasta el 100% de la polinización en ambientes agrícolas intensivos, debido a la escasez de insectos nativos o silvestres. Estos insectos han desarrollado comportamiento y anatomía que los hacen más eficientes como polinizadores, aparte de su capacidad de producir miel, cera y propóleos (Utrera, 2011).

Cabe mencionar que los servicios de las abejas como polinizadoras, generan ganancias superiores a los 2 000 millones de dólares al año en México (Guzmán-Novoa *et al.*, 2011). La apicultura es una actividad de gran importancia a nivel mundial, de la cual se obtienen productos como miel, cera, propóleo, jalea real y apitoxina (Córdova, 2011).

La miel es el principal producto de la colmena y ha servido como alimento para el hombre desde épocas milenarias (Cholojan, 1998). En algunas civilizaciones fue utilizada para realizar cultos y ritos de adoración a sus dioses (Valadez *et al.*, 2004), en otras, se empleó en la medicina y como materia prima para elaborar productos de uso cosmético (Cruzado *et al.*, 2007).

La apicultura es una rama de la zootecnia que representa una gran fuente de riqueza por los múltiples beneficios que se pueden obtener a través de la explotación artesanal o industrial (Córdova, 2011). Además de proporcionarnos miel como producto principal, con la apicultura también, se puede producir polen, cera, jalea real, propóleos y veneno de abejas, obteniendo ingresos adicionales por la venta de núcleos, reinas y alquiler de colmenas para polinización, sin

embargo, la africanización ha afectado enormemente dicha actividad (ACUA, 2006).

Este estudio tuvo como objetivo principal, la investigación y recopilación de material bibliográfico relacionado con la inseminación instrumental en abejas reinas *Apis melliferas*. Como segundo objetivo fue conocer la técnica de inseminación instrumental en abejas reinas *Apis melliferas*. Y como tercer objetivo fue conocer la importancia que tiene la inseminación instrumental con abejas reinas *Apis melliferas*, sobre el control de la africanización en México, y las ventajas que tiene sobre los criadores de abejas reinas.

1.1 Razas y/o subespecies de abejas *melliferas*

La introducción de la abeja europea al continente americano tiene alrededor de 400 años; a México no se hizo en forma directa ya que la primera introducción fue a la península de Florida a mediados del siglo XVII, luego se llevaron a Cuba en 1764 y posteriormente en 1770 a la región central de México. Después de 1911 se introdujo la *Apis mellifera ligustica* procedente de E.U., mezclándose con la *Apis mellifera mellifera* dando origen a un híbrido en el cual se sustentaba la apicultura moderna de nuestro país (Córdova, 2011).

1.1.1 Abeja europea (*apis mellífera*)

Las abejas que se introdujeron a América fueron las tres razas europeas: la abeja negra (*Apis mellífera mellífera*), la abeja Italiana (*Apis mellífera ligustica*) y la abeja gris o Carniola (*Apis mellífera cárnica*) (Antonio, 2008). Para nuestro país la de mayor interés es la abeja Italiana pues, es la raza más popular y con mayor difusión en el continente por sus características particulares y la preferencia de los apicultores hacia esta raza. La abeja que se introdujo a América fue la abeja europea, aunque cada una de sus razas se popularizó en diferentes regiones, no solo por la preferencia de los apicultores sino por su relativa adaptación a las muy diversas zonas donde se les llevó (Reyes, 1990).

1.1.2 Abeja negra (*apis mellifera mellifera* L.)

Toda la Europa septentrional y la región occidental de los Alpes son representativas de su origen. Las abejas de la Península Ibérica están muy relacionadas con esta raza. Se cree que desde el siglo XVII fueron traídas al norte y sur América, y, cruzando los Urales a Siberia (Reyes, 1990). Son abejas grandes y con lengua corta, abdomen ancho, el color de su quitina es muy oscuro y uniforme, parcialmente con manchitas amarillas en el segundo y tercer segmentos abdominales pero sin franjas amarillas (Salamanca, *et al*, 1998).

Al abrir las colmenas son generalmente nerviosas y agresivas aunque no siempre se mueven rápido del bastidor en las revisiones, de lento despertar en la primera y con la colonia de tamaño pequeño a medio; a fines del verano y otoño colmenas fuertes y con una débil disposición a enjambrar (Salamanca *et al.*, 1998). Tienen buena capacidad para invernar bajo condiciones de climas severos, pero, en flores con néctares alejados de la corola no compite con otras razas por su lengua corta. Es susceptible a las enfermedades de la cría y a la polilla (Reyes, 2000).

1.1.3 Abeja italiana (*apis mellifera ligústica spínola*)

Es originaria de Sicilia, Italia. Su tamaño oscila en 13 mm, presenta un abdomen fino y lengua larga (6.3 a 6.6 mm); el color de la quitina del abdomen se aclara a nivel del esternón entre los dos a cuatro tergitos (bandas amarillas en sus partes delanteras), su cuerpo está cubierto de una pelusa con aspecto de plumas muy finas de color amarillento, y se caracteriza por su mala orientación y el robo de alimento en otras colonias (Adrián, 2006; Córdova, 2011).

Zanabria Quintana, (2004), las describe como la raza más difundida en el Continente Americano. Las italianas son abejas dóciles, robustas, buenas obreras y no son muy inclinadas a enjambrar. La tranquilidad sobre el panal es variable, pero en lo general son obreras dóciles, fáciles de manejar, de aspecto muy hermoso y enjambran una vez al año o una sola vez cada dos años (O'Malley, 2009).

Se defienden muy bien de la polilla de la cera (*Galleria spp.*) y son buenas productoras de miel (32 kg/colmena/año en promedio) (Uribe *et al.*, 2003). A pesar de que no son una raza con tendencias fuerte a enjambrar. Debido a su fuerte población y constante cría, los inviernos severos le presentan un rápido consumo de reservas y muerte de abejas durante el invierno. Son buenas constructoras y su comportamiento en lugares con flujos de néctares buenos o excelentes es incomparable. Su propensión al pillaje es alta y esta característica es bien conocida desde hace mucho tiempo dado que es la más pilladora de las razas europeas (Reyes, 1990).

1.1.4 Abeja gris o carniolan (*apis mellífera cárnica pollman*)

Es de tamaño grande, de color gris marrón y su lengua mide 6.5 a 6.7 mm (Ivanec, 2008). Las abejas carneolas son dóciles, fáciles de manejar, resistentes a diversas enfermedades, desarrollan la colonia de manera intensiva, son excesivamente enjambradoras y viven de 4 a 9 días más que las abejas de otras razas (Córdova, 2011; Pesante, 2008). Son buenas pecoreadoras (recolectoras de néctar) y en la época de mayor floración almacenan gran cantidad de miel en la colmena (Susnik *et al.*, 2009). Su territorio original es el sur de los Alpes Austríacos y el norte de los Balcanes (Yugoslavia). Su apariencia es muy similar a la italiana; delgada y con lengua larga, sus pelos son cortos y densos, grises y en el segundo y tercer segmento abdominal a menudo manchas cafés (Salamanca *et al.*, 1998; Engel, 1999).

Esta raza es la más tranquila y gentil, puede dejarse un bastidor fuera de la colmena al revisar y no se mueven las abejas de allí. Pasan el invierno bien con poca miel acumulada, pero, con poca población se desarrollan rápido las colmenas con el primer ingreso de polen, mantienen una buena población si se mantiene el ingreso de polen, si no, limitan el crecimiento de la población en el invierno y disminuyen su cantidad de abejas. No presentan mucha inclinación al pillaje y el uso de propóleo es bajo, en sus lugares de origen no se conocen casi enfermedades de la cría, al cruzarse con otras razas se obtienen abejas con una muy buena producción de cría, colmenas muy vivaces y dóciles (Reyes, 1990).

1.1.5 Abeja africanizada (*apis mellifera scutellata*)

Esta abeja es un híbrido de las razas europeas y africanas; se originó en un programa de investigación en Brasil en 1957, con el objetivo de mejorar la producción de miel de las abejas existentes y contar con un híbrido adaptado a regiones tropicales (Padilla *et al.*, 1992). Sin embargo, en el transcurso de dicho programa se escaparon enjambres que invadieron a todo el continente americano, generando abejas altamente defensivas, migratorias y con tendencia al abandono de las colmenas. Estas abejas enjambran aproximadamente 10 veces en un año (Uribe *et al.*, 2003; Córdoba, 2011).

La raza más reciente se caracteriza por tener glosa corta (59-64mm) con bandas amarillas en sus 4 tercios anteriores. Presentan una alta tendencia a ser enjambradoras, aunada a su capacidad defensiva aumentada por fácil excitabilidad, son buenas pecoreadoras (Salamanca *et al.*, 1998; Antonio 2008). Las razas de abejas de origen africano son más resistentes a enfermedades tales como *Varroa jacobsoni*, que las razas europeas, los factores que influyen para las abejas africanas sean resistentes a este parásito; primero se debe a la disminución reproductiva, habilidad de las obreras para defenderse ellas mismas contra el parásito por medio de movimiento arrojando el parásito (Moretto *et al.*, 1997). Cabe mencionar que no todo lo referente a estas abejas es negativo, ya que también tienen características positivas para el desarrollo apícola, como el ser buenas productoras de miel, cera, jalea real, higiénicas, rústicas y generadoras de abejas reinas precoces (Córdoba, 2011).

2. AFRICANIZACIÓN

Las llamadas abejas africanizadas constituyen una población híbrida producto del cruzamiento de subespecies europeas de abejas (*Apis mellifera mellifera*) con la abeja africana (*Apis mellifera scutellata*) importada en 1956 a Brasil (Kerr, 1967, Whitfield *et al.*, 2006). Las abejas africanizadas se caracterizan por su elevado comportamiento defensivo y migratorio (Nogueira-Neto, 1964). El fenómeno de africanización inició a partir de la liberación de colonias de abejas africanas (*Apis mellifera scutellata*) en 1956 (Kerr, 1967).

El genotipo africano se vio favorecido por las condiciones tropicales de Brasil y por la ausencia de depredadores naturales (Guzmán-Novoa *et al.*, 2011); entonces las colonias de abejas africanizadas se dispersaron a un ritmo de más de 300 km al año, desplazando a la abeja europea en los trópicos (Taylor, 1977; Hall, 1992).

Actualmente, las abejas africanizadas están presentes en la mayor parte de Sudamérica, virtualmente todo Centroamérica (Smith, 1991), México y el sur de los EUA, ocupando un rango aproximado de 20 millones de kilómetros cuadrados (Rinderer *et al.*, 1993). Su alta capacidad colonizadora constituye una de las invasiones biológicas más rápidas y espectaculares de las que se tenga conocimiento (Guzmán-Novoa *et al.*, 2011).

La frecuencia del genotipo europeo ha disminuido en los trópicos debido a la africanización de las colonias de abejas, a consecuencia de factores tales como superioridad numérica y comportamiento de los zánganos africanizados (lo que les confiere ventaja sobre los zánganos europeos en la fecundación de reinas); usurpación de colonias europeas por enjambres de abejas africanizadas; ventajas en el proceso de selección natural, como su elevada tasa de reproducción y migración (enjambrazón y evasión); dominancia y ventaja reproductiva de las subfamilias con genotipo africano sobre las de origen europeo; resistencia y tolerancia a enfermedades; menor tiempo de desarrollo, y mayor comportamiento defensivo y de pillaje, entre otros (Schneider *et al.*, 2004; Guzmán-Novoa *et al.*, 2011).

Las abejas africanizadas se detectaron por primera vez en México en 1986, en el estado de Chiapas, y 20 años más tarde ya estaban establecidas en todas las entidades del país (Quezada-Euán, 2007; Guzmán-Novoa *et al.*, 2011). La africanización es uno de los principales problemas que afectan a la industria apícola en México (Uribe *et al.*, 2003). El impacto negativo de este fenómeno es consecuencia del aumento del comportamiento defensivo, migratorio y de evasión de las abejas melíferas (Guzmán-Novoa, 2004; Guzmán-Novoa, 2011).

Lo anterior ha provocado el abandono de la actividad en algunas regiones, cambios significativos en el manejo de estas abejas, muerte de personas y animales, incremento en los costos de producción y reducción del número de colonias y de la producción de miel, en relación con el manejo de abejas europeas (Uribe-Rubio *et al.*, 2003; Guzmán-Novoa, 2004; Guzmán-Novoa *et al.*, 2011).

Existe mucha información sobre el proceso de africanización de las colonias de abejas para el sureste de México, pero muy poco se sabe acerca de este proceso bajo otras condiciones climáticas, prácticas apícolas y densidad de abejas europeas de otras regiones centro y norte del país, tal es el caso de Zacatecas, Michoacán, Jalisco entre otros estados (Quezada-Euán 2000; Clarke *et al.*, 2002). Por ello, y considerando que no hay estudios que analicen la frecuencia de africanización en las colonias de abejas en zonas ubicadas en altitudes y climas variados, particularmente en el norte de México (Medina *et al.*, 2015).

Son tres las características de la abeja africana que más llaman la atención: su eficiente y violento comportamiento defensivo, su alta capacidad reproductiva y su fuerte comportamiento evasivo y migratorio (Reyes, 1990). Algunos apicultores ven la presencia de la abeja africanizada como una gran benefactora porque ellas crean los híbridos que son más resistentes a enfermedades de origen bacteriano de la larva y de la pupa, como lo que Americana causada por *Paenibacillus larvae* de origen fungoso, como la ascosferosis producida por *Ascospaera apis* o de origen parasitario como es el caso de *Varroa destructor* y *Acariosis traqueal* (Guerra *et al.*, 2000; D'Aubeterre *et al.*, 2008).

Sin embargo, debido a su comportamiento defensivo mayor, los híbridos africanizados son difíciles de manejar para los apicultores porque su temperamento hace mayor el problema de transportarlas a los campos y huertos (Antonio, 2008). Siendo esto un riesgo para niños, personas de edad avanzada y personas con discapacidad, encontrándose en una mayor probabilidad de ataque mortal debido a su incapacidad o capacidad para escapar de un ataque (O'Malley y Ellis, 2008).

3. Cambio y/o reemplazo de abejas reinas fecundadas

El cambio de abejas reinas mejoradas es la principal medida para el control de la africanización, así como también, para disminuir la incidencia de enfermedades y parásitos; sin embargo, desafortunadamente en el país existen criadores de abejas reinas que aparte de no abastecer la demanda nacional de reinas, son pocos los que realizan algún tipo de selección (Guzmán-Novoa, 2004). Por ésta razón, resulta importante que la mayoría de los apicultores mexicanos tengan métodos confiables y prácticos para seleccionar, criar e inseminar (Romo, 2014).

Una herramienta indispensable para el mejoramiento genético, es la inseminación instrumental, ya que se puede controlar los apareamientos de los progenitores con rasgos valiosos, que de forma natural no puede suceder, debido a que las reinas en su vuelo nupcial se pueden aparear con 10 a 20 zánganos de diferentes fuentes genéticas, pudiendo generar cruzamientos indeseados como lo sucedido en la africanización (Mackensen y Tucker, 1970; Harbo, 1986; Cobey, 2007).

Los apicultores están modificando sus métodos, minimizado el contacto entre apiarios, restringiendo el número de colonias superiores durante el flujo de néctar, al dividir sus colonias (Sanford, 1998). El apicultor puede realizar la cría de reinas de forma artificial en sus apiarios, efectuando un programa de revisión continua en la colmena para detectar abejas nerviosas (se mueven de un lado para otro en la colmena); si la abeja reina no se encuentra en la cámara de cría, se recomienda observar un número determinado de celdas reales, y dependiendo de la proximidad de la época de floración, se saca la abeja reina no productiva y se introduce una más joven, antes de que la colonia enjambre y abandone la colmena (Córdova, 2011).

El cambio periódico de las reinas certificadas cobra mayor importancia desde el punto de vista del control de la abeja africana, es recomendable que esas reinas europeas, se introduzcan en los apiarios ya fecundadas, mediante un estricto control de apareamiento con zánganos europeos. Introducir en los apiarios reinas europeas vírgenes, para que en forma natural se crucen con zánganos africanos nos dará como resultado colonias de abejas híbridas F1, estas abejas son buenas

productoras de miel y razonablemente manejables por los apicultores capacitados y con equipo de protección adecuado (PNCAA, 1990).

Pérez-Sato y Ratnieks 2006, argumentan que para introducir una nueva abeja reina en la colmena es importante considerar si la colonia aún conserva su reina y las condiciones en que se encuentra, además de adquirir la reina nueva de un criadero certificado. Existen varios métodos para introducir una abeja reina a la colmena, los principales se mencionan a continuación:

1. Las cajas de madera en donde primero se selecciona a la abeja reina para luego colocarla en su interior, llevarla a la colmena e introducirla en medio de la cámara de cría para que las abejas la liberen.
2. Introducir a la abeja reina de forma directa, ya sea por la piquera o por la parte de arriba de la colmena, se aplica mucho humo para desorientar a las abejas y que la acepten.
3. Utilizar celdas reales naturales o artificiales; en ambos casos se deja desarrollar las celdas reales en la colmena, para posteriormente llevarlas a las colmenas en producción.

Es necesario mencionar que al momento de introducir la nueva reina, la colonia debe encontrarse huérfana, debido a que las abejas de una colonia se comunican con la presencia de feromonas y la permanencia de la reina anterior puede ocasionar que las obreras eliminen a la reina introducida (Pérez-Sato *et al.*, 2007). Se han realizado estudios para determinar el efecto que el cambio de abejas reinas certificadas tiene sobre la productividad de miel. Entre estos trabajos destaca el realizado en Eslovenia, donde durante ocho años se llevó a cabo un registro de la cría de abejas reinas se logró aumentar la producción de miel (410 g por año) y se disminuyó la defensa de 0.90 a 0.38 puntos (Poklucar, 2001).

En Cuba se realizaron trabajos similares mostrando que la producción de miel aumentó 4.8 kg por año y se redujo la enjambrazón de la colonia en un 2% al introducir abejas reinas mejoradas en las colmenas durante un periodo de 12 años (Vázquez y Zayas, 2000).

4. SISTEMA REPRODUCTOR DE LA ABEJA

El cuerpo de las abejas presenta tres partes bien diferenciadas, que son: cabeza, tórax y abdomen. El exoesqueleto es una estructura quitinosa y rígida, compuesta por varios segmentos articulados que envuelven y protegen los órganos internos. Para este caso se estudiara el abdomen, donde se encuentra el órgano reproductor de las abejas (Cepero, 2016).

El nivel de desarrollo del aparato reproductor depende de la casta, llegando a completarse en la reina y en los zánganos, mientras que está atrofiado en el caso de las obreras debido al tipo de alimentación recibida durante la fase larvaria, así como por el control que ejercen sobre ellas las feromonas producidas por las glándulas mandibulares de la reina. Cuando una colmena pierde su reina o ésta muere, la desaparición de la feromona real permite el desarrollo de los ovarios de las obreras hasta llegar a poner huevos. Estos huevos se desarrollan por partenogénesis produciendo exclusivamente individuos haploides que serán siempre machos (Cepero, 2016).

4.1 Aparato reproductor de la abeja reina

Tal como se aprecia en la Figura 1, está constituido por 2 ovarios piriformes, que a su vez los forman tubos largos llamados ovariolas que terminan en finas puntas, que se insertan cerca de la cara ventral del corazón. Las ovariolas están llenas de óvulos (oocitos) en diferentes estados de maduración. Al final del ovario se añade al oocito el corion. Una reina puede poner hasta 3.000 huevos por día, aunque lo normal es ponga hasta 1500. En un año una reina puede llegar a poner hasta 200.000 huevos (Susan, 2007).

Los ovarios desembocan en sendos oviductos, los que se unen en un conducto común, oviducto medio. En su base se comunica con la espermateca que es donde se acumulan los espermatozoides de las cópulas hasta su empleo. El sistema continúa con la vagina, que termina en el orificio vaginal que se halla protegido por un pliegue. A esa altura están dos sacos laterales para finalizar con la bolsa copuladora (Susan, 2007).

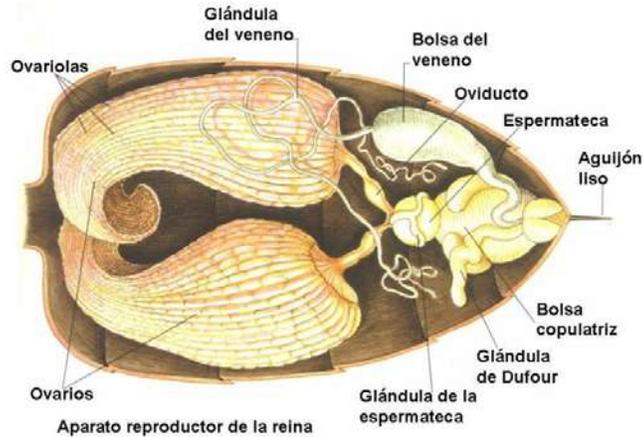


Figura 1. Aparato reproductor de la abeja reina

4.2 Aparato reproductor del zángano

De acuerdo con la Figura 2, está constituido por 2 testículos, 2 vasos deferentes, 2 vesículas seminales, 2 glándulas del mucus, conducto eyaculador y órgano copulador. Los testículos están formados por los tubos testiculares y en ellos es donde se producen los espermatozoides. Según madura el zángano pierden tamaño, hasta quedarse reducidos a 1/3 de su tamaño original (Susan, 2007).

Los vasos deferentes comunican los testículos con las vesículas seminales, en el trayecto los espermatozoides siguen madurando. Las vesículas seminales producen secreciones que acompañan a los espermatozoides y en su interior terminan de madurar. Las glándulas del mucus se comunican con las vesículas seminales y con el conducto eyaculador. Producen una sustancia que solidifica en contacto con el aire y con el agua, pero no con las secreciones seminales (Susan, 2007).

Conducto eyaculador comunica las glándulas del mucus con el órgano copulador. El órgano copulador en estado de reposo se encuentra invaginado. Se evagina, se introduce en la bolsa copulatriz de la reina y se desprende del zángano una vez introducido el semen, funcionando como tapón. Los músculos abdominales de zángano están muy desarrollados lo cual es importante desde el punto de vista

fisiológico, para que en el momento de la cópula pueda producirse rápidamente la eversión del endófalo (Susan, 2007).

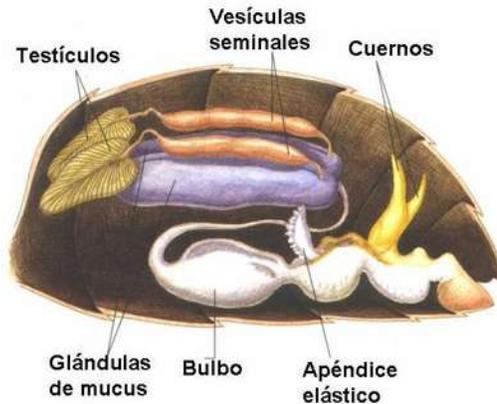


Figura 2. Aparato reproductor de la abeja zángano (cabello 2007).

5. Reproducción natural en abejas *apis melliferas*

La abeja reina es la única hembra fértil y sexualmente desarrollada, capaz de ser fecundada y poner huevecillos. Existe solo una por cada familia o colonia, es la más grande de la colmena, su tórax y abdomen alargado la hacen diferente del resto de las abejas. Es madre de todas las obreras y zánganos, es la base principal de la colonia, de ella depende la mansedumbre transmitida a su progenie y el aumento de la población en la época de floración, incidiendo directamente en la productividad de la colmena (Martínez, 2004).

La abeja reina alcanza su madurez sexual a los cinco días de vida, momento propicio para salir de la colmena y realizar sus vuelos de fecundación (vuelo nupcial), donde se aparea con 10 zánganos en promedio. En el abdomen de la reina se encuentra la bolsa espermática que almacena los espermatozoides para fecundar los huevos durante el resto de su vida. Entre más edad tiene la abeja reina, disminuye la viabilidad de los espermatozoides, por las reacciones enzimáticas de la bolsa espermática perjudicando la productividad de la colonia (Al-Lawati *et al.*, 2009).

La abeja reina al ser fecundada por diferentes zánganos, pone huevecillos que dan vida a las abejas obreras quienes conforman una población genéticamente

diversa; sin embargo, esto no ocasiona problemas sociales en la vida organizacional de la colmena (Ratnieks, 1990) Cuando se introducen abejas reinas vírgenes en la colonia, en la mayoría de los casos no son aceptadas (Córdova, 2011), y cuando se manejan abejas reinas de fecundación libre, en algunas ocasiones no son fecundadas por los zánganos (Kocher *et al.*, 2008).

La introducción de abejas reinas de fecundación libre o de inseminación artificial, en ambos casos son aceptadas por la colonia (Al-Qarni *et al.*, 2003). Para mantener la postura de huevecillos en la época de escasez de alimento, se recomienda alimentar a la abeja reina con una dieta rica en proteínas, ya que una alimentación deficiente en su contenido proteico puede ocasionar un bajo nivel de postura (Seeley y Mikheyev, 2003; Avilés y Araneda, 2007).

Las abejas obreras realizan el reemplazo de la reina cuando la postura es deficiente, disminuye la cantidad de feromona, por enfermedad, traumatismo, senectud o agotamiento en la reserva de espermatozoides. En alguna de las condiciones anteriores, las obreras construyen celdas reales en los bordes laterales o en el interior de los panales donde se desarrollará la nueva reina. Cuando, la postura de la reina no garantiza la conservación del número de individuos que forman la colonia ocurre el reemplazo (Moretto *et al.*, 2004).

5.1 Ciclo biológico de las abejas

La estructura social de una colonia de *Apis mellifera* se compone de tres tipos de individuos o castas. Estos individuos se organizan jerárquicamente en la colonia donde cada casta desempeña una función diferente. De este modo, la reina es la única hembra con capacidad reproductora, las obreras son hembras encargadas de realizar diversas tareas dependiendo de la edad y las necesidades de la colonia, y por último los zánganos son machos cuya función es fecundar a la reina. Todas las castas pasan por las fases de huevo, larva, ninfa y adulto a lo largo de su desarrollo, y los procesos que sufren hasta completar su metamorfosis también son semejantes. Sin embargo, cada casta tiene un tiempo de desarrollo diferente (16 días las reinas, 21 las obreras y 24 los zánganos) y se crían en

distintos tipos de celdas (las de mayor tamaño son de las reinas, seguidas por las de los zánganos y las más pequeñas las de las obreras), (Cepero, 2016).

5.1.1 Ciclo biológico de la abeja reina

El ciclo biológico de la abeja reina se inicia con la postura de un huevo que tarda 3 días y 5 horas en nacer. Así se inicia la etapa larval que dura cinco días y medio, momento en que es operculada la celda para iniciar la etapa de prepupa y pupa que dura siete días y medio hasta nacer, total 16 días, tal como se muestra en la Tabla 1. Al segundo día de nacida la reina comienza a salir en vuelos cortos de reconocimiento y entre el séptimo y décimo día sale a fecundarse en más de un vuelo con 10 a 16 zánganos, luego comienza la postura que al día 14 ya debe observarse (Valega, 2007).

Tabla 1. Ciclo biológico de la abeja reina

Morfología	Tiempo en días	
HUEVO	3	Total 16 días
LARVA	5.5	
PUPA	7.5	

5.1.2. Ciclo biológico del zángano

El zángano es el producto del desarrollo de un óvulo sin fecundar, proceso llamado partenogénesis. El óvulo tiene un periodo de tres días hasta nacer y pasar a la etapa larval que dura 7 días. Luego la celda es operculada y pasa al periodo de pre-pupa y pupa para nacer a los 14 días (Tabla 2). El ciclo biológico total del zángano, desde que es depositado el óvulo hasta que nace dura 24 días (Valega, 2007).

Tabla 2. Ciclo biológico de la abeja zángano

Morfología	Tiempo en días	
HUEVO	3	Total 24 días
LARVA	7	
PUPA	14	

5.1.3. Ciclo biológico de las obreras

Tal como se aprecia en la Tabla 3. El ciclo la abeja obrera comienza con la postura del huevo que tarda 3 días y 5 horas en nacer y pasar así al estado larval o de “cría abierta”. Este periodo dura 6 días hasta que es operculada la celda y pasa al tercer estadio de prepupa y pupa. Este estadio dura 12 días, durante el cual va tomando forma la abeja hasta nacer. El ciclo biológico total desde que es depositado el huevo hasta que nace la abeja obrera dura 21 días (Valega, 2007).

Tabla 3. Ciclo biológico de la abeja obrera

Morfología	Tiempo en días	
HUEVO	3	Total 21 días
LARVA	6	
PUPA	12	

(Polaino, 2006)

6. CRÍA DE ABEJAS REINAS

La cría de abejas reinas es una actividad especializada de la apicultura que requiere conocimientos de biología de las abejas y experiencia en el manejo de colmenas. Criar reinas es necesario para la mejor explotación de las abejas. Se requiere de reinas jóvenes y genéticamente mejoradas para que las colonias sean productivas, dóciles y saludables; por eso la cría y el cambio de reinas son prácticas apícolas muy importantes (Cruz y Zaragoza; 2012Romo, 2014).

Si las reinas no se cambian la producción no solo bajará por no contar con reinas jóvenes, sino que además las poblaciones de abejas tenderán a africanizarse con el paso del tiempo, lo cual es perjudicial para la producción y el mantenimiento. Con el cambio anual de reinas la producción de miel aumenta entre 15 y 30 % debido a que las reinas menores de 12 meses ponen al menos 30 % más huevos que las reinas de más de un año de edad y es bien sabido que las colonias que poseen más abejas durante la floración son más productivas (Romo, 2014).

Además, las colonias que tienen reinas jóvenes, tienen una menor tendencia a enjambrar. La mayoría de las reinas de colonias comerciales son reemplazadas antes de cumplir el año de edad. Por lo anterior, es recomendable cambiar las reinas de todas las colonias cada año y por eso se requiere o de comprarlas o de producirlas. Producirlas es más barato que comprarlas y por ello es una mejor alternativa, siempre y cuando se cuente con un buen pie de cría (reinas progenitoras) (Guzmán, 2009).

6.1 Cría natural de abejas reinas

De manera natural, en determinadas condiciones, las abejas crían sus propias reinas, sin embargo, la reproducción natural presenta inconvenientes como los siguientes: no distingue a las colonias con características sobresalientes y perpetúa de igual forma a todas las colonias con alta o baja productividad, es decir, no se realiza selección de las características económicamente deseables para el apicultor. La abeja reina, después del primer año, por envejecimiento, va disminuyendo su postura y esto se refleja en menor producción de miel. Las abejas obreras pueden criar reinas si disponen en la colonia de los elementos necesarios, que son: huevo o larvas que no pasen de 2 días de edad y zánganos de edad apropiada en el campo, que fecunden a las nuevas reinas vírgenes (Cruz y Zaragoza 2012).



Figura 3. Celdas reales para el reemplazo natural de la abeja reina o enjambración

6.2 Cría artificial de abejas reinas

El hombre ha aprendido a criar reinas “artificialmente”, simulando las condiciones en que las abejas crían sus propias reinas de manera natural, de modo que las mismas obreras de una colonia las cuiden y alimenten, pero bajo su vigilancia y dirección, para obtenerlas en gran número y con las características genéticas deseables. Es importante que esas reinas transmitan características deseables, y se críen bajo condiciones óptimas, que se verán reflejadas en la cantidad y características de las obreras hijas de ellas. Es indispensable realizar una selección de las colmenas, cuyas reinas servirán como pie de cría a partir de las cuales se obtendrán nuevas reinas y zánganos. Las características más valiosas a seleccionar y de fácil observación son: alta producción de miel, prolificidad de la reina, baja tendencia a enjambrar, resistencia a las enfermedades, y docilidad. Existen varios métodos de cría artificial de abejas de reinas, sin embargo, cada criador selecciona el método más se adapte a sus condiciones (Romo, 2014).

6.2.1 Método miller

El Dr. C. C. Miller, fue un médico que se retiró de la medicina para dedicar su vida a la apicultura. Su método de cría de reinas no es para producirlas en grandes cantidades, pero muy efectivo para criar reinas a pequeña escala. Se basa en la introducción de un cuadro de cera estampada con franjas de 5 a 7 centímetros de ancho, que terminan hacia abajo en punta. Una vez preparado el material se lo introduce en la cámara de cría con la reina seleccionada, para que las obreras estiren la cera y la reina coloque los huevos. Luego de una semana se traslada el cuadro, con las larvas recién nacidas, a una colmena criadora donde se realizará el estiramiento de las celdas reales. Previamente se le destruyen por los bordes en forma alternada dos celditas de cada tres para dejar más espacio a las futuras celdas reales. Diez días después varias estarán cerradas y listas para ser injertadas en la colonia destinataria (Nájera, 2010; Méndez, 2012; Cruz y Zaragoza 2012; Romo, 2014).



Figura 4. Celdas reales con el método Miller

6.2.2 Método alley

Henry Alley practicó cría de reinas durante el siglo pasado en los Estados Unidos. Él mantenía las reinas madres en pequeñas colonias de cinco cuadros; ponía un cuadro con panal desocupado para que la reina pusiera y tres días después, ya cuando las larvas estaban a punto de nacer, lo removía. Usaba una colonia fuerte para que construyera las celdas, a la cual la manipulaba así: la ahumaba y palmoteaba por diez minutos para iniciar a las abejas a enjambrar. Antes de enjambrar las abejas se llenan de miel; en este momento retiraba la reina y sacudía las abejas dentro de una caja de enjambrazón (Nájera, 2010).

Diez horas después, Alley les daba, a estas abejas, tiras de panal con larvas recién nacidas procedentes de la colonia madre. Él removía 2 larvas de cada 3; las abejas iniciaban alrededor de 20 celdas, pero él dejaba doce y el resto las destruía con el propósito de asegurar que las reinas restantes tuvieran óptimos cuidados. Después del primer día, les permitía vuelos libres a las abejas confinadas en la caja de enjambrazón. Una vez que las celdas reales eran selladas, se podían remover para ser introducidas en colmenas que carecieran de reina (Romo, 2014).

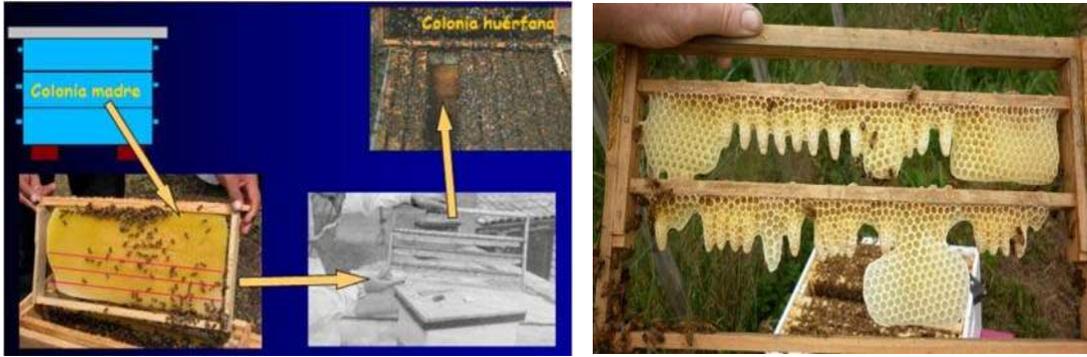


Figura 5. Celdas reales con el método Alley

6.2.3 Método hopkings

El método Hopkings, es una manera de producir reinas sin trasladar larvas a otras celdas. Primeramente debemos, seleccionar y preparar una colonia de abejas a la que llamaremos incubadora, con abundante población de abejas principalmente jóvenes, sanas, y con reservas de alimentos. A esta colonia se le retira la reina, y también se le agrega una media alza sin bastidores. Unos 2 o 3 días después, se le destruyen las celdas que hubiera construido; de nuestra mejor colonia se obtiene un panal con mucha larva muy pequeña o huevos. Este panal se mete al espacio del alza que dejamos en la colonia incubadora, pero se coloca de manera horizontal, teniendo cuidado de que queden unos 3 o 4 cm de espacio entre el panal y los cabezales de la cámara de cría, es decir, el panal quedará acostado sobre la cámara de cría. Pasados algunos días podemos ir a revisar si las abejas están construyendo celdas reales, que como sabemos las construyen hacia abajo. Al revisar el panal y sostenerlo en posición natural, veremos a las celdas reales en orientación horizontal, como las celdas de obreras. Después de que operculan las celdas reales unos 4 o 5 días podremos cortarlas y disponer de ellas para meterlas a las colonias huérfanas o núcleos que las necesiten (Méndez, 2012; Cruz y Zaragoza 2012; Romo, 2014).



Figura 6. Celdas reales con el método Hopkings

6.2.4 Método doolittle y sus adaptaciones

Romo (2014) y Méndez (2012), argumentan que usando la técnica de transferencia de larvas, a una colmena se le puede dar hasta 150 celdas reales con larvas de un día y, a diferencia del caso anterior, las abejas las aceptarán a todas o a casi todas y empezarán a trabajar para desarrollarlas en celdas reales, porque las larvas están en celdas de un tamaño específico para ser desarrolladas en celda real. Las otras celdas se pueden hacer de cualquier material (cera de abeja, de vidrio, plástico o madera), y son bien aceptadas por las abejas. Las otras celdas plásticas se pueden re-usar y parece que entre más uso se les dé serán más atractivas para las abejas. Las otras celdas de cera pueden ser fabricadas por el apicultor teniendo en cuenta las siguientes precauciones:

- Nunca exponer las celdas a pesticidas, cintas insecticidas o aerosoles de uso hogareño.
- Las celdas deben tener la forma y tamaño de una celda real natural; de otra manera no será percibida como tal por las abejas nodrizas
- Las copas celdas de cera deben adherirse a la barra, de tal manera que no se caigan con el peso de varias abejas colgando de ellas y tampoco tan firmes que no se puedan remover sin dañarlas.
- El lugar, donde se realizará la transferencia, debe tener un ambiente tibio y húmedo, con una temperatura de 75° f (25° C), y una humedad relativa del 50%. Estas condiciones son recomendables para prevenir la

deshidratación de la larva. Inmediatamente después de la transferencia, las larvas se deben introducir en las colonias iniciadoras.

- La aguja de transferencia debe ser “deslizada” por debajo de la larva que está flotando en una cama de jalea real. La larva debe removerse, para inmediatamente ser depositada en el fondo de la copa celda.

Medio de suspensión para la larva

La mayoría de apicultores encuentran más fácil depositar las larvas en las copas celdas, cuando en éstas hay una gota de líquido en el fondo. Se puede usar agua, pero la gota debe ser pequeña. Es preferible usar una mezcla de jalea real y agua en proporciones de 1:1; esta mezcla no sirve como alimento para la larva, pero es una sustancia que es fácilmente aceptada por las abejas y tiene una densidad mayor que el agua, lo cual impide que la larva se deslice fuera de la celda cuando ésta esté invertida (Nájera 2010).

Edad de la larva para ser transferida

La transferencia de larvas de hasta un día de edad, y su adecuada alimentación, resultará en reinas tan eficientes como las producidas en óptimas condiciones en forma natural. Larvas mayores de dos días y la insuficiencia de polen y néctar darán como resultado la producción de reinas de inferior calidad. Las reinas inferiores tienen menos ovariolas, de tal manera que la oviposición es menor. Las reinas deben ser criadas en épocas del año que sean favorables para este propósito; los principales requerimientos son:

- Disponibilidad de una cantidad adecuada de polen.
- Presencia de una buena cantidad de zánganos.
- Días templados y soleados, requeridos así para los vuelos de apareamientos.
- Una cantidad adecuada de néctar también es importante, pero éste puede ser reemplazado por jarabe preparado con azúcar y agua por el apicultor.

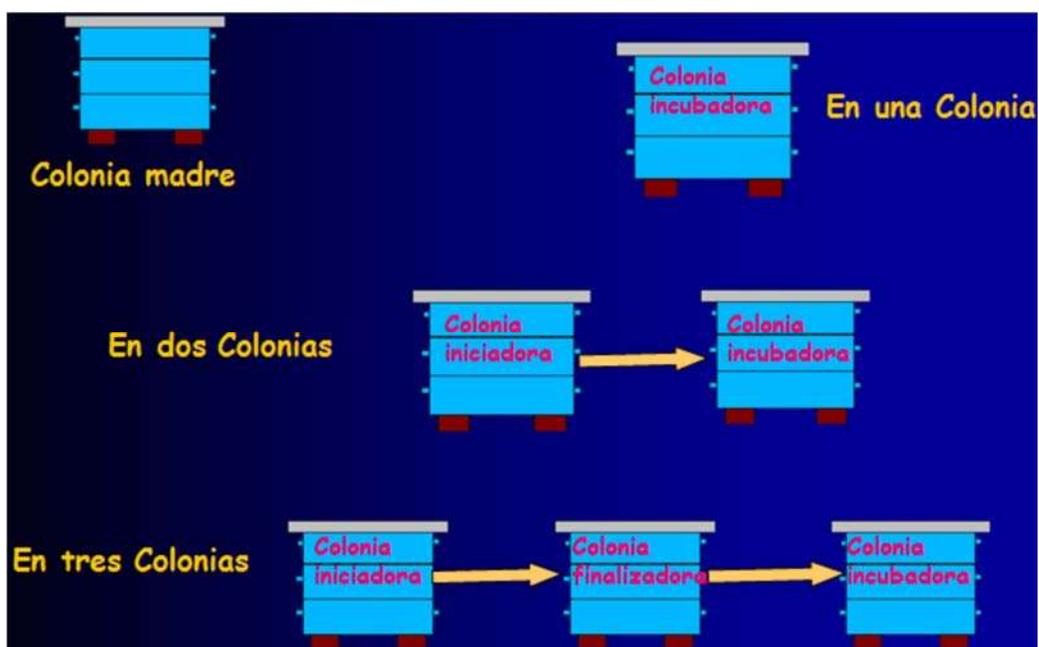


Figura 7. Método Doolittle

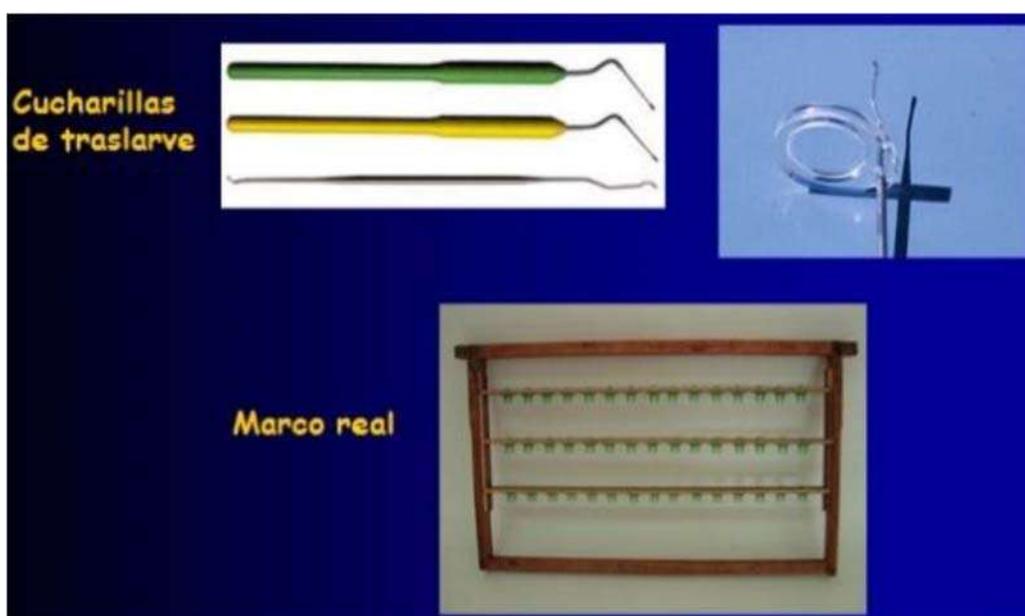


Figura 8. Material a utilizar para el método Doolittle



Figura 9. Método de Traslarve



Figura 10. Recolección de celdas reales para la introducción en colmenas

7. Inseminación instrumental en abejas reinas *apis melliferas*

El cambio de abejas reinas mejoradas es la principal medida para el control de la africanización, así como también, para disminuir la incidencia de enfermedades y parásitos; sin embargo, desafortunadamente en todo México, existen criadores de abejas reinas que aparte de no abastecer la demanda nacional de reinas, son pocos los que realizan algún tipo de selección (Guzmán-Novoa, 2004). Por ésta razón, resulta importante que la mayoría de los apicultores mexicanos tengan métodos confiables y prácticos para seleccionar, criar e inseminar instrumentalmente abejas reinas.

Los programas de mejoramiento genético en zonas africanizadas en México, cuando son aplicados directamente a mejorar las abejas en el campo, buscan generalmente mantener abejas dóciles y altamente productivas. La utilización de inseminación instrumental juega un rol muy importante para mantener una presión de selección constante (Espitia, 2007).

Estudios previos han demostrado que si las colonias de abejas tienen un grado de africanización de alrededor de 25% o menor, estas son tan manejables como las abejas europeas. Por ello, para la mayoría de los apicultores mexicanos resulta importante identificar y discriminar las abejas con características africanas de las que poseen características europeas, para seleccionar las más productivas y manejables para la crianza de reinas. El cambio de abejas reinas mejoradas es la principal medida para el control de abejas africanizadas; por esa razón, los apicultores necesitan métodos confiables y prácticos para la selección y producción de reinas (Guzmán-Novoa *et al.*, 2011).

Una herramienta indispensable para el mejoramiento genético, es la inseminación instrumental, ya que se pueden controlar los apareamientos de los progenitores con rasgos valiosos, que de forma natural no puede suceder, debido a que las reinas en su vuelo nupcial se pueden aparear con 10 a 20 zánganos de diferentes fuentes genéticas, pudiendo generar cruzamientos indeseados como lo sucedido en la africanización (Mackensen y Tucker, 1970; Harbo, 1986; Cobey, 2007).

7.1 Aparato de inseminación

Existen en el mercado varios tipos de aparatos desde los más sencillos hasta los más sofisticados, todos tienen el principio del tipo Mackensen, el cual contiene una base para la jeringa hacia el lado derecho, soporte de la reina y dos soportes de los gachos (ventral y dorsal) (Flores *et al.*, 1998 y Romo *et al.*, 2014).

El aparato recomendado a utilizar es el modelo Schley®, que consta fundamentalmente de un soporte, dos columnas que contienen los ganchos dorsal y ventral (sirven para la apertura de los segmentos abdominales, permitiéndonos el acceso a la bolsa copuladora, donde se sitúa el orificio vaginal), un receptáculo para la reina conectado a la fuente de narcosis, y la micro jeringa donde se almacena el semen de los zánganos (Figura 11) (Schley, 1990 y Romo *et al.*, 2014).

7.2 Microscopio

Los microscopios que sirven para ésta actividad son los estereoscópicos binoculares con un rango de magnificación de 15 x 20 (ocular 10 x objetivo 1.5 a 2 .5 x), la base del microscopio debe ser preferentemente plana (Figura 11) (Flores *et al.*, 1998).

7.3 Fuente de luz

Debe ser de fibra de vidrio para evitar que produzca calor, es preferible que la luz sea independiente al microscopio para poder dirigirla con facilidad hacia la vagina, esto nos permite tener más control de los movimientos, en un momento dado es bueno usar luz blanca y fuente de luz fría. (Evita que los órganos copuladores se resequen debido a un exceso de calor)(Figura 11) (Schley, 1983 y 1990; Flores *et al.*, 1998).

7.4 Anestesia con co2

Para evitar movimientos indeseables en la reina se recomienda el CO2 grado alimenticio para este fin, el cual para el buen control se necesita una válvula y su

manómetro para medir la presión del cilindro, también se necesita un recipiente con agua para regular el flujo de CO₂ (una burbuja por segundo), de no ser así puede ser que el gas sea mucho y se corre el riesgo de que la reina explote (Figura 11) (Romo *et al.*, 2014).

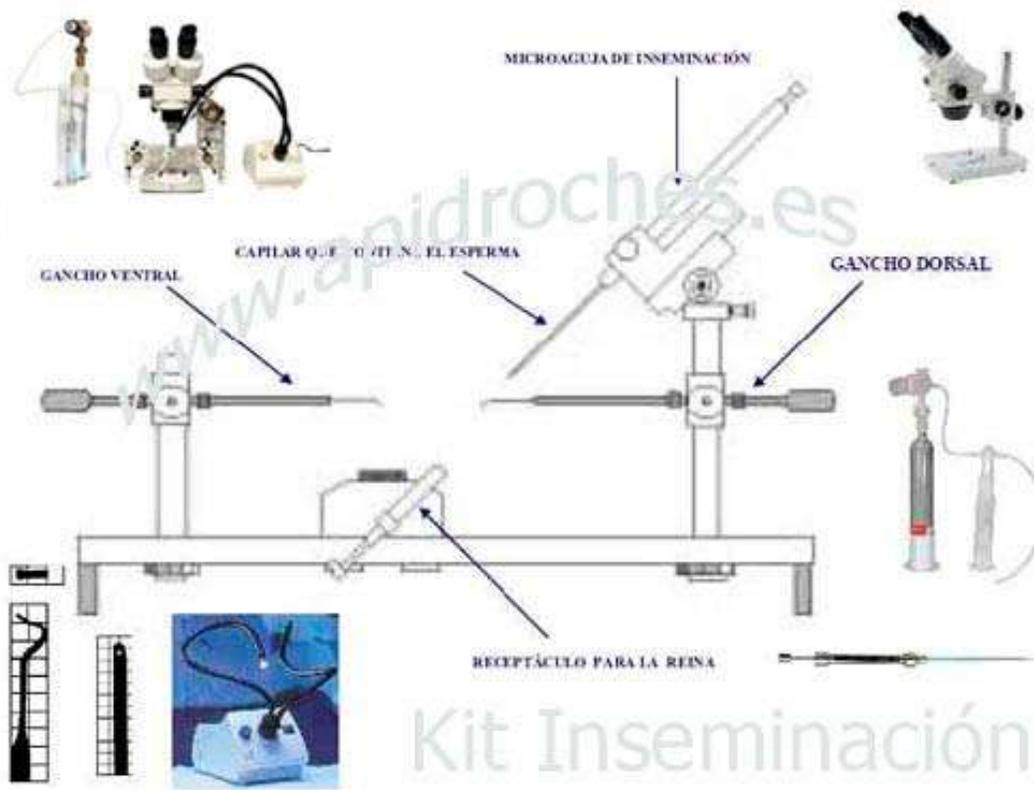


Figura 11. Instrumental para la inseminación en abejas reinas

7.5 Asepsia

Antes de iniciar la inseminación, se debe mantener limpia el área de trabajo, las soluciones que se pueden utilizar son alcohol al 70 %, Virkon S o cloro. Con el Virkon S se limpia toda la cristalería, mesas, aparatos de inseminación, el cloro nos sirve para desinfectar el material de caucho para evitar su desgaste. El cuidado en la limpieza nos asegura una mejor inseminación. Antes de recolectar el semen, los zánganos maduros recolectados deben ser expuestos a un vuelo para que logren defecar y no logren contaminar el semen, para ello, se introducen dentro de una bolsa de plástico grande con aire adentro, los zánganos empezaran

a volar y a defecar dentro de la bolsa, se debe de realizar por lo menos 5 minutos antes de la recolección del semen (Figura 12) (Romo *et al.*, 2014).



Figura 12. Vuelo de zánganos previo a extracción de semen

Posteriormente, para poder recolectar el semen debemos provocar la eversión del órgano copulador del zángano (endófalo), que consta de dos pasos; eversión parcial (A) eversión total (B) (Figura 13). Esto lo logramos aplastando la cabeza y tórax del zángano con el dedo índice y pulgar, de esta manera se contraerá el abdomen y quedarán expuestos el par de cuernos amarillo-anaranjados produciendo la primera eversión, si los cuernos son cristalinos indica zángano inmaduro. Posteriormente para provocar la eversión total, se debe tomar la base del abdomen (en posición dorsal) cerca del tórax, con el dedo pulgar e índice. Aplicar presión a lo largo de los lados del abdomen, comenzando en la base anterior e ir presionando todo lo largo de la cavidad abdominal extendiendo los movimientos al mismo tiempo, de esta manera la eversión será total, algunas veces se suele provocar explosión. Una vez expuesto el semen podremos diferenciar el moco de color blanco y el semen de color amarillento. Hay que tener cuidado para que el órgano no toque ninguna superficie y si llegara a pasar no es recomendable usarlo ya que será un material contaminado. La cantidad y la consistencia del semen obtenida varían, de cada zángano se obtiene generalmente alrededor de 1 μ l. La dosis estándar por reina es de 8 a 10 μ l (Schley, 1983 y 1990; Flores *et al.*, 1998 y Romo *et al.*, 2014).



Figura 13. Eversión del órgano copulador del zángano

En la Figura 14. Se muestran los estados de la eversión del endófalo: A, Eversión parcial, usualmente encontrada después del estímulo inicial. B, eversión completa usualmente obtenida por apretar el abdomen, exposición del semen y moco, C, endófalo completamente evertido (no se muestra semen y moco) (Mackensen y Tucker, 1970).

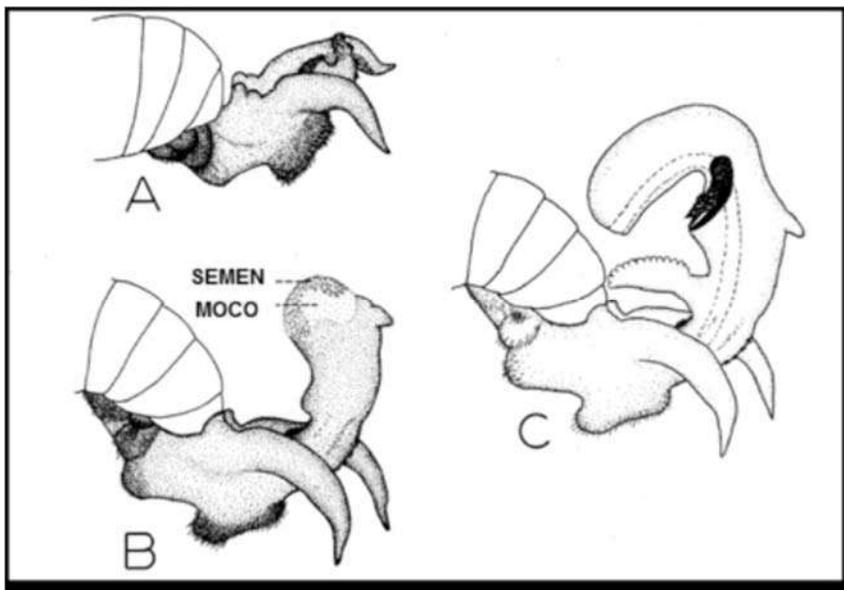


Figura 14. Estados de eversión del endófalo del zángano

7.6 Recolección del semen de la jeringa

Antes de la recolección del semen se debe aspirar solución salina al 0.90 % cloruro de sodio (NaCl) “suero fisiológico” con ayuda de la jeringa (Mackensen y Tucker, 1970), seguidamente se debe aspirar una pequeña burbuja de aire de 2 a 3 mm que aislara el esperma del suero fisiológico. Posteriormente se puede comenzar a recolectar el semen, el cual se tiene que hacer contacto leve con el órgano copulador dirigido hacia donde se encuentra el material amarillento, evitando el moco blanco. En cada extracción de semen, se deja salir del capilar una pequeña gota de esperma, con el objetivo de que se adhiera el esperma que cubre el bulbo del nuevo macho. Se debe recolectar entre 8 a 10 μ l de semen para inseminar a una reina (asegurándose de que la mezcla no tenga burbujas de aire). Para evitar la desecación del semen se debe de absorber al final del capilar una gota de solución salina, sin embargo el semen nunca debe de tocar la solución salina, por ello se debe dejar siempre una burbuja de aire para separarlos (Figura 15) (Flores *et al.*, 1998 y Romo *et al.*, 2014).

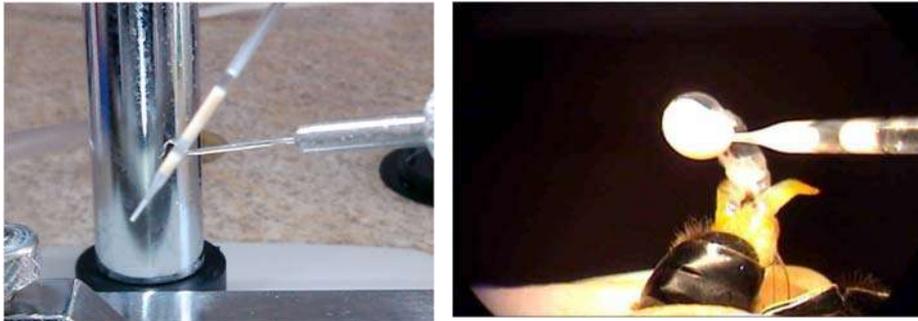


Figura 15. Instrumental de recolección de semen del zángano

7.7 Preparación de la reina

Un día antes de la inseminación, se recomienda un tratamiento de CO₂ por 4 minutos a la reina, esto hace que migre el esperma a las celdas más rápido (Fischer, 1990), inhibe los vuelos naturales de acoplamiento y la necesidad de

colocar excluidores de reinas (Woyke *et al.*, 2001). Para inseminar a la reina, se requiere el segundo tratamiento de narcotización con CO₂, para evitar movimientos indeseables que dificulten la manipulación. Cuando la reina ya está inmóvil se puede asegurar que la anestesia está haciendo efecto (Figura 16).



Figura 16. Previo tratamiento con co2 a la abeja reina a inseminar.

Después se procede a abrir las segmentos abdominales de la abeja reina, con los ganchos separadores (ventral y dorsal), del lado derecho se fija el aguijón y del lado izquierdo se sostiene la entrada dirigiendo un poco hacia abajo, una vez los ganchos puestos en su lugar se tiran en direcciones contrarias para dejar libre la entrada de la vagina, la larga estructura del aguijón será levantada dorsalmente (Figura 17).



Figura 17. Exposición del órgano copulador de la abeja reina.

7.8 Inseminación de la reina

Una vez en posición la reina, se empieza a dirigir la jeringa hacia la entrada vaginal ayudándonos con tornillos de precisión, poco a poco se va introduciendo la jeringa, nunca deberá introducirse la jeringa de manera recta, ya que es necesario formar un zigzag para evitar la válvula vaginal que obstruye el paso, la jeringa se debe dirigir con facilidad hasta el oviducto medio, una vez en este lugar el semen es inyectado con gran facilidad. Cuando una inseminación no es bien lograda el semen se regresa hacia la superficie. La cantidad de dosificación recomendada es de 8 a 10 μ l por reina. La sala de inseminación debe estar a una temperatura media de 20-25 grados, con una humedad relativa de 70 p.100, no debe haber polvo que pueda obstruir la punta del capilar (Figura 18) (Flores *et al.*, 1998 y Romo *et al.*, 2014).

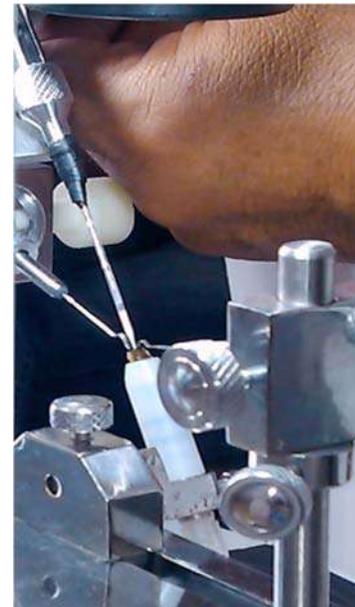
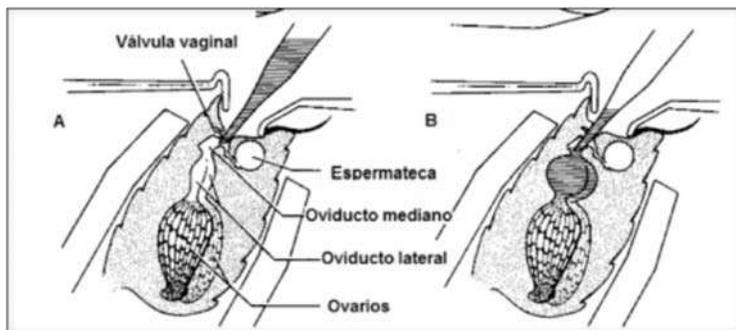


Figura 18. Inseminación en abejas reinas.

7.9 Después de la inseminación

Las primeras 24 horas después de la inseminación es el periodo más crítico. Las reinas recientemente inseminadas deben mantenerse a temperatura de nido de

cría y debe ser atendidas por obreras nodrizas para facilitar la migración del semen. Esta última está influenciada por las condiciones ambientales, por lo tanto las reinas no deben exponerse al frío o mantenerse aisladas. Introduzca las reinas cuidadosamente en sus colonias utilizando una jaula con “candy” para asegurar la aceptación. Las reinas que han sido inseminadas instrumentalmente, con técnicas apropiadas tienen la capacidad de encabezar colonias productivas y se comportaran tan bien como las reinas apareadas en forma natural. Esta técnica le ofrece al criador de abejas la posibilidad de acelerar el proceso de selección y mantener colonias dóciles y altamente productivas (Flores *et al.*, 1998 y Romo *et al.*, 2014).

Woyke (1980) menciona que inseminar la reina con 8 μ l, se obtiene casi el mismo grado de llenado de la espermateca que en el caso del acoplamiento natural. Después de haber inseminado la reina se marcará con una placa identificativa en el tórax. Posteriormente se verificará que la puesta de la reina sea de obrera, si de lo contrario la puesta es de zángano, la reina será eliminada del experimento. Las veinticuatro horas post-inseminación son las más críticas para las reinas, una vez superado este tiempo solo hay que esperar la oviposición alrededor de cuatro a siete días después de ser inseminadas, estas reinas tendrán toda la capacidad de ser una buena productora como una reina acoplada naturalmente (Figura 19).



Figura 19. Marcaje de abejas reinas

8. CONCLUSIONES

1. La inseminación instrumental es una herramienta indispensable para el mejoramiento genético, ya que se pueden controlar los apareamientos de los progenitores con rasgos valiosos, que de forma natural no puede suceder, debido a que las reinas en su vuelo nupcial se pueden aparear con 10 a 20 zánganos de diferentes fuentes genéticas, pudiendo generar cruzamientos indeseados como lo sucedido en la africanización.
2. La utilización de la inseminación instrumental en abejas reinas, juega un rol muy importante, para mantener una presión de selección constante.
3. El cambio de abejas reinas mejoradas e inseminadas instrumentalmente, es la principal medida para el control de la africanización; sin embargo, en México, son pocos los criadores de abejas reinas que realizan algún tipo de selección.
4. La inseminación instrumental está dirigida a evitar el mayor índice de africanización para evitar una colmena nómada y así tener pérdidas parciales o completas de colmenas. Con el método correcto de inseminación se puede tener las características deseadas y mantener la línea genética más útil. Ya que se ha demostrado que una colmena menos africanizada lleva a una mejor colmena.
5. Sin embargo, desafortunadamente en el país existen criadores de abejas reinas que aparte de no abastecer la demanda nacional de reinas, son pocos los que realizan algún tipo de selección. El precio en esta técnica es relativo a lo que uno puede ahorrar como productor, ya que así evitas una enjambración y mantienes tus colmenas estables.

6. En Cuba se realizaron trabajos similares mostrando que la producción de miel aumentó 4.8 kg por año y se redujo la enjambrazón de la colonia en un 2% al introducir abejas reinas mejoradas en las colmenas durante un periodo de 12 años.

9. BIBLIOGRAFÍAS

1. ACUA, 2006. Manual apícola. www.ciencia.com.
2. Adrián C. C. 2006. Características y propiedades de la Apitoxina de *Apis mellifera* como potencial terapéutico usos y limitaciones. www.todomiel.net. p. 1-3.
3. Al-Qarni A. S., B. H. Smith and S. W. Cobey. 2003. Performance evaluation of naturally mated and instrumentally inseminated honeybee (*Apis mellifera*L) queen in field colonies. Pakistan Journal of Biological Sciences. Vol. 6(17): 1476-1481.
4. Antonio G. Ma. 2008. Tesis, Estado actual de la africanización de las abejas *mellíferas* en la comarca lagunera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila de Zaragoza, México, p. 8-33.
Apis mellifera Europeas cruzadas con africanizadas en Chiapas y Guatemala. Tesis Maestro en Ciencias en Ganadería Tropical. México, Chiapas UACH. 20 p.
5. Avilés J. P. y X. Araneda. 2007. Estimulación de la puesta en abejas (*Apis mellifera*). Archivos de Zootecnia. Vol. 56(216): 885-893.
6. Buchmann S., Ascher J.S. 2005. The plight of pollinating bees. Bee World, Vol. 86. p. 71-74.
7. Cepero, R.A. 2016. Monitorización de los principales patógenos de las abejas para la detección de alertas y riesgos sanitarios. TESIS DOCTORAL. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID FACULTAD DE VETERINARIA. Departamento de Sanidad Animal
8. Cholojan A. P. 1998. Caracterización de los subsistemas de producción en diez municipios del departamento de Sacatepéquez. Tesis de Licenciatura

- en Zootecnia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. pp. 3-7.
9. Clarke KE, Rinderer TE, Franck P, Quezada-Euán JJG, Oldroyd BP. 2002. The Africanization of honey bees (*Apis mellifera*L.) of the Yucatan: a study of a massive hybridization event across time. *Evolution*, 56(7):1462-1474
 10. Cobey, y Susan W. 2007. "Comparison studies of instrumentally inseminated and naturally mated honey bee queens and factors affecting their performance." *Apidologie* 38(4): 390-410.
 11. Córdova S. E., 2011. Manejo de la abeja reina sobre la defensividad de la colonia y producción de miel en apiarios de Tabasco, México. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Manlio F. Altamirano, Ver., México. p. 2-13.
 12. Cruz, G.M. y Zaragoza, P.A. 2012. Manual de apicultura. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicios en Zootecnia.
 13. Cruzado R. L, D. P. Gutiérrez C., S. G. Ruiz R. 2007. Ensayo químico y efecto de antibiosis *in vitro* de la miel de abeja sobre microorganismos gram positivos y gram negativos. *Rev. Med. Vallejana*. Vol. 4N° 2. p. 95-108.
 14. D'Aubeterre Ramón, Carlos J. Barrios, Spiridione Puzzar, Susana B. García de la Rosa y Sandra R. Fuselli. 2008. Comportamiento higiénico de las abejas africanizadas (*Apis mellifera scutellata* Lepeletier) en apiarios del estado Lara, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 26: p. 167-172.
 15. Engel M. S. 1999. The Taxonomy of recent and fossil honey bees (*Hymenoptera, Apidae, Apis*). *Journal of Hymenoptera Research*. Vol. 8 (2): 165-196.
 16. Espitia V. S. 2007. Detección de abejas africanizadas (*Apis mellifera scutellata* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila de Zaragoza, México, p. 1-27.
 17. Flores, J.M., J.A. Ruíz, J.M. Ruz, F. Puerta, F. Campano, F. Padilla y M. Bustos. 1998. Artificial insemination of queen bees. *Arch. Zootec.* 47: 343-345.
 18. Guerra Jr. J. C. V., L. S. Gonçalves y D. De Jong. 2000. Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) are more efficient at removing worker brood

- artificially infested with the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oudemans than are Italian bees or Italian/Africanized hybrids. *Gen. Molec. Biol.*, 23: p. 89-92.
19. Guzmán, E. 2009. Introducción a la cría de abejas reinas. www.ciencia.com p. 1, 2, 3, 4.
 20. Guzmán, N. E., Correa B. Adriana, E. Montañó L. G. y Guzmán Novoa G. 2011. "Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México." *Veterinaria Mexico* 42: 149-178.
 21. Guzmán-Novoa E, Uribe RJL. 2004. Honey production by european, Africanized and hybrid honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Mexico. *American Bee Journal*, 144:318-320.
 22. Hall GH. 1992. DNA studies reveal processes involved in the spread of New World African Honeybees. *Florida Entomologist*, 75(1):51-59.
 23. Harbo, JOHN R. 1986. "Propagation and instrumental insemination." *Bee genetics and breeding*. Academic Press, Orlando, Fla: 361-389.
 24. Ivanec L. 2008. La pureza de la especie o de las castas de las abejas. <http://www.carniolan.com/es/cara.htm>.
 25. Kerr WE. 1967. The history of the introduction of African bees to Brazil. *South African Bee Journal*, 39:3-5.
 26. Kocher S. D., F. Freddie-Jeanne, D. R. Tarpy and C. M. Grozinger. 2008. Genomic analysis of post-mating changes in the honey bee queen (*Apis mellifera*). *BMC Genomics*. Vol. 9(232): 1471-2164.
 27. I-Lawati H., G. Kamp and K. Bienefeld. 2009. Characteristics of the spermathecal contents of old and young honeybee queens. *Journal of Insect Physiology*. Vol. 55: 117-122.
 28. Mackensen, O. y Kenneth W. T. 1970. Instrumental insemination of queen bees, US Agricultural Research Service, 1-28
 29. Moretto G., C. V. Guerra J., H. Kalvelage and E. Espindola. 2004. Maternal influence on the acceptance of virgin queens introduced into Africanized honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Genetics and Molecular Research*. Vol. 3 (3): 441- 445.
 30. Moretto G., L. S. Goncalves and D. De Jong. 1997. Relationship Between Food Availability and the Reproductive Ability of the mite *Varroa Jacobsoni* in Africanized. *Am. Bee J.* Vol. 137 N°1 p. 67-68.

31. Nogueira-Neto P. 1964. The spread of a fierce African bee in Brazil. *Bee World*. 45(3):119-121.
32. O'Malley M. K., J. D. Ellis, C. M. Zettel N. y H. Herrera. 2009. Diferencias entre abejas *melliferas* Europeas y africanas. Universidad de Florida. IFAS Extensión. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN86300.pdf>
33. O'Malley M.K, Ellis J.D. 2008. African Honey Bee Extension and Education Program. University Florida <http://entnemdept.ifas.ufl.edu/afbee/>. p. 2-5.
34. Padilla F., F. Puerta, J. M. Flores and M. Bustos. 1992. Bees, apiculture and the new word. *Archivos de Zootecnia*. Vol. 41. p. 563-567.
35. Pérez-Sato J. A and L. W. Ratnieks F. 2006. Comparing alternative methods of introducing virgin queens (*Apis mellifera* L.) into the mating nucleus hives. *Apidologie*. Vol. 37:1-6.
36. Pérez-Sato J. A., O. H. Hughes W., M. J. Couvillon, L. W. Ratnieks F. 2007. Improved technique for introducing four-day old virgin queens to mating hives using artificial and natural queen cells for introduction. *Journal of Apicultural Research*. Vol. 46 (1): 28-33.
37. Pesante D. G. 2008. Capítulo II: abejas melíferas utilizadas en la apicultura. <http://academic.uprm.edu/dpesante/4016/02-las-abejas.PDF>.
38. Poklucar J. 2001. Influence of honeybee Queens origin to the production characteristics of carniolan bee (*Apis mellifera carnica*) in Slovenia. *Journal of Central European Agriculture*. Vol. 2 (3-4): 165-172.
39. Polaino, C. 2006. Manual práctico del apicultor. Madrid España. CULTURAL S.A.
40. Programa Nacional para la Prevención y Control de la Abeja Africana PNCAA.1990a. Las Abejas Africanas y su Control. Orientaciones Técnicas. N°2 SARH, México. Impresores S.A. de C. V. México.
41. Quezada-Euán JJG. 2000. Hybridization between european and Africanized Honey bees in tropical Yucatan, Mexico. II. Morphometric, allozymic and mitochondrial DNA variability in feral colonies. *Apidologie*, 31(3):443-454.
42. Quezada-Euán JJG. 2007. A retrospective history of the expansion of Africanized honeybees in México. *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 46(4):295-300.

43. Ratnieks F. L. W. 1990. Assessment of queen mating frequency by workers in social hymenoptera. *J. Theor. Biol.* Vol. 142: 87-93.
44. Reyes C., J. L. 1990. La Abeja Africanizada. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, UL., Torreón, Coahuila, México p.5-15.
45. Reyes C., J.L. y Cano R. P. 2000 La polinización de los cultivos por las abejas. UAAAN-INIFAP-AMVEA- Bayer de México S.A. de C.V. México, D.F. p. 30.
46. Rinderer TE, Hellmich RL. 1991. The processes of africanization. In: Spivak M, Fletcher D, Breed M. *The African Honey Bee*. Boulder, Colorado, USA: Westview Press, pp. 373-398.
47. Romo Chacón A., Sáenz Mendoza A. I., Ponce de León Door A., Acosta Muñiz CH., Ríos Velasco C. 2014. Transferencia de Tecnología para Producir Abejas Reinas en el Estado de Chihuahua. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Cuauhtémoc Chihuahua.
48. Salamanca, G. G., Vargas, E. F y F. C Pérez. 1998. Estudio morfométrico y sistemático del Grado de Africanización de la Abeja *Apis Mellífera* en algunas zonas del departamento de Boyacá.
49. Sanford, M. T. 1999 (en línea). African Honey Bee surprises again. <http://apis.ifas.ufl.edu/apis99/apsep99.htm> p.1-3.
50. Schley, P. 1983. *Praktische Anleitung zur instrumentellen Besamung von Bienenköniginnen*. W.S.E. Selbstverlag.
51. Schley, P. 1990. *Einführung in die instrumentelle Besamung von Bienenköniginnen* Giessen.
52. Schneider SS, DeGrandi-Hoffman G, Smith DR. 2004. The african honey bee: factors contributing to a successful biological invasion. *Annual Review Entomology*, 49(1):351-376.
53. Seeley T. D and A. S. Mikheyev. 2003. Reproductive decisions by honey bee colonies: tuning investment in males production in relation to success in energy acquisition. *Insecte Soc.* Vol. 50:1-5.
54. Smith DR. 1991. African bees in the Americas: insights from biogeography and genetics. *Trends in Ecology and Evolution*, 6(1):17-21.
55. Susan W. C. 2007. Bio logy of matin g, in semin ation methods and performance of honeybee queens. *Agro Sur* 35(1): 52-54.

56. Susnik S. P., J. Kozmus and V. M. Poklucar. 2009. Caracterización molecular de *Apis mellifera* carnica Pollmann en Eslovenia. Comisión permanente de biología apícola. Informes selectos-XXXVIII congreso Apimondia. http://www.la-apicultura.com/apimondia/index_sp.htm.
57. Taylor OR. 1977. The past and possible future spread of africanized honey bees in the Americas. *Bee World*, 58:19-30.
58. Uribe RJL, Guzmán-Novoa E, Hunt GJ, Correa BA, Zozaya RJA. 2003. Efecto de la africanización sobre la producción de miel, comportamiento defensivo y tamaño de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano. *Veterinaria México*, 34(1):47-59.
59. Utrera Q. F. 2011. Variación morfológica y enzimática en una población de abejas *Apis mellifera* en proceso de africanización. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. p. 13-18.
60. Vázquez L. M. y H. D. Zayas. 2000. Influencia del reemplazo de las reinas en los rendimientos de producción de miel por colmenas. *Revista Apiciencia*. Vol. 2 (2): 1-5.
61. Whitfield CW, Behura SK, Berlocher SH, Clark AG, Johnston JS, Sheppard WS, Smith DR, Suarez AV, Weaver D, Tsutsui ND. 2006. Thrice out of Africa: ancient and recent expansions of the honey bee, *Apis mellifera*. *Science*, 314(5799):642-645
62. Woyke, J. 1980. "Inseminación Artificial de las abejas reinas, en beneficio de la apicultura." Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador, C. A.: 1-10.
63. Woyke, J., C. Fliszkiewicz y Z. Jansinski. 2001. "Prevention of natural mating of instrumentally Inseminated queen honey bees by proper method on instrumental insemination." *J. Apic. Sci.* 45:101-114.
64. Zanabria Quintana, J. 2004. Evaluación participativa de líneas de abejas