



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“EVALUACIÓN DE LA CONDUCTA HIGIÉNICA DE Apis mellífera Y SU
RELACIÓN DEL NIVEL INFESTACIÓN DE Varroa destructor EN LA ZONA
CENTRO DE ECUADOR”.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL**

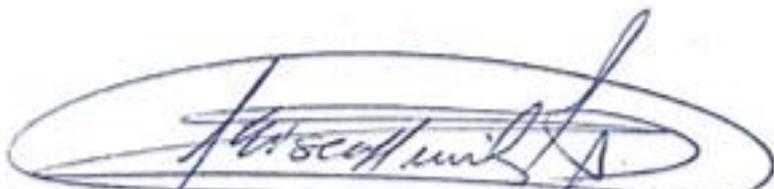
Previo a la obtención del título:
INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR:
JUAN CARLOS ALVAREZ LAZO

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

Este Trabajo de Titulación fue aprobado por el siguiente Tribunal



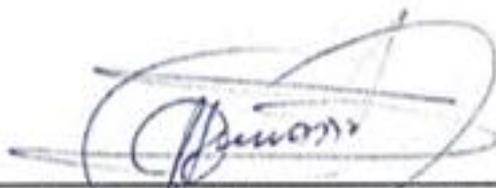
Ing. MC. Julio Enrique Usca-Méndez.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Byron Díaz Monroy, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. MC. Hermenegildo Díaz Berrones.

ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACION

Riobamba, 29 de octubre del 2018.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **JUAN CARLOS ALVAREZ LAZO**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 29 de octubre del 2018.



JUAN CARLOS ALVAREZ LAZO

C.I. 1723108377

AGRADECIMIENTO

A mis padres Dolores Lazo, Vicente Alvarez y familia que con su titánica lucha diaria y permanente han sabido apoyarme incondicionalmente en este largo recorrido estudiantil brindándome fuerza y cariño para que este trabajo llegue a su cúspide.

Así mismo quiero dejar plasmada eterna gratitud a mis amigos(as) que de una u otra manera ha sabido estar ahí con sus consejos para mí, ya que sin su ayuda no hubiera alcanzado uno de mis más grandes sueños a nivel académico.

A mi Director Dr. Byron Leoncio Díaz Monroy PhD. y Asesor Ing. Hermenegildo Díaz Berrones por su apoyo y colaboración para la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo a mi familia y amigos(as) a más de una persona importante Cargua Ramírez Esthefany Paola, siendo una parte importante de la construcción de los logros académicos, coadyuvando de una u otra forma para que se de este sueño como Ingeniero Zootecnista.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
A. LA CONDUCTA HIGIÉNICA EN LAS COLMENAS	4
1. Métodos que se han utilizado para seleccionar comportamiento higiénico	5
a. Muerte de la cría por congelamiento	¡Error! Marcador no definido.
b. Muerte de la cría por pinchadura	6
B. DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA E INCIDENCIA FORÉTICA DE <i>Varroa destructor</i>	8
C. VARROASIS	9
1. Origen y distribución	9
2. Etiología	10
3. Epizootiología	11
4. Biología de <i>Varroa destructor</i>	11
5. Cuadro clínico	17
6. Diagnóstico	18
a. Diagnóstico de la cría	18
b. Método cartulina	19
c. Método charola	19
d. Diagnóstico en las abejas adultas (Prueba de David De Jong)	20
D. COMPORTAMIENTO DEFENSIVO	20
1. Comportamiento de guardia a la entrada del nido	21
2. Guardianas especializadas	21
E. EL EFECTO DE LA <i>Varroa destructor</i> EN LA PRODUCCIÓN DE MIEL	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	23
B. UNIDADES EXPERIMENTALES	24

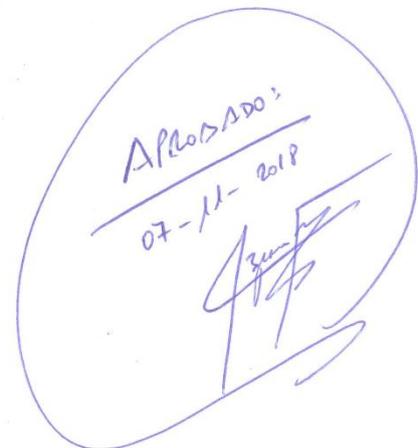
C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	24
1. De campo	24
2. De laboratorio	25
D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	26
1. Esquema del experimento	26
E. MEDICIONES EXPERIMENTALES	27
1. Conducta higiénica	27
2. Conducta del ácaro <i>Varroa destructor</i>	27
3. Indicador Productivo	277
F. ANALISIS ESTADISTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	28
G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	28
H. MEDICIONES EXPERIMENTALES	29
1. Conducta higiénica	29
2. Conducta de ácaro <i>Varroa destructor</i>	29
3. Indicador Productivo	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
A. CONDUCTA HIGIÉNICA DE LA POBLACIÓN DE <i>Apis mellífera</i> EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR	31
B. RELACIÓN <i>Varroa destructor</i> DE LA POBLACIÓN DE <i>Apis mellífera</i> EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR	34
C. PRODUCCIÓN DE MIEL DE LA <i>Apis mellífera</i> EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR	37
D. PLAN DE MEJORAMIENTO APÍCOLA	38
1. Antecedentes	39
2. Objetivo general	39
3. Acciones a ejecutarse	39
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	43
VII. LITERATURA CITADA	44
ANEXOS	

RESUMEN

“EVALUACIÓN DE LA CONDUCTA HIGIÉNICA DE *Apis mellifera* Y SU RELACIÓN DEL NIVEL INFESTACIÓN DE *Varroa destructor* EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR”Alvarez, J.¹; Díaz, B.² Díaz, H.²

En 16 apiarios de las provincias de Chimborazo y Tungurahua, y en el laboratorio de Biotecnología Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias, se evaluó la conducta higiénica de *Apis mellifera* y su relación con el nivel de infestación de *Varroa destructor* en la zona centro de Ecuador. La evaluación de la conducta higiénica se realizó a través del método del punzón perforando 100 celdas, después de un lapso de las 24 horas se verificó las celdas libres de cadáveres de larvas de abejas, para la tasa de infestación del ácaro *Varroa destructor* se tomó muestras de abejas en frascos plásticos esterilizados en el laboratorio a realizar la prueba de David De Jong (1979), la producción de miel se evaluó a través del registro de cada productor. Se realizó la verificación de hipótesis a través de contrastes ortogonales, se aplicó la separación de medias según Tukey ($P \leq 0,05$) y ($P \leq 0,01$). La conducta higiénica presentó diferencias estadísticas, por efecto de los lugares de procedencia de los apiarios, obteniendo una mejor conducta higiénica el apiario Chimborazo 8 (94,5 %) y la menor conducta higiénica se observó en Chimborazo 16 (52,10 %). La relación *Varroa destructor* presentó diferencias estadísticas, por efecto de los lugares de procedencia de los apiarios, obteniendo una mayor infestación en el apiario Tungurahua 4 (9,71 %) y una menor infestación en el apiario Chimborazo 8 (0,42 %). La producción de miel también presentará diferencias estadísticas, por efecto de los lugares de procedencia de los apiarios, obteniendo una mayor producción en el apiario Tungurahua 1 (32,2 kg/colmena/año) y una menor producción de miel en el apiario Chimborazo 8 (12,6 kg/colmena/año). Se recomienda a los apicultores aplicar el “Plan de mejoramiento apícola”, basado en una mejora del manejo, incluyendo la prueba de conducta higiénica y el uso de registros.

Palabras clave: *Apis mellifera*, conducta higiénica, Varroa, producción de miel, apiario



ABSTRACT

In sixteen apiaries in Chimborazo and Tungurahua Province and the Laboratory of Animal Biotechnology in the Animal Science Faculty, it was evaluated the *Apis mellifera* hygienic behavior and its relation with the infestation level of *Varroa destructor* in the center area. The hygienic behavior evaluation was made through Punch Method drilling a hundred cells after After a period of 24 hours the free cells of cadavers of bees larvae were verified, to the rate the infestation *Varroa destructor* mite was taken some bees samples in sterilized plastics jars in the lab to realized the David De Jong test (1979) honey production was assessed by recording each producer. The verification of the hypothesis was achieved through orthogonal contrasts, the separation of measures is applied according to Tukey (P 0,05) and (P 0,01). The hygienic behavior presented statistical differences by the effect of the hometowns of the apiaries getting better hygiene behavior in Chimborazo apiary 8 (94,5%) and the less hygiene behavior was observed in Chimborazo 16 (52,10%). The relation *Varroa destructor* presented statistical differences by the effect of the hometowns of the apiaries getting obtained a significant infestation on Tungurahua apiary 4 (9,71%) and a less outbreak in Chimborazo apiary 8 (0,42%) The honey production presented statistical differences too by the effect of the hometowns of the apiaries obtained a better output in the Tungurahua apiary 1 (32,2 kg/apiary/year) and a less honey production in Chimborazo apiary 8 (12,6 kg/apiary/year). A recommendation to the beekeepers is applied "Beekeeping Improvement Plan" based on improved management including the test of hygienic behavior and the use of records.

KEY WORDS: *Apis mellifera*, Hygienic Behavior, *Varroa*, Honey Production, Apiary



LISTA DE CUADROS

Nº	Pág.
1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.	23
2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.	24
3. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIGIÉNICO E INFESTACIÓN POR <i>Varroa destructor</i> EN ABEJAS (<i>Apis mellífera</i>) EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR.	27
4. CONDUCTA HIGIÉNICA DE LA POBLACIÓN DE <i>Apis mellífera</i> EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR.	31
5. RELACIÓN <i>Varroa destructor</i> DE LA POBLACIÓN DE <i>Apis mellífera</i> EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR.	35
6. PRODUCCIÓN DE MIEL EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR.	37

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág.
1.	Conducta higiénica de la población de <i>Apis mellífera</i> en la zona centro del Ecuador.	32
2.	Infestación por varroa de la población de <i>Apis mellífera</i> en la zona centro del Ecuador.	36
3.	Producción de miel en la zona centro del Ecuador.	38

LISTA DE ANEXOS

1. Análisis estadístico de la conducta higiénica.
2. Análisis estadístico de la relación *Varroa destructor*.
3. Análisis estadístico de la producción de miel.

I. INTRODUCCIÓN

Carabajo (2015), explica que en el Ecuador la apicultura en el siglo XXI se desarrolló cada vez más en busca de hacer una producción rentable produciendo miel y otros sub productos de las abejas, existen diferentes especies de abejas en el mundo, pero las dos más importantes para la producción y la apicultura son la abeja melífera occidental (*Apis mellífera*), y la abeja melífera oriental (*Apis cerana*).

Así como las abejas son importantes en el ecosistema también lo son para la agricultura especialmente en la polinización, la cual es vital para la producción de alimentos y de medios de vida de los seres humanos, relacionando directamente los ecosistemas silvestres con los sistemas de producción agrícola.

Sin embargo los diversos beneficios que nos proveen las abejas están amenazados por factores como el cambio climático, uso excesivo de pesticidas en cultivos, desconocimiento de la importancia de las abejas además de las enfermedades y plagas que las afectan. Una de las principales plagas determinadas por la OIE que afectan a la abeja melífera es *Varroa destructor* reportada en todo el mundo salvo en Australia y la isla sur de Nueva Zelanda (Carabajo, 2015).

Moyón (2013), afirma la patología apícola del ácaro *Varroa destructor* afectando a la abeja melífera en todos sus estadios de desarrollo (cría y adultos), debido a que este ácaro actúa de factor predisponente para que se desarrollen otras infecciones secundarias: virosis ascoferiosis y loques, debido a que este parasito perfora y succiona la hemolinfa (sangre de los insectos) de la cría y abejas adultas debilitándolas y propagando enfermedades patógenas y virus, colonias de abejas infestadas que al no ser tratadas mueren o se produce un abandono de la colmena y del apiario, dejando consecuencias principal el descenso en la polinización en el medio natural agrícola, como también la disminución de la producción de miel, polen y otros sub productos de la colmena

El comportamiento higiénico de la abeja melífera (*Apis mellífera*) se puede definir

como la habilidad que tienen las obreras para detectar, desopercular y remover las crías enfermas desde la cámara de cría hacia el exterior de la colonia.

Estudios realizados por Rothenbuhler (1964) demostraron que el comportamiento higiénico de las abejas es controlado por dos genes recesivos independientes: uno responsable de desopercular la cría enferma y el otro responsable de remover la cría enferma fuera del nido de cría (Moyón, 2013).

El Ecuador es un país rico en recursos naturales, con una diversidad de pisos climáticos y biológicos como bosques tropicales y andinos. Específicamente en la región norte del país contamos dos zonas: La zona andina caracterizada por los bosques nativos, chaparros, arbustos, además predominan bosques de eucalipto, fuentes inagotables de néctar, polen y resinas para la producción de propóleos. La zona subtropical en la zona de Intag y vía a San Lorenzo, caracterizada por bosques primarios y secundarios, así como también los frutales (cítricos, café, cacao aguacates etc.).

De acuerdo a las estadísticas, las provincias con mayor población de abejas (*Apis mellífera*) en el Ecuador se encuentran presentes en Pichincha, Imbabura, Tungurahua, Chimborazo, Carchi, Esmeraldas, y Sucumbíos reúnen todas las condiciones necesarias, reproducción de colmenas, cría de reinas, producción de miel de abejas, polen, propóleos y más derivados de la apicultura tratando de cubrir la demanda de productos apícolas.

En nuestra región se producen principalmente miel de floración de eucalipto, aguacate, cítricos, niacha, moras, pumamaqui, zabaleta, café, guabillo, algarrobo, laurel, ceibos entre otros, cada tipo de miel con características diferentes, dependiendo de su origen floral, a más de un potencial para la producción de polen multicolor de excelente calidad caracterizado por su riqueza en proteínas, vitaminas y minerales, muy apetecido en el mercado de Ecuador.

Es por esto al haber una buena producción apícola, también hay problemas que están diezmando cada momento los apiarios de estas zonas centro andina y de todo el país, problemas como la varroasis, noseemiasis, etc.

La conducta de las abejas frente a enfermedades es propio de su naturaleza ya que dos clases de genes interfieren en ella dándole una característica particular de una limpieza y eliminación de miembro de abejas afectadas por cualquier motivo es así que este efecto se puede decir es una conducta higiénica innata para tratar de contrarrestar enfermedades.

Por lo antes expuesto es de plena justificación realizar este estudio para determinar el impacto que tiene la conducta higiénica de la *Apis mellífera* y su relación con el nivel infestación de *Varroa destructor*, y con ello aportar una solución a la realidad apícola que se vive en el Ecuador.

Por lo mencionado anteriormente en la presente investigación, se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar objetiva y cuantitativamente la conducta higiénica de la población de *Apis mellífera* en la zona centro de Ecuador.
- Evaluar la tasa de infestación con *Varroa destructor* en abejas adultas.
- Determinar la producción de miel en relación con los objetivos anteriores.
- Proponer lineamientos en base a los resultados obtenidos para un plan de mejoramiento apícola.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. LA CONDUCTA HIGIÉNICA EN LAS COLMENAS

D' Aubeterre *et al.*, (2008), aseveran que el comportamiento higiénico de la abeja melífera (*Apis mellífera*) se puede definir como la habilidad que tienen las obreras para detectar, desopercular y remover las crías enfermas desde la cámara de cría hacia el exterior de la colonia. Este comportamiento es considerado como un mecanismo primario de resistencia de estos insectos ante ciertas enfermedades de origen bacteriano de la larva y de la pupa, como Loque americana causada por *Paenibacillus larvae* de origen fungoso, como la ascosferosis producida por *Ascosphaera apis* o de origen parasitario como es el caso de *Varroa destructor*.

D' Aubeterre *et al.*, (2008), indican que estudios realizados por Rothenbuhler (1964) demostraron que el comportamiento higiénico de las abejas es controlado por dos genes recesivos independientes: uno responsable de desopercular la cría enferma y el otro responsable de remover la cría enferma fuera del nido de cría. Otros estudios postularon que la determinación genética del comportamiento higiénico podría estar controlada por tres loci (Moritz, 1988). No obstante, estudios recientes han demostrado que el comportamiento higiénico está regulado por siete loci diferentes.

Pérez & Demedio (2012), indican que Gramacho (1999) presentó una nueva hipótesis por la cual el control de este comportamiento se podría explicar por tres genes recesivos ($d1/d1$, $d2/d2$ = destapando y r/r = retiro). Sin embargo, no se ha probado ninguna de las dos hipótesis. Recientemente, Lapidge y otros en el 2002, con técnicas moleculares, han sugerido que son siete genes los que están implicados en el comportamiento higiénico.

D' Aubeterre *et al.*, (2008), confirman que el comportamiento higiénico en las abejas melíferas es influenciado por diversos factores que inciden en la manifestación de esta característica en de la colonia. En ciertas épocas del calendario apícola se observa una mayor manifestación de este comportamiento; especialmente, cuando las abejas están colectando grandes cantidades de néctar en campo.

D' Aubeterre *et al.*, (2008), corrobora que algunos factores como la fortaleza y desarrollo de la colonia, composición de la población de obreras y estado sanitario, entre otros, pueden también influenciar la manifestación de este comportamiento en mayor o menor grado. En estos casos, se ha postulado que las abejas higiénicas pueden intercambiar la actividad de acopio de néctar con el comportamiento higiénico de acuerdo a las necesidades de la colonia.

1. Métodos que se han utilizado para seleccionar comportamiento higiénico

D' Aubeterre *et al.*, (2008), manifiesta que estos métodos han sido probados por Gramacho (1995) y Palacio y otros. (1996) y se han considerado eficientes para probar el comportamiento higiénico.

- Muerte de la cría por congelamiento (Gonçalves & Kerr, 1970; Spivak & Reuter, 1998).
- Muerte de la cría matada por un pinchazo con una aguja o alfiler (Newton *et al.*, 2000).

D' Aubeterre *et al.*, (2008), menciona que Gramacho (1999) estudió las diversas etapas del comportamiento higiénico en colonias del mismo tamaño en intervalos de 2 horas, después de matar la cría por medio del pinchazo, evaluándolas 48 horas después, registrando las siguientes variables:

- Número de celdas operculadas.
- Número de celdas vacías.
- Número de celdas pinchadas.
- Número de celdas desoperculadas o destapadas.
- Número de celdas con cría removida.

a. Muerte de la cría por congelamiento

D' Aubeterre *et al.*, (2008), manifiesta que el Test de comportamiento higiénico, en inglés se lo conoce por la sigla HB es un test creado por Rothenbuhler en 1958. En

este, se exponen las abejas de una colmena al proceso de limpieza de un trozo de panal con cría muerta, lo que permite verificar con qué rapidez las abejas son capaces de remover la cría muerta de ese panal. Este trozo de panal puede tener diferentes tamaños por ejemplo 5 x 5 cm o 10 x 10 cm y debe ser sometido antes de 35 incorporarlo a la colmena, a un periodo de frío por 24 horas dentro de un fresero en el congelador de una heladera (esto mata la cría). Posteriormente se inserta el panal para observar la capacidad de reconocimiento y limpieza que tiene una determinada colmena, frente a la cría muerta.

Principal *et al.*, (2008), confirma que en este procedimiento son dos los genes, de la abeja, que actúan; uno le otorga la capacidad de abrir opérculo (desopercular) y el segundo gen el de extraer la cría muerta. De esta manera se puede observar la profilaxis que presentan las abejas de la colmena y la capacidad de reducir los posibles problemas sanitarios, como podría ser el caso de enfermedades en las crías y/o varroasis. Las reinas de las colonias que limpian la cría muerta en el menor tiempo posible son utilizadas en la selección en programas de crianza de nuevas reinas. THB es igual a Test Hygienic Behaviour, en castellano CH es Comportamiento Higiénico, o TCH que es Test Comportamiento Higiénico.

b. Muerte de la cría por pinchadura

Pérez & Demedio (2012), mencionan en forma sintética, consiste en saber qué capacidad que tienen las abejas de remover cría enferma o muerta de las celdas de los panales de cría. Indicando su capacidad para defenderse de las enfermedades. Con un alfiler entomológico (alfiler muy fino) se pincha o punza hasta el fondo de la celda, en el centro del opérculo las celdas de cría preferiblemente de larvas en estadio con ojos rojos o morados, garantizando la muerte de la misma, posteriormente se cuentan la cantidad de celdas desoperculadas por la abeja, donde ha sido removida la cría y donde no fue removida.

Pérez & Demedio (2012), reafirma que es conveniente perforar $10 \times 10 = 100$ celdas. Pudiendo calcularse luego el porcentaje de cría removida, al cabo de 24 horas. Se debe diferenciar abejas removidas, celdas abiertas en proceso de

remoción, y celdas no remo vidas. Se habla de buen comportamiento de limpieza, cuando son mayores al 80 % las celdas removidas.

Pérez & Demedio (2012), señalan que los parámetros de selección a seguir en un buen programa de reproducción de reinas son:

- Las colonias más productoras.
- Las colonias con mejores genes higiénicos.
- Las colonias con mayor mansedumbre.
- Las colonias con menor índice de varroa.

Los factores ambientales que estimulan la limpieza de celdas (Pérez & Demedio 2012).

- La velocidad con que se eliminan los síntomas de infección tanto en ascosferosis como loque americana, están vinculados a la incidencia de dos factores ambientales.
- El gran flujo de néctar presente estimula a las abejas a limpiar las celdas. Al respecto, varios autores encontraron que el comportamiento higiénico de una colonia aumenta cuando hay ingreso de néctar a la colmena, seguramente debido a la necesidad de celdas limpias para almacenarlo.
- Es la falta de enfriamiento de la cría. Para Flores *et al.*, (1996) es muy difícil que la cría se enferme si no sufre un enfriamiento en el momento en que es operculada su celda.

Pérez & Demedio (2014), explican que en ciertas épocas del calendario apícola se observa una mayor manifestación de este comportamiento; especialmente, cuando las abejas están colectando grandes cantidades de néctar en campo. Algunos factores como la fortaleza y desarrollo de la colonia, composición de la población de obreras y estado sanitario, entre otros, pueden también influenciar la manifestación de este comportamiento en mayor o menor grado.

B. DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA E INCIDENCIA FORÉTICA DE *Varroa destructor*

Álvarez (2016), asevera que el ácaro *Varroa destructor*, establecido como un agente patógeno a nivel mundial, se le atribuye la pérdida de cientos de colonias y billones de dólares en relación al beneficio de la agricultura. Se le ha responsabilizado del síndrome de despoblamiento de colmenas, que se viene presentando a nivel mundial el cual aún no ha sido completamente explicado. No existe otro patógeno, como este ectoparásito ha causado tanto impacto sobre las abejas en toda la historia de la apicultura, teniendo en cuenta que las pérdidas en la actualidad son incalculables.

Sanabria *et al.*, (2015), menciona el ectoparásito *Varroa destructor*, genera efectos sinérgicos negativos sobre el estado inmunológico y nutricional de las abejas de manera individual y colectiva, no sólo causando heridas físicas, sino permitiendo la proliferación de bacterias, hongos y virus en las colonias que parasita, actuando como vector de microorganismos.

Álvarez (2016), señala que se ha confirmado que el ectoparásito, se encuentra diseminado en colonias de abejas de todo el mundo, su difusión se ha expandido por falta de controles sanitarios y prácticas deficientes derivadas de la actividad comercial entre apicultores, se identificó por primera vez en paquetes de abejas introducidas a Estados Unidos desde Australia en el año 2005 y en jalea real China.

Álvarez (2016), indica que la trasmisión en Suramérica, fue causada presuntamente por la donación de paquetes de abejas por parte del país Japón a Paraguay en 1971, Chile, estuvo libre del ácaro, a causa de las condiciones geográficas que impedían su ingreso desde Argentina. Oficina Internacional de Epizootias, hasta 1991, había clasificado al país austral, libre de ésta parasitosis, situación que se hizo contraria en marzo de 1992.

Álvarez (2016), confirma que los elementos que provocan que el ácaro varroa se instale en las celdas, se cree pueda estar influenciado por componentes químicos de naturaleza hormonal propia de las larvas, que inciden en la penetración del ácaro

al interior de la celda; éste, puede desarrollarse y reproducirse sanamente a partir de la hemolinfa de las abejas quien es su hospedero final, presenta sintomatologías que van desde la pérdida de patas y alas hasta parálisis crónica, que afecta entre el hospedero y el hospedador (Ácaro: Apis) y sin número de bacterias, virus y parásitos, afectando todas las fases de desarrollo de las abejas. El impacto de la *V. destructor*, en la apicultura presenta dimensiones diversas en términos geográficos, que se presentan en función de la incidencia, mientras que en globalidad representan un grave problema.

C. VARROASIS

1. Origen y distribución

Moyón (2013), indica que hasta la década de los sesenta, la varroa únicamente afectaba a la abeja asiática (*Apis cerana*). Ambas especies han evolucionado juntas (co evolución) y las abejas han desarrollado comportamientos dirigidos a que el ácaro no alcance altas poblaciones dentro de la colonia y comprometa por tanto su supervivencia. Así, por ejemplo, la varroa parásita principalmente las celdillas de los zánganos y las obreras han aprendido a destruir a los ácaros extrayéndolos de sí mismas y de sus compañeras infestadas.

Padilla & Flores (2011), aclaran que el ectoparásito responsable de la varroosis fue descrito por primera vez por Oudemans en la isla de Java (Indonesia) en el año 1904, recibiendo el nombre de *V. jacobsoni*. Originalmente parasitaba a la especie *A. cerana* y en algún momento de la primera mitad del siglo XX cambió de hospedador y pasó a parasitar a *A. mellífera*, cuando esta especie fue introducida en Asia por motivos de tipo productivo.

Sanabria *et al.*, (2011), aseveran en el año 2000 Anderson y Trueman publican un importante trabajo sobre este ácaro basado en gran parte en el estudio del ADN mitocondrial (ADNmt). El estudio reveló la existencia de al menos dos especies diferentes: *V. jacobsoni* (sensus stricto) presente en *A. cerana* de Indonesia y Malasia y *V. destructor* que parasita a *A. cernana* en Asia continental y a *A. mellífera*. También detectaron la presencia de dos variantes (haplotipos) de *V.*

destructor en los ácaros que parasitan a nuestras abejas denominadas Coreano y Japonés/Tailandés. Padilla & Flores (2011), afirman que toman estos nombres porque en esos lugares fue donde primero se detectaron.

El haplotipo coreano está considerado como el más virulento y presenta una distribución mundial, mientras que el Japonés/Tailandés es menos virulento y se ha localizado en Japón, Tailandia y América.

Padilla & Flores (2011), nos dicen que sabemos que el cambio de hospedador de *A. cerana* por *A. mellífera* se produjo en Asia, pero contamos con una escasa información sobre este proceso. Con los datos de los que disponemos actualmente podemos decir que esta transmisión entre especies se produjo al menos en dos ocasiones y lugares diferentes.

Herbert (1976), indican que en Japón *A. mellífera* se introdujo en el año 1877, pero la presencia de varroa en esta especie no se descubrió hasta el año 1957. Desde Japón el parásito llegó a Paragua y en 1971, Brasil en 1972 y desde aquí se extendió por todo el continente americano.

Valido *et al.*, (2014), afirman que el segundo lugar de encuentro de varroa con nuestras abejas se produjo probablemente cerca de Vladivostok, una ciudad portuaria localizada en el Extremo Oriente ruso. A esta zona fueron transportadas colonias de abejas (*A. mellífera*) procedentes de Ucrania y muy probablemente algunas fueron infestadas por varroa. Colonias infestadas volvieron a la Rusia europea y desde aquí el parásito se extendió por el resto de Europa: por ejemplo, a Bulgaria llegó en 1967 y a Alemania en 1977.

2. Etiología

Moyón (2013), menciona que la varroa es un parásito artrópodo, de la clase de los arácnidos y del orden de los ácaros (garrapatas). La hembra mide 1,6 mm de ancho por 1 mm de largo, por lo que es visible a simple vista (del tamaño de la cabeza de un alfiler). Su cuerpo está recubierto por una fuerte membrana de quitina de color castaño rojizo (marrón). El parásito es bastante plano en sentido dorso-ventral y

tiene una forma ovalada, posee 4 pares de patas; las 2 anteriores tienen funciones táctiles y olfativas, mientras que el resto de ellas sirve para la locomoción del ácaro.

Moyón (2013), confirma que el macho es más pequeño y de color blanquecino. La hembra puede vivir sin alimento fuera de su huésped hasta 9 días y hasta 30 dentro de la cría operculada en un panal a temperatura ambiente. En condiciones normales viven en promedio de 90 a 100 días. La *Varroa jacobsoni*: fácil identificación, parecido a las garrapatas.

Color rojizo, mide entre 1,7 a 1,8 mm de ancho por 1,1 a 1,2 mm de largo.

3. Epizootiología

González (2013), menciona la fuente de infestación está dada por la abeja adulta, especialmente. La abeja adulta pecoreadora es parasitada ya que recorre por otras colmenas que están infestadas, los zánganos son los vectores que al momento de fecundar a la reina puede ser un vector para que se transmita este ectoparásito en estado forético sobre su hospedador donde se reproduce ya que vive dos a tres meses en verano, y de cuatro a seis meses en invierno.

4. Biología de *Varroa destructor*

Padilla & Flores (2011), afirman que el conocimiento de la biología reproductiva y de los sistemas sensoriales del ácaro *Varroa destructor* resulta de vital importancia para poder desarrollar estrategias de lucha contra este parásito. ¿Por qué son importantes estos conocimientos?, porque el conocer cómo se reproduce un animal nos permite diseñar estrategias que aceleren o retarden los ciclos reproductivos, o bien intentar engañarlo de alguna forma.

Yépez (2018), asevera la importancia del conocimiento de los sistemas sensoriales tampoco es muy difícil de explicar, por ejemplo, saber qué estímulos determinan que varroa busque y penetre en las celdillas de cría, nos permitiría diseñar trampas o desarrollar diferentes artimañas para alejarlas del área de cría de la colmena.

González (2013), nos dicen que antes de adentrarnos en la biología reproductiva de este animal y para poder hacernos una idea de cómo son sus sistemas sensoriales, vamos a describir algunos aspectos de su anatomía.

Los ácaros son artrópodos un tanto particulares, por ejemplo, presentan un cuerpo muy modificado desde el punto de vista de la anatomía general de este amplio grupo de animales. Por este motivo no se puede utilizar una división clásica, como la que usamos para las abejas: cabeza, tórax y abdomen. Hay que usar otra. El cuerpo está dividido en idiosoma y gnatosoma.

Todo el cuerpo de varroa es idiosoma, ya que el gnatosoma está formado básicamente por las piezas bucales: pedipalpos (sensoriales) y quelíceros. La importancia de los quelíceros radica en que en el caso de las hembras la parte distal es móvil y está dotada de dos pequeños dientes, que utiliza para romper la cutícula (cubierta corporal) de las abejas en desarrollo y poder alimentarse de su hemolinfa. En los machos estas estructuras están modificadas en una especie de cánula (tubo) que usan para transferir los espermatozoides hasta el sistema genital de la hembra (Padilla & Flores, 2011).

El idiosoma se localizan las patas, cortas y fuertes en el caso de las hembras, y dotadas de unas estructuras especiales para poder adherirse al hospedador. Los ácaros cuentan con 4 pares de patas, el primer par no se utiliza en la locomoción y normalmente se muestran elevadas. Este primer par de apéndices cuenta con una acumulación de estructuras sensoriales y su función es parecida a la de las antenas de las abejas. Que sepamos en estas patas se localizan receptores olfativos, gustativos, así como sensibles la temperatura y humedad (Valido *et al.*, 2014).

Padilla & Flores (2011), ratifican que todo el cuerpo está recubierto de diferentes tipos de quetas (pelos) y sabemos que algunos de ellos son de tipo sensorial: mecano y quimiorreceptores. También conocemos que varroa puede percibir luz y vibraciones, pero no hay datos que apoyen el uso de estos sentidos en la reproducción o en la búsqueda de un hospedador.

Padilla & Flores (2011), aclaran que el ciclo vital de las hembras incluye dos fases:

(I) la fase forética que se desarrolla sobre las abejas adultas y (II) la fase reproductiva que se desarrolla dentro de las celdillas de cría. En este ciclo la orientación química juega un papel fundamental, ya que varroa tiene que saber en qué momento se tiene que introducir en una celdilla de cría y cuándo se debe de encaramar al cuerpo de una abeja adulta.

Diferentes experimentos han mostrado que la cría de zángano es más parasitada que la de obrera: en caso de poder elegir, la varroa prefiere las celdillas de zángano. Si la celda es de zángano la varroa se introduce en ella entre 40 y 50 horas antes de que se opercule. En el caso de una celdilla de obrera la infestación se produce entre 10 y 20 horas antes de su cierre. Una vez que se termina un ciclo reproductivo, las nuevas varroas que emergen de las celdillas de cría van a buscar una nodriza para parasitarla, cuando tengan entre 4 y 14 días de edad buscarán una celda que contenga una larva de edad apropiada para poder reproducirse (González, 2013).

No todas las obreras adultas de la colonia tienen la misma probabilidad de ser infestadas por este parásito. La varroa prefiere nodrizas de una edad media, resultándole menos atractivas las obreras recién nacidas y las de mayor edad. Obviamente esta elección la realiza cuando realmente puede hacerlo, en una colonia con un bajo nivel de infestación. Si el nivel de infestación de la colonia es muy alto, el ácaro parasitará a casi cualquier abeja adulta disponible (Duarte *et al.*, 2005).

Resulta evidente que la varroa tiene preferencias por un determinado tipo de cría (zángano u obrera), que se introduce en la celdilla de cría en un determinado momento, y que prefiere abejas adultas de una determinada edad. Vamos a estudiar qué criterios (señales) usa para determinar cuándo se tiene que introducir en una celdilla de cría, o qué determina que prefiera a las nodrizas de una determinada edad para desollar su fase forética disponible (Duarte *et al.*, 2005).

Padilla & Flores (2011), legitiman que en experimentos realizados en laboratorio se ha demostrado que la varroa se siente atraída por diferentes extractos de cutículas de larvas. Sabemos que determinados ésteres de ácidos grasos de cadena larga, producidos por las abejas en desarrollo, actúan como feromonas de la cría y

determinan el sellado de las celdillas por las obreras. Estas mismas moléculas son las que atraen a varroa a las celdillas de cría para reproducirse y cerrar su ciclo vital.

Padilla & Flores (2011), afirman que podemos pensar que si sabemos que una determinada molécula atrae a la varroa hacia las celdillas de cría, podríamos usarla para fabricar trampas y atraer a la varroa hacia otra zona de la colmena para poder eliminarla. Esta sería una solución ideal, pero el procedimiento no es tan sencillo ¿por qué?, debido a que el ácaro no sólo valora los compuestos aromáticos referidos anteriormente, sino que también son atraídos por otros olores como son los producidos por los restos de muda presentes en las celdillas de cría, y los originados en la comida depositada en las mismas.

Padilla & Flores (2011), mencionan que en el juego de la atracción de la varroa no sólo hay compuestos aromáticos atrayentes, también hay sustancias con un probado efecto repelente, por ejemplo la jalea real. Para complicar algo más el panorama resulta que la invasión de varroa también está mediada por agentes no químicos. Antes de continuar es importante contestar una pregunta:

Si la contestación es afirmativa, la varroa tendrá las mismas probabilidades de introducirse en una celdilla u otra, pero si el tiempo dedicado es significativamente diferente los valores de probabilidad cambian.

La contestación a la pregunta planteada en el párrafo anterior es que no, dedican más tiempo al cuidado de la cría de zángano que de la cría de obrera. En términos absolutos dedican 2,7 veces más tiempo en atender las celdillas de zángano que las de obrera. Una conclusión que podemos obtener de esta observación es que si las nodrizas dedican más tiempo a atender la cría de zángano, los ácaros adheridos al cuerpo de las mismas tendrán mayores oportunidades de introducirse en las celdas de los futuros zánganos disponible (Duarte *et al.*, 2005).

Padilla & Flores (2011), atestiguan que conocemos que el tamaño y la edad de las celdillas de cría también influye en la decisión que toma la varroa. Así mismo sabemos que celdillas pequeñas y estrechas, con una pequeña separación entre la

larva y la pared, resultan más atractivas que las celdas anchas y alargadas artificialmente. También conocemos que el tamaño relativo de la larva en relación a su distancia al borde de la celdilla es otro factor que determina la decisión final de la varroa.

Padilla & Flores (2011), certifican que, basándonos en lo que sabemos podemos decir que diferentes compuestos aromáticos fabricados por las larvas en desarrollo o presentes en las celdillas de cría, determinan el momento en el que una varroa hembra adulta decide introducirse en una celdilla. Recordemos que los ácaros también valoran otros aspectos como la edad o el tamaño de las celdas de los panales.

Padilla & Flores (2011), documentan que Calderone y Kuenen han propuesto una hipótesis para intentar explicar los mecanismos que regulan la entrada de la varroa en una celdilla de cría. Según estos autores los factores físicos como el tamaño de las celdas, la distancia de la larva al borde y el tiempo que las nodrizas dedican al cuidado de la cría serían los factores primarios que determinarían la introducción de la varroa en las celdillas. En este momento entrarían en acción un segundo grupo de estímulos de tipo químico (olores) como son los compuestos aromáticos emitidos por las larvas, el olor de la comida almacenada en el fondo de la celda y el olor de los restos de mudas, que actuarían como estímulos que orientarían y retendrían al ácaro.

Padilla & Flores (2011), evidencian que los defensores de los estímulos químicos como atrayentes primarios de la varroa aún no han encontrado un compuesto aromático o una mezcla de ellos que nos permita engañar a la varroa. Es decir, no conocemos el “perfume” preferido por este ácaro. De todas formas son varios los grupos de investigadores que continúan trabajando en esta vía.

Padilla & Flores (2011), demuestran que, cuando finalmente la varroa se introduce en una celdilla de cría se desplaza al fondo de la misma y se sumerge dentro del alimento allí localizado.

Unas 5 horas después de que la celdilla conteniendo una abeja en desarrollo ha

sido sellada, varroa comienza a alimentarse de su hemolinfa. Para poder acceder a este fluido el ácaro utiliza los quelíceros (recordemos que están dotados de una uña) para romper la cutícula de la pupa.

Padilla & Flores (2011), atestiguan que normalmente la rotura se localiza en el 5º segmento de la pupa en desarrollo y esta zona recibe el nombre de “zona de alimentación”, la importancia de esta acción es vital para la hembra adulta y su futura descendencia. Cuando nazcan sus hijos tienen que alimentarse y ellos por sí mismos no son capaces de romper la cutícula de una pupa.

Padilla & Flores (2011), certifican aproximadamente a las 70 horas después de la operculación, la varroa pone su primer huevo, que normalmente no se encuentra fertilizado y dará lugar a la producción de un macho. La varroa continuará poniendo huevos con intervalos de 30 horas. El tiempo de desarrollo de los mismos será de 6,6 días en el caso de los machos y 5,8 en el de las hembras.

Padilla & Flores (2011), documentan que conforme los descendientes van naciendo acuden a la “zona de alimentación”, una vez alimentados se desplazan hacia otra zona de la celdilla denominada “lugar de acumulación fecal”. Esta segunda zona también es muy importante debido a que en ella es donde están los machos esperando a sus hermanas para fecundarlas.

Lo normal es que el apareamiento del macho con cada hembra sea múltiple. Los machos son atraídos por feromonas producidos por las varroas hembras y sabemos que las más jóvenes son más atractivas que sus hermanas de mayor edad. Durante su vida una varroa hembra puede realizar hasta 7 ciclos reproductivos, pero por suerte esto se da sólo en laboratorio. En condiciones de campo lo normal es que las hembras realicen 2 o 3 ciclos a lo largo de su vida.

Schmidt *et al.*, (2005), certifican que otra cuestión muy importante para nosotros es conocer su tasa reproductiva, es decir, el número de descendientes viables (hembras adultas fecundadas) que se producen en cada ciclo de cría. En los estudios realizados, sobre todo en colmenas localizadas en regiones con clima templado, se ha encontrado que esta tasa alcanza un valor de entre 1,3 y 1,4 en el

caso de las celdillas de obrera, y de 2,2 y 2,6 en el de las de zángano.

Padilla & Flores (2011), afirman que una cuestión final y de gran importancia biológica reside en saber si todas las hembras de la varroa que se introducen en las celdillas de cría se reproducen. Sabemos que afortunadamente esto no ocurre, que hay ácaros que por algún motivo no llegan a reproducirse. Si la varroa no consigue reproducirse hablamos de falta de éxito reproductivo y este fracaso reproductivo puede tener dos orígenes diferentes: (I) con un origen en el parásito, por ejemplo, que el ácaro no esté fecundado o que tenga problemas de tipo reproductivo, o (II) con raíz en la abeja en desarrollo, por ejemplo, que sus cualidades nutritivas no sean adecuadas para el desarrollo de varroa. Si la falta de éxito reproductivo tiene su origen en el ácaro varroa en sí misma esta, vía de investigación se vuelve menos interesante.

El origen del fallo reproductivo está en algo relacionado con la abeja en desarrollo su importancia se incrementa notablemente, debido a que se abre un camino para poder seleccionar abejas en las que este ácaro tenga problemas para reproducirse. No hay muchos trabajos que aborden esta cuestión, pero los estudios realizados apoyan la idea de que la fertilidad del parásito y su éxito reproductivo, es una cuestión más relacionado con el hospedador (abeja) que con el parásito (Padilla & Flores, 2011).

5. Cuadro clínico

Moyón (2013), menciona que la parasitosis comienza sin signos visibles de enfermedad, por lo que el apicultor no se percata de su presencia. Para cuando se manifiesta, es porque el caso ya empieza a ser grave; entre los principales signos que podemos observar están los siguientes; las abejas se muestran “nerviosas” (inquietas), se observa la presencia de uno o varios ácaros en el cuerpo de algunas abejas (esto no es fácil de detectar ya que los parásitos se esconden casi totalmente entre los segmentos abdominales), hay mortandad en la cría, algunas abejas emergen con malformaciones en las alas, patas abdomen y tórax; otras abejas carecen de alas o no las pueden extender.

Moyón (2013), confirma que generalmente las abejas malformadas son sacadas de la colmena y se observan arrastrándose en la piquera. Es notoria la reducción en el tamaño del cuerpo de estas abejas. Las obreras parasitadas, se observan frotando sus patas en las zonas de su cuerpo donde están los parásitos para deshacerse de ellos, o bien en muchas ocasiones restriegan su cuerpo en las paredes de una celdilla metiendo la cabeza y tórax en ésta. Si se abre una celdilla (especialmente las de zánganos que son las más afectadas), podrán observarse ácaros en distintas etapas de desarrollo. Es notorio también que la cantidad de zánganos decrece.

Las larvas parasitadas mueren e ingresan en un proceso de putrefacción desprendiendo olor. Las abejas limpiadoras retiran estas larvas muertas royendo los opérculos para limpiar las celdas. Esta remoción es rápida por ello el opérculo roído no tiene la forma uniforme que presenta cuando la larva ha nacido. Se puede interpretar que arrancan parte de ellos quedando un borde aserrado (Ayala & Rojas, 2012).

6. Diagnóstico

Berdugo & Vivas (2016), certifican que el diagnóstico es una evaluación general que se realiza en las colonias del apiario para conocer el grado de infestación de las colmenas. Se sugiere realizar el diagnóstico dos veces por año, tomando al azar una muestra del 15 % de las colonias que se encuentran en los extremos del apiario.

La información que se obtenga servirá para tener elementos en la toma de decisiones de acuerdo a aplicar el tratamiento correspondiente (Berdugo & Vivas, 2016).

a. Diagnóstico en la cría

Berdugo & Vivas (2016), afirman que se debe tomar un panal de cría, del cual se abren 100 celdas de cría, para sacar con cuidado las larvas. Contar el número de larvas infestadas con la varroa. Si la tasa de infestación es inferior a 10 % (10 varroa

por 100 larvas), la colonia no necesita tratamiento con urgencia. Si la tasa es superior a 10 %, la colonia requiere un tratamiento, responde a la formula siguiente:

$$\% \text{ de infestación} = \frac{\text{No. de celdas con varroas}}{\text{No. de celdas desoperculadas}} \times 100$$

b. Método cartulina

Moyón (2013), señala que se debe colocar una cartulina o lámina de aluminio grasosa por la piquera de la colonia durante 24 horas, sacarla, contar el número de varroa pegadas a la lámina. Si cayeron menos de 10 varroa en 24 horas, la colonia no necesita tratamiento con urgencia. Si cayeron más de 10 varroa en 24 horas, la colonia requiere un tratamiento. Este método es el más fácil de todos, por lo cual es el más recomendable.

c. Método de charola

Moyón (2013), certifica que para este método se requiere el uso de Charolas formadas con triplay o fribracel de 3 mm de grosor de 33 x 45 cm, con un marco de 2 cm de espesor por uno de alto, abierto en uno de sus lados cortos; la cara superior de la charola (la misma que tiene el marco), se cubre con una malla criba cuadrículada (8 cuadros por pulgada lineal), de tal forma que se forma un espacio entre la malla y el triplay, en el cual se introducirá una hoja de papel, cartoncillo o cartulina blanca impregnada de grasa vegetal y/o aceite automotriz.

Manrique & Egea (2004), prueba que, en el piso de la colmena, se coloca la charola con el papel engrasado, evitando obstruir por completo la piquera, se deja por espacio de siete días. Transcurrido este tiempo se retira, con sumo cuidado se extrae la cartulina y se revisa para detectar la presencia de ácaros.

Esta técnica no se obtiene un porcentaje de infestación, sino una estimación de la población de varroas en la colmena, a través del conteo de los ácaros que mueren diariamente en forma natural, por tal motivo es importante que para este fin no utilizar acaricidas. Para obtener este resultado, se hace la lectura de las varroas en la cartulina y se aplica la fórmula siguiente:

$$\text{Varroas muertas por día} = \frac{\text{No. de varroas encontradas}}{\text{Días de exposición de la charola}}$$

Con el resultado obtenido, se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

- (- de 5) Varroas por día = infestación baja.
- (6 – 10) Varroas por día = infestación media.
- (+ de 10) Varroas por día = infestación alta.

d. Diagnóstico en las abejas adultas (Prueba de David De Jong)

Moyón (2013), menciona que esta técnica es muy sencilla y económica; para ello, se prepara un recipiente para “colar” abejas el cual se elabora con una botella de plástico, a la que se corta el fondo y se le coloca una malla criba (con cuadros de 4 mm por lado) en el extremo de la boca. Se tapa la botella, se invierte de su posición normal y se llena hasta su parte media con agua jabonosa. Del centro de la colmena, se toma una muestra de 200 abejas (empleando el colador) y se agita durante 3 a 5 minutos. Se destapa y se vierte el líquido sobre un paño blanco colocado sobre un recipiente de boca ancha. Las abejas permanecerán en la botella detenidas por la malla criba, el líquido entrará al recipiente de boca ancha y los ácaros quedarán sobre el paño blanco donde podrán ser identificados fácilmente. La fórmula para evaluar el porcentaje de infestación es la siguiente:

$$\% \text{ de infestación} = \frac{\text{No. de ácaros colectados}}{\text{No. de abejas tomadas}} \times 100$$

Las observaciones en campo han indicado que lo recomendable es mantener infestaciones lo más cercano posible a cero, considerándose que cuando se alcancen porcentajes superiores al 10 % será necesario un tratamiento de tipo químico a la brevedad posible.

D. COMPORTAMIENTO DEFENSIVO

Nates (2011), acevera que una de las labores que desempeñan las obreras de A.

mellífera es la defensa de la colonia. El primer contacto que mucha gente tiene con la abeja de miel, es precisamente con su comportamiento defensivo, y más aún después de la introducción de la abeja africana (*A. mellífera scutellata*) en América del Sur y su posterior dispersión a través de la región tropical y subtropical del Nuevo mundo. Estudios recientes mencionan que el comportamiento defensivo involucra al menos dos tareas diferentes desempeñadas por obreras especializadas.

1. Comportamiento de guardia a la entrada del nido

Nates (2011), ratifica las obreras que vuelan y participan en ataques masivos siguiendo una secuencia básica.

2. Guardianas especializadas

Nates (2011), menciona que obreras que patrullan la entrada y examinan las abejas entrando al nido y que tienen capacidad de reconocer a sus compañeras por el olor de su cutícula, abejas que no pertenecen al nido son rechazadas y agredidas, los factores que desencadenan la respuesta de aguijonear: movimientos fuertes, vibraciones del sustrato, feromonas de alarma u otros olores.

Se determinó que ese comportamiento podía subdividirse en varias fases, tomadas desde el momento que la abeja inicia su defensa, el número de aguijones que pueden dejar en un “intruso” (una lámina de cuero o una bola de gamuza), la distancia de persecución, o el número de abejas que salen de la colonia en respuesta a una feromona de alarma; además se observaron fenotipos defensivos diferentes atribuibles a factores genéticos (Nates, 2011).

Nates (2011), confirma que las líneas más defensivas responden más rápido a cualquiera de los estímulos desencadenantes del comportamiento de defensa. Por medio de cruzamientos entre cepas defensivas y mansas para obtener híbridos (F1) y en algunos casos retrocruzamientos, se determinó la dominancia genética para el carácter “aguijonear” lo cual puede ser ventajoso para abejas en áreas donde hay alto grado de depredación, pero desventajosa para apicultores en las labores

de cría y manejo.

Aguirre (2005), indica los diferentes trabajos involucrando cruzamientos entre cepas de abejas europeas, cepas de abejas africanas e híbridos produjeron resultados variables, algunas veces mostrando dominancia y otras veces aditividad. Otros trabajos han mostrado correlaciones fenotípicas entre caracteres morfológicos, como tamaño del cuerpo o tamaño de las alas, y comportamiento defensivo; sin embargo, no hay evidencias de correlaciones genéticas.

E. EL EFECTO DE LA *Varroa destructor* EN LA PRODUCCIÓN DE MIEL

Medina & Guzmán (2011), señalan que aun cuando existen múltiples evidencias del daño que ocasiona el ácaro *Varroa destructor* a las colonias de abejas melíferas, no hay muchos trabajos que establezcan el daño que las infestaciones por varroa causan a la producción de miel en colonias que sobreviven a la parasitosis. En México en particular, sólo un estudio realizado con abejas africanizadas ha demostrado el efecto de trimental de la varroosis a la producción de miel. En el Valle de Bravo, Estado de México, colonias tratadas con un acaricida contra *V. destructor* produjeron significativamente más miel que colonias no tratadas. Pese a lo anterior, se requieren más estudios que establezcan la relación parásito-producción de miel en muchas más regiones del país, ya que se sabe que tanto las condiciones ambientales como el tipo de abeja, pueden influir en el efecto de la varroosis sobre la fisiología y productividad de las abejas.

Sanabria *et al.*, (2015), asevera que trabajando con abejas africanizadas reportaron que colonias tratadas con fluvalinato, produjeron 66,0 % más de miel en comparación con colonias no tratadas.

El daño a la producción de miel posiblemente se deba a una reducción en el periodo de vida de las abejas, lo cual provoca una reducción en la población de la colonia y consecuentemente cada colonia cuenta con menos individuos para la colección de néctar y su transformación en miel. Además, la varroa puede transmitir patógenos bacterianos, fungales y virales, los cuales afectan la vida y desempeño físico de las abejas (Arca *et al.*, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se desarrolló en los apiarios de las provincias de Chimborazo y Tungurahua, y el trabajo de laboratorio en el Laboratorio de Biotecnología Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias Panamericana Sur km 1.5 de la ciudad de Riobamba.

El trabajo experimental tuvo una duración de 120 días, en los sectores de: Guachi chico, Cevallos, Mocha, Pelileo (Tungurahua); Chambo, Licán, Yaruquies, Quimiag, Guano (Chimborazo).

Las condiciones meteorológicas de la provincia de Tungurahua se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

PARÁMETROS	VALORES PROMEDIO
Temperatura	12,5 °C
Altitud	2645 msnm
Humedad relativa	72 %
Precipitación	561,3 mm

Fuente: Anuario meteorológico de Granja Experimental Docente Querochaca (2017)

Las condiciones meteorológicas de la provincia de Chimborazo se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

Parámetros	Valores promedio
Temperatura	13,8 °c
Altitud	2754 msnm
Humedad relativa	63,2%
Precipitación	465,3 mm

Fuente: Estación Agrometeorológica de la F.R.N. de la ESPOCH (2017).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron 16 apiarios, los cuales están situados en las provincias de Chimborazo y Tungurahua distribuidos de la siguiente manera:

10 apiarios en la provincia de Chimborazo y 6 apiarios en la provincia de Tungurahua, cada apiario representa una unidad experimental.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

1. De campo

a. Materiales

- Colmenas.
- Ahumador.
- Palanca.
- Pinza apícola.
- Punzón.
- Papel.
- Lápiz.
- Marcador.

- Fundas.
- Frascos de plásticos.
- Resma de papel A4.

b. Equipo

- Equipo de apicultura (guantes, overol, velo, botas de caucho).
- Computadora.
- Impresora.
- Cámara fotográfica.

2. De laboratorio

a. Materiales

- Tubos de ensayo.
- Pipetas.
- Pera de succión.
- Gradillas.
- Papel filtro.
- Coladores.
- Paletas.
- Porta y cubre objetos.
- Papel toalla.
- Guantes quirúrgicos.
- Mandil.
- Cuaderno de apuntes.
- Esferográficos.
- Marcador.

b. Equipos

- Microscopio.

- Cámara fotográfica.

c. Reactivos

- Solución salina.

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Por ser una investigación de tipo de diagnóstico no se plantea la evaluación de tratamientos sino fueron los resultados del diagnóstico los que determinen el número y tipo de grupos conductuales distintos que se trabajaron.

1. Esquema del experimento

Para la presente investigación el esquema del experimento quedó establecido tal como se detalla en el cuadro 3.

Cuadro 3. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIGIÉNICO E INFESTACIÓN POR *Varroa destructor* EN ABEJAS (*Apis mellifera*) EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR.

Provincia	Apiario	Código	Muestreo	T.U.E	Total
Tungurahua	1	T1	5	1	5
	2	T2	5	1	5
	3	T3	5	1	5
	4	T4	5	1	5
	5	T5	5	1	5
	6	T6	5	1	5
Chimborazo	7	CH7	5	1	5
	8	CH8	5	1	5
	9	CH9	5	1	5
	10	CH10	5	1	5
	11	CH11	5	1	5
	12	CH12	5	1	5
	13	CH13	5	1	5
	14	CH14	5	1	5
	15	CH15	5	1	5
	16	CH16	5	1	5
TOTAL				16	80

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las variables experimentales evaluadas durante el experimento fueron:

1. Conducta higiénica

- Porcentaje de eficiencia higiénica.

2. Conducta del ácaro *Varroa destructor*

- Porcentaje de infestación de abejas por el ácaro *Varroa destructor*.

3. Indicador Productivo

- Producción de miel (kg/año/colmena).

F. ANALISIS ESTADISTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados experimentales fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Verificación de hipótesis a través de contrastes ortogonales.
- Separación de medias según la prueba de Tukey a los niveles de significancia de $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$.

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo experimental tuvo una duración de 120 días, donde los apiarios de estudio estaban distribuidos en las dos provincias Chimborazo y Tungurahua.

Las colmenas utilizadas fueron seleccionadas y aceptadas uniformizando la base con una altura de 50 cm del suelo sobre la base de madera o metal, utilizando colmenas estándar de tipo Langstroth.

Posteriormente se realizó el sorteo pertinente de los apiarios y por ende las respectivas repeticiones, se procedió a codificarlas de acuerdo a lo señalado por el sorteo.

Para la investigación se siguió un protocolo riguroso en donde para evitar errores, iniciando para la evaluación una hora determinada que fue esta a las 11:00 am evaluando la conducta higiénica, toma de muestra de abejas para determinar el ácaro varroa y la utilización de registro de producción de miel. Esto se lo realizó en días donde la temperatura tenía un promedio de 20 grados celsius aproximadamente, a más que la conducta higiénica se la evaluó en dos instancias por el método del punzón en primera instancia a las 11:00 am y después de las 24 horas; para esto se utilizó panales de cría operculada.

Esto se aplicó a todos los apiarios y en todas las repeticiones.

Es importante señalar que a estas colmenas no se instauró ningún tratamiento para controlar del ácaro varroa antes, ni durante la investigación.

H. MEDICIONES EXPERIMENTALES

1. Conducta higiénica

Se realizó la evaluación de la conducta higiénica a través del método del punzón el cual tiene un tamaño de 10x10 cm = perforando 100 celdas, el cual está hecho con agujas, se pincharon los panales de crías operculadas causando residuos y cadáveres dentro de las celdas, después de un lapso de las 24 horas se verificó las celdas libres de cadáveres de larvas de abejas, ayudado con una cámara fotográfica para posteriormente ser tabulados los datos a través de la fórmula.

$$\% \text{ CH} = \frac{\text{No. de celdas limpias}}{\text{No. total de celdas}} \times 100$$

Recordando que la conducta higiénica significa la capacidad que tiene las abejas para ser eficiente para la limpieza internamente en la colmena, su propia naturaleza hace que las abejas tengan esta conducta, sin embargo, se hace necesario evaluar. Se habla de buen comportamiento de limpieza, cuando son mayores al 80 % las celdas limpias.

2. Conducta de ácaro *Varroa destructor*

Se procedió a tomar muestras en un frasco de plástico esterilizados de 100 abejas y llevarlas al laboratorio para la prueba de David De Jong que nos dará como resultado la tasa de infestación que tiene cada colmena.

En el laboratorio se procedió de la siguiente manera, en un vaso de precipitación se deposita la muestra de abejas adultas tomada en el campo, en el cual tiene una solución jabonosa homogénea (detergente 20g para 200 cm³ de agua), posteriormente se agitó la muestra por un espacio de 3 minutos.

Para luego ser llevado a otro recipiente para “colar” abejas en un vaso de precipitación de 500 cm³, al mismo se colocó un papel filtro para que ahí repose el

ácaro varroa y una malla criba (con cuadros de 4 mm por lado) tratando de separar las abejas del ácaro varroa.

La solución jabonosa resultó al interior del vaso, el ácaro varroa quedó en el papel filtro y las abejas permanecieron en la malla criba. Para finalmente ser tabulado aplicando la siguiente fórmula para evaluar el porcentaje de infestación:

$$\% \text{ de infestación V. D.} = \frac{\text{No. de ácaros colectados}}{\text{No. de abejas en la muestra}} \times 100$$

3. Indicador Productivo

a. Producción de miel (kg/año/colmena)

La determinación de la producción de miel se consideró lo producido por colmena, año en kilogramos cosechados de miel en base a los registros llevados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CONDUCTA HIGIÉNICA DE LA POBLACIÓN DE *Apis mellífera* EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR

La conducta higiénica de los apiarios evaluados en la zona centro de Ecuador presentaron diferencias ($P < 0,05$), por efecto de los lugares de procedencia de los apiarios (cuadro 5), obteniendo una mejor conducta higiénica en el apiario Chimborazo 8 (94,5 %) y la menor conducta higiénica se observó en Chimborazo 16 (52,10 %).

Cuadro 4. Conducta higiénica de la población de *Apis mellífera* en la zona centro de Ecuador.

Apiarios	Conducta higiénica promedio (%)	Valoración
Tungurahua 1	74,10 abc	Levemente higiénicas
Tungurahua 2	80,40 abc	Moderadamente higiénicas
Tungurahua 3	73,70 abc	Levemente higiénicas
Tungurahua 4	80,80 abc	Moderadamente higiénicas
Tungurahua 5	82,90 abc	Moderadamente higiénicas
Tungurahua 6	88,20 ab	Moderadamente higiénicas
Chimborazo 7	83,50 abc	Moderadamente higiénicas
Chimborazo 8	94,50 a	Moderadamente higiénicas
Chimborazo 9	66,50 bcd	Levemente higiénicas
Chimborazo 10	80,20 abc	Moderadamente higiénicas
Chimborazo 11	78,60 abc	Moderadamente higiénicas
Chimborazo 12	73,80 abc	Levemente higiénicas
Chimborazo 13	65,80 bcd	Levemente higiénicas
Chimborazo 14	63,60 cd	Levemente higiénicas
Chimborazo 15	79,80 abc	Moderadamente higiénicas
Chimborazo 16	52,10 d	Levemente higiénicas
E.E.	4,45	

E.E.: Error Estándar.

Las colmenas de abejas cuyas obreras detectan, desoperculan y remueven más del 95 % de la cría muerta se consideran altamente higiénicas, aquellas colmenas cuyas abejas removieron entre el 75 y 95 % de la cría muerta fueron consideradas

moderadamente higiénicas y las colmenas cuyas obreras removieron la cría muerta con una tasa menor al 75 % fueron consideradas levemente higiénicas.

La conducta higiénica de las abejas en la provincia de Tungurahua, comprende desde el 73,70 % hasta el 88,20 % (gráfico 1), lo cual determina que tienen una valoración de moderadamente higiénica; sin embargo, los apiarios 1 y 3 presentaron una valoración de levemente higiénicas. En tanto las colmenas de Chimborazo presentaron una conducta higiénica entre el 52,10 % y el 94,50 %; los apiarios 16, 14, 13, 12 y 9 de la provincia de Chimborazo presentan una valoración de levemente higiénicas, lo que indica problemas con estas colmenas.

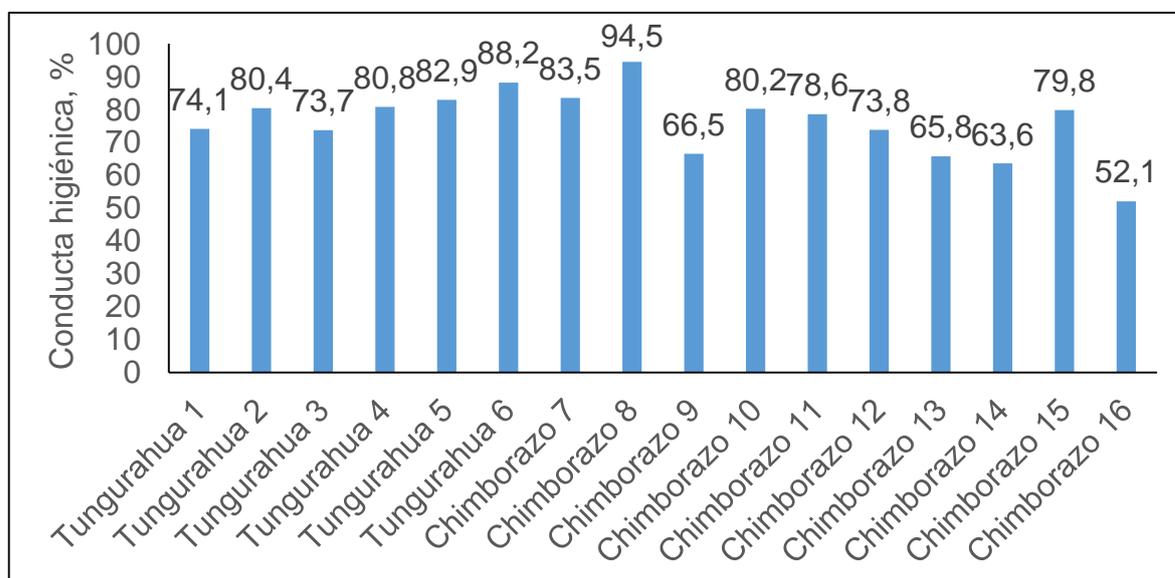


Gráfico 1. Conducta higiénica de la población de *Apis mellífera* en la zona centro del Ecuador.

El comportamiento higiénico de la abeja melífera (*Apis mellífera*) se puede definir como la habilidad que tienen las obreras para detectar, desopercular y remover las crías enfermas desde la cámara de cría hacia el exterior de la colonia. Este comportamiento es considerado como un mecanismo natural de resistencia de las abejas ante ciertas enfermedades, por lo que siempre se buscará colmenas fuertes con un alto porcentaje de comportamiento higiénico.

Rothenbuhler (1964), demostró que el comportamiento higiénico de las abejas es controlado por dos genes recesivos independientes: uno responsable de

desopercular la cría enferma y el otro responsable de remover la cría enferma fuera del nido de cría.

Principal *et al.*, (2008), evaluaron 82 colmenas en similares condiciones de manejo, reportando el mismo comportamiento higiénico en varios ensayos consecutivos, lo que determina que las abejas expresan este comportamiento constantemente. El 59% de las colmenas evaluadas exhibieron una alta expresión del comportamiento higiénico, con valores promedio mayores al 95 % en la tasa de remoción de pupas muertas. El 17 % de las colmenas presentaron una leve manifestación del comportamiento higiénico, con valores promedio menores al 75 %, mientras que el 24 % restante de las colmenas presentaron un comportamiento higiénico moderado con una tasa de remoción de pupas muertas entre 75 y 95 %.

Colonias menos vigorosas reducen marcadamente su capacidad higiénica y la abundancia de flujo nectarífero guarda una relación directa con la expresión de este comportamiento, mientras que, otros autores argumentan que la expresión del comportamiento higiénico depende de varios factores, como los ambientales, condición de fortaleza de la colmena, requerimientos de espacio de la colmena, estructura y composición de la edad de las obreras, entre otros.

Los resultados reportados en la presente investigación concuerdan con los datos reportados por Spivak & Downey (1998), para estudios de campo realizados en Minnesota, los cuales evaluaron el comportamiento higiénico en colmenas mediante dos métodos distintos. Estos autores reportaron que las colonias presentaron valores variables en la tasa de remoción de pupas muertas los resultados mostraron valoraciones de comportamiento higiénico, no higiénico e intermedio. Las colmenas que removieron más del 95 % de la cría muerta en 48 h fueron consideradas como altamente higiénicas y las que se demoraron más de 6 días en remover la cría muerta fueron consideradas no higiénicas.

Palacio *et al.*, (2005) indicaron que puede determinarse el comportamiento higiénico de una colonia luego de pocas horas de perforar las celdas con un alfiler, debido a que las abejas limpiadoras perciben más fácilmente el olor que producen las crías muertas a través de la perforación experimentalmente realizada para

matar a la cría.

Ponce & Marcangeli. (2000) al estudiar la conducta higiénica de varias colmenas en Argentina indicaron una gran variación en el grado de manifestación del comportamiento higiénico en las abejas evaluadas, categorizando las colonias como comportamiento higiénico alto para aquellas colonias que expresaron una tasa de remoción mayor del 80 % y menor comportamiento higiénico a las inferiores del 70 %. Las colmenas valoradas con alto comportamiento higiénico manifestaron una menor incidencia de enfermedades infectocontagiosas.

Arca *et al.*, (2016), evaluaron el comportamiento higiénico en 15 colmenas en el Perú, obteniendo una conducta higiénica promedio de 71,75 %, lo que significa que presentan un carácter de levemente higiénicas.

En otros países Ayala *et al.*, (2012), evaluaron la conducta higiénica de 46 colmenas de diferentes municipios de Nicaragua, las colmenas evaluadas a las 6 horas mostraron que solo 7 de 14 colmenas mostraron un comportamiento higiénico aceptable (> 75,0 %). Mientras que en Cuba Pérez & Demedio (2014), en 15 colmenas obtuvo una respuesta de 90,3 % de conducta higiénica en las abejas, lo que nos indica que estas colmenas presentan una moderada conducta higiénica.

B. RELACIÓN DE LA *Varroa destructor* EN LA POBLACIÓN DE *Apis mellífera* EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR

La relación de la *Varroa destructor* de los apiarios evaluados en la zona centro de Ecuador presentaron diferencias ($P < 0,05$), por efecto de los lugares de procedencia de los apiarios (cuadro 6), obteniendo una mayor infestación en el apiario Tungurahua 4 (9,71 %) y una menor infestación en el apiario Chimborazo 8 (0,42 %).

Cuadro 5. RELACIÓN DE LA *Varroa destructor* EN LA POBLACIÓN DE *Apis mellífera* EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR.

Relación <i>Varroa destructor</i> /Abejas (%)	
<u>Apiarios</u>	
Tungurahua 1	6,23 ab
Tungurahua 2	8,56 ab
Tungurahua 3	4,15 ab
Tungurahua 4	9,71 a
Tungurahua 5	0,81 ab
Tungurahua 6	1,23 ab
Chimborazo 7	1,42 ab
Chimborazo 8	0,42 b
Chimborazo 9	1,72 ab
Chimborazo 10	1,93 ab
Chimborazo 11	2,23 ab
Chimborazo 12	2,46 ab
Chimborazo 13	4,41 ab
Chimborazo 14	4,72 ab
Chimborazo 15	2,85 ab
Chimborazo 16	7,51 ab
Error Estándar	1,78
Probabilidad	4,2E-03

Sanabria *et al.*, (2015), manifiestan que el porcentaje de infestación con varroa en una colmena sana debería ser menor al 5 %, en la presente investigación el porcentaje de varroa en la provincia de Tungurahua se encuentran entre 0,81 % y 9,71 %; mientras que para la provincia de Chimborazo presenta rangos entre 0,42 % y 7,51 % (gráfico 2).

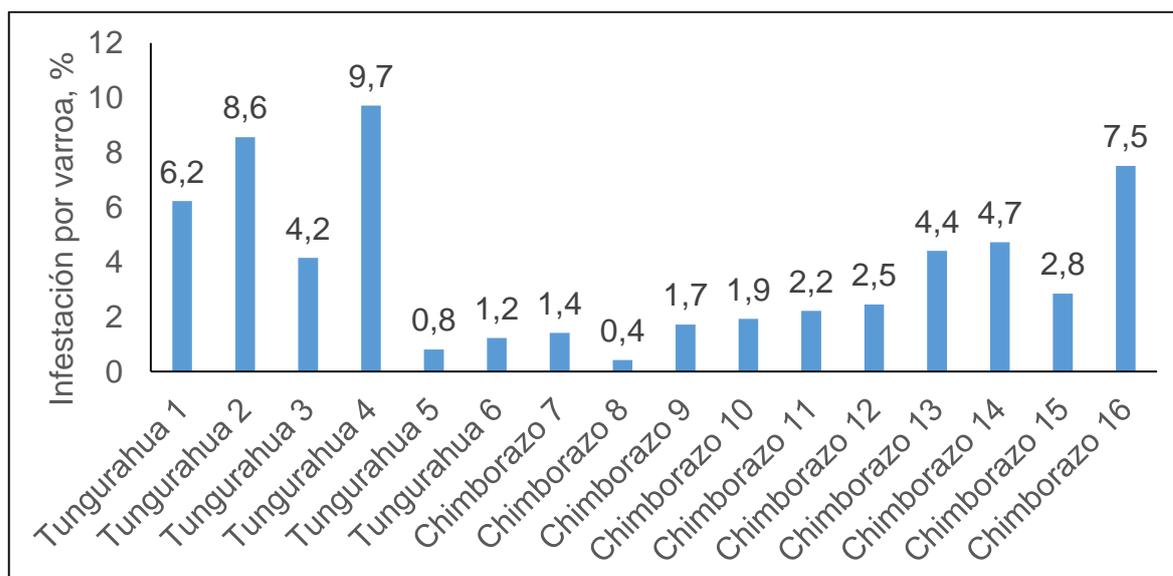


Gráfico 2. Infestación por varroa de la población de *Apis mellífera* en la zona centro del Ecuador.

Mientras que Sanabria *et al.*, (2015), al evaluar el nivel de infestación con varroa en colmenas de Cuba, reportó un promedio de 3,61 %; este valor se encuentra dentro del rango reportado en la presente investigación, debido a que esta variabilidad depende de acuerdo al país de origen de las abejas, razas, tiempo transcurrido desde el último tratamiento y edad de las reinas. En las abejas de origen europeo, evaluadas en la ciudad de México se han observado porcentajes de presencia de varroa entre 4,7 % y 11,55 %, en todos estos casos, fueron colmenas tratadas con químicos al menos una vez al año. Otro autor (Pérez, 2005), reportó niveles de infestación entre 1,03 % y 3,67 % a los 10 y 12 meses pos tratamiento, mientras que en las mismas colmenas pasados casi tres años después del último tratamiento, este rango ascendió a 5,24 % y 4,69 % de infestación por varroa, sin embargo, estos datos son inferiores con respecto a los reportados en este trabajo, esto se puede deber al clima y la raza de abejas.

Manrique & Egea (2004), evaluaron la tasa de infestación por varroas en abejas africanizadas reportando un intervalo entre 1,04 % y 5,77 %; los resultados obtenidos muestran que la tasa de infestación de varroa es mayor cuando aumenta la oferta nectarífera y la producción de propóleos. Medina *et al.*, (2011), determinaron un porcentaje de infestación por varroa de 15,21 %, al estudiar 32 colmenas de abejas africanizadas, este nivel es superior a los reportados en la

presente investigación esto se puede deber a que estas colmenas no fueron tratadas contra la varroa durante dos años.

C. PRODUCCIÓN DE MIEL DE LA *Apis mellífera* EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR

La producción de miel de los apiarios evaluados en la zona centro de Ecuador presentaron diferencias ($P < 0,05$), por efecto de los lugares de procedencia de los apiarios (cuadro 7), obteniendo una mayor producción de miel en el apiario Tungurahua 1 (32,2 kg/colmena/año) y una menor producción de miel en el apiario Chimborazo 8 (12,6 kg/colmena/año).

Cuadro 6. PRODUCCIÓN DE MIEL EN LA ZONA CENTRO DE ECUADOR.

Apiarios	Producción de Miel (kg/colmena/año)
Tungurahua 1	32,20 a
Tungurahua 2	20,40 cd
Tungurahua 3	20,00 cd
Tungurahua 4	21,80 bcd
Tungurahua 5	21,00 cd
Tungurahua 6	18,40 de
Chimborazo 7	16,80 de
Chimborazo 8	12,60 e
Chimborazo 9	20,40 cd
Chimborazo 10	20,80 bcd
Chimborazo 11	17,80 de
Chimborazo 12	17,40 de
Chimborazo 13	19,40 de
Chimborazo 14	18,00 de
Chimborazo 15	27,80 abc
Chimborazo 16	28,60 ab
E.E.	1,39
Prob.	2,7E-13

La producción de miel en las colmenas evaluadas en la provincia de Chimborazo se encuentra entre los 12,60 y 28,60 kg/colmena/año; mientras que en la provincia de Tungurahua el promedio de producción de miel de abeja se encuentra entre

los 18,40 y 32,20 kg/colmena/año (gráfico 3).

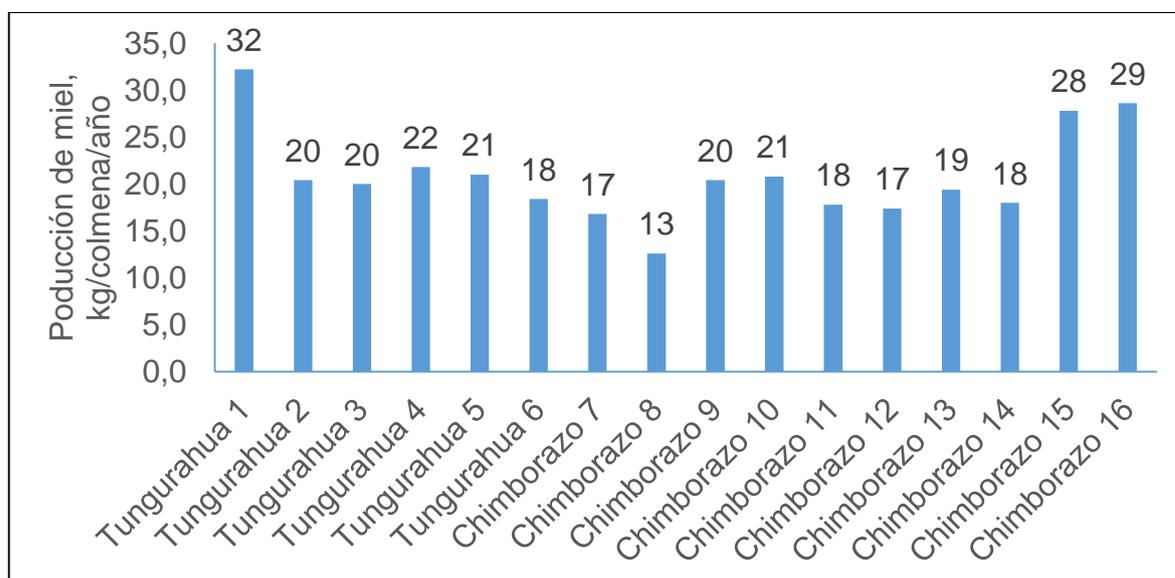


Gráfico 3. Producción de miel en la zona centro del Ecuador.

Guaya (2016), al estudiar el efecto de un suplemento proteico y energético durante la época de escasez de floración, reportó producciones de miel de 16,25 litros (22,75 kg) al año, esta producción se encuentra dentro del rango reportado en la presente investigación.

Lo contrario sucedió al evaluar la producción de miel con reinas puras de raza Caucásica, en época de mayor floración, en la provincia de Zamora Chinchipe, reportando una producción de 10,23 kg/año/colmena; mientras que bajo estas mismas condiciones se evaluaron a colmenas de abejas criollas reportando producciones de miel de 20,58 kg/año/colmena, además del tipo de abejas la diferencia en la producción se puede explicar a que durante el año de evaluación existieron varios meses bajo condiciones de clima desfavorables lo que tuvo como consecuencia una baja presencia de floración en plantas de interés para la apicultura (Guaya, 2006).

D. PLAN DE MEJORAMIENTO APÍCOLA

En todas las colmenas evaluadas en las provincias de Chimborazo y Tungurahua se observó la presencia de varroa, así mismo se comprobó que todas estas

presentan una buena conducta higiénica, esto nos permite partir de una problemática definida para proponer un plan de mejoramiento apícola para estas provincias.

1. Antecedentes

El desarrollo de la apicultura en el Ecuador, se remonta a épocas remotas, con el correr de los años y la evolución de la humanidad, los sistemas de producción de miel, el manejo de las colmenas y las abejas se han tenido que adecuar a los estándares de calidad e innovación tecnológicas. El mercado actual exige que los productos obtenidos y que son destinados para la alimentación humana, provengan de explotaciones sustentables. Por lo tanto, el control sanitario de las abejas es un puntal importante para mejorar las producciones apícolas en nuestro país.

2. Objetivo general

Proponer y validar un plan de mejoramiento apícola en base a los resultados obtenidos en la presente investigación.

a. Objetivos específicos

- Diseñar estrategias para el mejoramiento de las producciones apícolas en las provincias de Tungurahua y Chimborazo.
- Mejorar el control sanitario de las colmenas de la provincia de Chimborazo y Tungurahua.

3. Acciones a ejecutarse

En los 16 apiarios evaluados en las provincias de Chimborazo y Tungurahua se reportaron problemas con varroa incluso en algunos apiarios la conducta higiénica es baja, a continuación, se redactan una serie de recomendaciones que se deberán implementar para mejorar las condiciones sanitarias de las colmenas y

por lo tanto obtener mejores réditos económicos.

a. Medidas de prevención y control

El apicultor debe utilizar uniformes y herramientas limpias, esto evitará que sea portador y transmisor de enfermedades.

El apicultor debe revisar sus colmenares frecuentemente para detectar cambios en el comportamiento de las abejas o signos sugerentes a la presencia de enfermedades. Además, se considerará aspectos como:

Durante los meses de sequía:

- Existencias suficientes de reservas de miel y polen.
- La reducción en el espacio interior de la colmena a fin de mantener abrigada a la colonia.

Durante los meses lluviosos:

- Controlar la ventilación de la colmena para evitar la concentración de la humedad en las paredes internas.
- Revisar el estado de la colmena, en especial, de las larvas.
- La reducción en el espacio interior de la colmena, a fin de mantener abrigada a la colonia.

Se debe proporcionar alimentación artificial de forma oportuna y eficiente, ésta debe proveer los nutrientes requeridos por las abejas, por lo que se debe aportar carbohidratos y alguna fuente proteica en caso de ser necesario, para mantener colonias fuertes con abundante población.

Se debe manejar la piquera procurando mantener un sistema de ingreso y salida del aire.

Al detectarse condiciones anormales en la piquera y los alrededores de la

colmena, deberá marcarse y posponerse la revisión de ésta para el final.

Se debe realizar el cambio de abejas reinas al inicio de cada temporada.

Se recomienda utilizar criterios de selección para el mejoramiento genético al momento del cambio (masedumbre, productividad y estado higiénico).

Se debe renovar los panales de cera anualmente, principalmente, los de la cámara de cría.

Dos veces al año, se deberá realizar un muestreo de las enfermedades. En el caso de tener menos de 50 colmenas se tomarán 5 muestras para varroasis y 5 muestras para nosemosis y si tiene más de 50 colmenas se muestreará el 10 % de las colmenas existentes en el colmenar, deberán enviarse estas muestras a un laboratorio acreditado, sus resultados deberán adjuntarse al registro del colmenar y estos deben mantenerse archivados por un período mínimo de dos años.

Como medida de control se debe realizar acciones físicas tales como: la eliminación de la cría de zánganos (ante la presencia de varroa) y el flameado de la parte interna de las alzas, medias alzas o shallow afectadas por enfermedades.

En caso de adquirir las reinas, el apicultor debe avalar tal acción con un documento que garantice de que provienen de un criadero certificado, que tienen un control sanitario y proceso de selección permanente.

Para evitar que los tratamientos sanitarios dejen residuos en la miel, cera, propóleos, pan de abeja, es esencial que el encargado del colmenar respete el régimen de dosificación y el periodo de resguardo establecido por el fabricante.

Estas recomendaciones están basadas en el manual de buenas prácticas apícolas propuesto por AGROCALIDAD (2015).

V. CONCLUSIONES

- La mejor conducta higiénica la presentó las colmenas evaluadas en la provincia de Chimborazo, por lo que se vuelve importante los programas de selección por comportamiento higiénico de las mejores colmenas tomando en consideración las características de mansedumbre y producción de las obreras en las colmenas, concerniente a la manifestación del comportamiento higiénico en las colmenas evaluadas.
- En cuanto a la variable, ácaro varroa el 50,0 % de las colmenas evaluadas en la provincia de Tungurahua se consideran sanas (incidencia menor al 5,0 %), mientras que el 50 % se consideran enfermas. En la provincia de Chimborazo el 90,0 % de las colmenas evaluadas se consideran sanas (incidencia menor al 5,0 %); queda por sentado que todas las colmenas evaluadas en las provincias de Chimborazo y Tungurahua presentan varroa.
- La producción de miel es superior en la provincia de Tungurahua (32,20 kg/colmena/año), en comparación con la producción en la provincia de Chimborazo, donde la más alta fue de 27,80 kg/colmena/año.

VI. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se recomienda, realizar un análisis con variables morfométricas, (longitud de ala, el fémur derecho, longitud del ala posterior, ángulos formado por las venas de las alas, longitud de la tibia, distancia de la vena cubital del ala anterior, anchura del ala anterior, entre otras); incluyendo la variable estructura genética para determinar el grado de africanización de la *Apis mellífera*.
- También se recomienda a los apicultores llevar un buen registro de manejo para tener un mejor control sobre las conductas de las abejas y realizar periódicamente la prueba de la conducta higiénica en las colmenas y tener de esta manera un mejor control sobre enfermedades, productividad y un mejor manejo de manera preventiva.
- Replicar la evaluación en otras condiciones ambientales como lo es en la región costa y oriente, para determinar el efecto climático, biomasa melífera, material genético, etc., en las regiones del Ecuador.

VII. LITERATURA CITADA

1. Aguirre, J. (2005). *La varroasis en colmenas de Baja California Sur. El agente etiológico y opciones para su control.* (Tesis de grado científico de Doctora en Ciencias Veterinaria). Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), México - Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba. p. 118.
2. Álvarez, A. (2016). *Diagnóstico y prevalencia de ectoparásitos en apiarios de Apis mellífera en la región sur del Ecuador.* (Tesis de grado. Ingeniero Agropecuario). Universidad Central del Ecuador. Quito.
3. Arca, V., Arca, B. & Silva, R. (2016). *Características morfo métricas, comportamiento higiénico y agresividad de abejas criollas Apis mellífera sp.* UCV-HACER: Revista de Investigación y Cultura, 5(1), 16-23.
4. Ayala, E., & Rojas, A. (2012). *Evaluación de las características morfométricas y comportamiento higiénico de las abejas Apis mellífera de 6 municipios de Nicaragua.* (Tesis de grado. Doctor Veterinario). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua.
5. Berdugo, J., & Vivas, J. (2016). *Folleto Diagnóstico y control orgánico del ácaro varroa en el trópico.* Obtenido de Secretaría de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación. Riobamba.
6. Carabajo, K. (2015). *Prevalencia del ácaro varroa (Varroa sp.) en colmenares de las regiones norte y centro norte del Ecuador.* (Tesis de grado. Ingeniero Agropecuario). Universidad Central del Ecuador. Quito.
7. D' Aubeterre, R., Saltos, F., & Freire, A. (2008). *Folleto Comportamiento higiénico de las abejas africanizadas (Apis mellífera scutella Lepeletier),* Instituto nacional de investigaciones agrícolas. Venezuela.

8. Duarte Campos, I. G., Ramírez, H., & Anielka, M. (2005). *Prevalencia de varroasis en la Región León/Chinandega en apiarios con práctica de transhumancia*. (Tesis de grado Doctoral). Universidad Autónoma de México. México.
9. González, A. (2013). *Sistema de gestión de calidad en un establecimiento de extracción y fraccionado de miel*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Universidad Autónoma de Nicaragua. Managua.
10. Herbert, M. (1976). *Comportamiento higiénico en la Apis mellífera. Manual completo de apicultura*. México: Continental. pp. 20 - 21.
11. Manrique, A., & Egea, A. (2004). *Relación entre la producción de propóleos y la tasa de infestación de varroas (Varroa destructor) en abejas africanizadas (Apis mellífera) en Brasil*. *Zootecnia Tropical*, 22(3), 289-298.
12. Medina-Flores, C. A., Guzmán-Novoa, E., Aréchiga-Flores, C. F., Aguilera-Soto, J. I., & Gutiérrez-Piña, F. J. (2011). *Efecto del nivel de infestación de Varroa destructor sobre la producción de miel de colonias de Apis mellífera en el altiplano semiárido de México*. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 2(3), 313-317.
13. Moyón, J. (2013). *Evaluación de tres alternativas para el control de varroasis (Varroa destructor) en tres apiarios de la provincia de Chimborazo*. (Tesis de grado. Ingeniero Zootecnista). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.
14. Nates, G. (2011). *Genética del comportamiento: abejas como modelo*. Recuperado el 24 de Febrero del 2018. Obtenido de scientific electronic library online: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v16n3/v16n3a15.pdf>
15. Padilla, F., & Flores, J. (2011). *La selección de abejas tolerantes a varroa destructor*. (Tesis de grado. Doctor Veterinario). Universidad de Cordoba.

Cordoba.

16. Pérez, A., & Demedio, J. (2012). *Evaluación de la conducta higiénica en colmenas de abejas Apis mellífera L. por el método del pinchado con dos instrumentos*. Revista de Salud Animal, 12(16), 10-20.
17. Pérez, A., & Demedio, J. (2014). *Evaluación de la conducta higiénica en colmenas de abejas Apis mellífera L. por el método del pinchado con dos instrumentos*. Revista de Salud Animal, 36(3), 170-177.
18. Principal, J., Barrios, J., Puzzar, S., García de la Rosa, S. B., & Fuselli, S. R. (2008). *Comportamiento higiénico de las abejas africanizadas (Apis mellífera scutellata Lepeletier) en apiarios del estado Lara, Venezuela*. Zootecnia Tropical, 26(2), 167-173.
19. Sanabria, J., Saltos, A., & Rodríguez, B., (2015). *Índices de infestación por Varroa destructor en colmenas sin medidas de control*. Revista de salud Animal, 27(30), 172-182.
20. Sanabria, J. L., Demedio, J., Pérez, T., Peñate, I., Rodríguez, D., & Lóriga, W. (2015). *Índices de infestación por Varroa destructor en colmenas sin medidas de control*. Revista de Salud Animal, 37(2), 118-124.
21. Schmidt, V., Carrillo II, R., & Neira, M. (2005). *Comparación de dos formas de aplicación del acaricida orgánico bienenwohl en el control de Varroa destructor*. Anderson & Trueman. Agro sur, 33(2), 43-48.
22. Valido, A., Rodríguez-Rodríguez, M. C., & Jordano, P. (2014). *Impacto de la introducción de la abeja doméstica (Apis mellifera, Apidae) en el Parque Nacional del Teide (Tenerife, Islas Canarias)*. Revista Ecosistemas, 23(3), 58-66.
23. Yépez, S. (2018). *Alternativas de Control del ácaro (Varroa Spp) en los panales de abejas en la Provincia de Santa Elena* (Tesis de grado. Ingeniero

Agropecuario). Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico de la conducta higiénica.

Código (tratamientos)	Colmenas				
	I	II	III	IV	V
TA1	79,00	50,00	79,00	81,50	81,00
TA2	81,00	82,00	80,00	93,00	66,00
TA3	69,50	70,50	76,50	62,50	89,50
TA4	84,50	73,00	87,50	76,50	82,50
TA5	94,50	60,50	89,50	80,00	90,00
TA6	90,00	89,50	90,00	81,00	90,50
CA7	82,00	86,00	82,50	80,50	86,50
CA8	88,50	99,00	96,00	94,50	94,50
CA9	65,00	64,00	83,00	70,00	50,50
CA10	56,00	73,00	90,00	93,50	88,50
CA11	81,50	74,00	81,00	75,00	81,50
CA12	67,50	80,00	79,50	76,00	66,00
CA13	70,00	84,50	61,50	55,00	58,00
CA14	48,00	71,00	75,50	47,50	76,00
CA15	78,50	70,50	86,00	81,00	83,00
CA16	39,50	57,50	47,00	44,50	72,00

Análisis de la varianza

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	79	14569,30			
Código (tratamientos)	15	8044,00	536,27	5,42	0,00
Tung Vs Ch.	1	715,34	715,34	7,23	0,01
TA1234 vs TA56	1	459,27	459,27	4,64	0,04
TA5 vs TA6	1	70,23	70,23	0,71	0,40
TA12 vs TA34	1	0,00	0,00	0,00	1,00
TA1 vs TA2	1	99,23	99,23	1,00	0,32
TA3 vs TA4	1	126,03	126,03	1,27	0,26
C79101113 vs C812141516	1	58,32	58,32	0,59	0,45
C1011 vs C7913	1	334,51	334,51	3,38	0,07
C10 vs C11	1	6,40	6,40	0,06	0,80
C79 vs C13	1	282,13	282,13	2,85	0,10
C7 vs C9	1	722,50	722,50	7,31	0,01
C81214 vs C1516	1	772,94	772,94	7,82	0,01
C15 vs C16	1	1918,23	1918,23	19,40	0,00
C812 vs C14	1	1407,68	1407,68	14,24	0,00
C8 vs C12	1	1071,23	1071,23	10,83	0,00
Colmenas	4	592,44	148,11	1,50	0,21
Error	60	5932,86	98,88		
CV %			129,84		
Media			76,16		

Separación de medias según Tukey.

Código (tratamientos)	Media	Grupo
TA1	74,10	abc
TA2	80,40	abc
TA3	73,70	abc
TA4	80,80	abc
TA5	82,90	abc
TA6	88,20	ab
CA7	83,50	abc
CA8	94,50	a
CA9	66,50	bcd
CA10	80,20	abc
CA11	78,60	abc
CA12	73,80	abc
CA13	65,80	bcd
CA14	63,60	cd
CA15	79,80	abc
CA16	52,10	d

Anexo 2. Análisis estadístico de la relación *Varroa destructor*.

Código (tratamientos)	Colmenas				
	I	II	III	IV	V
TA1	12,89	10,63	4,61	0,66	2,34
TA2	1,94	15,77	12,50	4,33	8,28
TA3	6,82	4,38	2,96	5,51	1,11
TA4	1,57	32,94	4,29	6,08	3,69
TA5	0,61	2,58	0,00	0,00	0,88
TA6	2,02	1,30	0,00	0,00	2,82
CA7	2,41	1,49	1,53	0,63	1,02
CA8	0,37	1,44	0,00	0,00	0,29
CA9	0,98	0,00	3,17	4,09	0,35
CA10	3,11	3,73	0,83	0,33	1,66
CA11	2,62	2,38	2,15	1,88	2,11
CA12	0,00	3,57	1,75	6,98	0,00
CA13	3,10	4,60	2,65	6,01	5,69
CA14	6,37	2,33	3,26	7,73	3,94
CA15	2,88	4,30	2,04	2,01	3,00
CA16	9,09	5,86	8,64	8,79	5,19

Análisis de la varianza

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	79	1684,17			
Código (tratamientos)	15	621,59	41,44	2,62	0,00
Tung Vs Ch.	1	86,63	86,63	5,48	0,02
TA1234 vs TA56	1	251,68	251,68	15,92	0,00
TA5 vs TA6	1	0,43	0,43	0,03	0,87
TA12 vs TA34	1	1,06	1,06	0,07	0,80
TA1 vs TA2	1	13,66	13,66	0,86	0,36
TA3 vs TA4	1	77,24	77,24	4,89	0,03
C79101113 vs C812141516	1	19,59	19,59	1,24	0,27
C1011 vs C7913	1	1,14	1,14	0,07	0,79
C10 vs C11	1	0,22	0,22	0,01	0,91
C79 vs C13	1	26,93	26,93	1,70	0,20
C7 vs C9	1	0,23	0,23	0,01	0,90
C81214 vs C1516	1	41,98	41,98	2,66	0,11
C15 vs C16	1	54,47	54,47	3,45	0,07
C812 vs C14	1	35,94	35,94	2,27	0,14
C8 vs C12	1	10,39	10,39	0,66	0,42
Colmenas	4	114,30	28,58	1,81	0,14
Error	60	948,28	15,80		
CV %			418,94		
Media			3,77		

Separación de medias según Tukey

Código (tratamientos)	Media	Grupo
TA1	6,23	ab
TA2	8,56	ab
TA3	4,15	ab
TA4	9,71	a
TA5	0,81	ab
TA6	1,23	ab
CA7	1,42	ab
CA8	0,42	b
CA9	1,72	ab
CA10	1,93	ab
CA11	2,23	ab
CA12	2,46	ab
CA13	4,41	ab
CA14	4,72	ab
CA15	2,85	ab
CA16	7,51	ab

Anexo 3. Análisis estadístico de la producción de miel.

Código (tratamientos)	Colmenas				
	I	II	III	IV	V
TA1	35,00	27,00	34,00	30,00	35,00
TA2	24,00	17,00	21,00	18,00	22,00
TA3	18,00	27,00	24,00	15,00	16,00
TA4	23,00	18,00	25,00	22,00	21,00
TA5	23,00	20,00	21,00	23,00	18,00
TA6	19,00	18,00	20,00	18,00	17,00
CA7	18,00	15,00	18,00	17,00	16,00
CA8	14,00	12,00	11,00	13,00	13,00
CA9	21,00	17,00	25,00	19,00	20,00
CA10	18,00	20,00	17,00	22,00	27,00
CA11	19,00	15,00	19,00	18,00	18,00
CA12	19,00	18,00	20,00	14,00	16,00
CA13	28,00	25,00	11,00	18,00	15,00
CA14	19,00	18,00	19,00	17,00	17,00
CA15	30,00	24,00	28,00	29,00	28,00
CA16	28,00	25,00	28,00	32,00	30,00

Análisis de la varianza

F. Var	gl	S. Cuad	C. Medio	Fisher	P. Fisher
Total	79	2442,89			
Código (tratamientos)	15	1805,69	120,38	12,52	0,00
Tung Vs Ch.	1	102,67	102,67	10,67	0,00
TA1234 vs TA56	1	101,40	101,40	10,54	0,00
TA5 vs TA6	1	16,90	16,90	1,76	0,19
TA12 vs TA34	1	145,80	145,80	15,16	0,00
TA1 vs TA2	1	348,10	348,10	36,19	0,00
TA3 vs TA4	1	8,10	8,10	0,84	0,36
C79101113 vs C812141516	1	42,32	42,32	4,40	0,04
C1011 vs C7913	1	1,13	1,13	0,12	0,73
C10 vs C11	1	22,50	22,50	2,34	0,13
C79 vs C13	1	2,13	2,13	0,22	0,64
C7 vs C9	1	32,40	32,40	3,37	0,07
C81214 vs C1516	1	893,04	893,04	92,84	0,00
C15 vs C16	1	1,60	1,60	0,17	0,68
C812 vs C14	1	30,00	30,00	3,12	0,08
C8 vs C12	1	57,60	57,60	5,99	0,02
Colmenas	4	60,07	15,02	1,56	0,20
Error	60	577,13	9,62		
CV %			46,16		
Media			20,84		

Separación de medias según Tukey

Código (tratamientos)	Media	Grupo
TA1	32,20	a
TA2	20,40	cd
TA3	20,00	cd
TA4	21,80	bcd
TA5	21,00	cd
TA6	18,40	de
CA7	16,80	de
CA8	12,60	e
CA9	20,40	cd
CA10	20,80	bcd
CA11	17,80	de
CA12	17,40	de
CA13	19,40	de
CA14	18,00	de
CA15	27,80	abc
CA16	28,60	ab