

UNIVERSIDAD NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR

ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS

*Propuesta metodológica para la selección de colmenas de abejas africanizadas (*Apis mellifera*) bajo condiciones tropicales, como base para mejoramiento genético.*

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de proyecto para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica

Estudiante

Steven Fernández Cabezas

Tutor

M.Sc. Ana Cubero Murillo

Asesores

Dr. Ramón Molina Bravo

M.Sc. Miguel Castillo Umaña

Campus Omar Dengo
Heredia, Costa Rica, 2025

Trabajo de graduación sometido a consideración por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Agricultura Alternativa

Tribunal Examinador



M.Sc. Eduardo Umaña Rojas

Representante del Decanato de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar



M.Sc. Allan González Herrera

Representante de Dirección de la Escuela de Ciencias Agrarias



M.Sc. Ana Cubero Murillo

Tutora de tesis



Dr. Ramón Molina Bravo

Lector



M.Sc. Miguel Castillo Umaña

Lector



Bach. Steven Fernández Cabezas

Sustentante

Resumen

La apicultura es una actividad que genera ganancias económicas para la subsistencia de muchas familias, principalmente por la venta de miel y de subproductos. Los rendimientos productivos en la apicultura van a depender de varios factores como el ambiente, el manejo y la genética. Ante el problema de la abeja africanizada, los apicultores desean colmenas dóciles para facilitar el manejo, con resistencia a enfermedades y que presenten altos rendimientos productivos. El objetivo de este ensayo fue crear una metodología de selección de colmenas y someterla a evaluación en productividad de miel, comportamiento defensivo, conducta higiénica (CH) e infestación de *Varroa destructor*, de 17 colmenas ubicadas en la estación experimental del Instituto Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica (INTA) en Cañas Guanacaste, para seleccionar las tres colmenas con las evaluaciones más altas y que puedan ser utilizadas como pie de cría. Para esto se realizaron al menos tres mediciones por cada variable, y posteriormente se calculó el promedio. Se asignó un porcentaje de calificación de acuerdo a la importancia de cada una de las variables, tomando en consideración criterios discutidos con apicultores y especialistas, de este modo se pudo correlacionar el promedio obtenido de las mediciones, con el porcentaje asignado a cada variable de tal forma que se pudiera calcular un ponderado final por cada colmena. Además, se realizó un análisis de componentes principales (PCA), para asociar las variables entre las colmenas, y un índice de selección modificado para comprobar la evaluación general. Las colmenas que sobresalieron fueron la número 9 con una calificación de 77,3%, la número 15 con nota de 80,4% y finalmente la 17 con nota de 79,9%, por lo que fueron seleccionadas y recomendadas para la reproducción de reinas. Adicionalmente, las colmenas 8, 10 y 11 obtuvieron resultados aceptables en las variables de mansedumbre y conducta higiénica, por lo que se pueden considerar para la reproducción de zánganos. Con esta propuesta metodológica se logró seleccionar de una forma integral a las colmenas más productivas, las más dóciles y las que presentaron altos porcentajes de conducta higiénica, los cuales son criterios fundamentales en la apicultura de interés comercial.

Abstract

Apiculture is an activity that generates economic income for the livelihood of many families, mainly by selling honey and its by-products. In fact, productive yields in apiculture will depend on a variety of factors, for example, the environment, its management, and genetics. Regarding the problem of Africanized bees, beekeepers desire more manageable beehives, increased resistance to diseases and enhanced honey production yields. The objective of this study was to create a methodology for selecting hives, through the evaluation of honey productivity, defensive behavior, hygienic behavior, and the *Varroa destructor* mite infestation of 17 beehives located in the experimental station at the National Institute of Research and Technology Transfer (*Instituto Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica*, INTA), Cañas, Guanacaste, to select the three beehives with the highest scores, which can be used as broodstocks. To achieve this, at least three measurements were carried out per variable, and averaged. A percentage of the grade was assigned according to the importance of every variable, according to the criteria discussed with local beekeepers and beekeeping specialists. The obtained average of the measurements was correlated with the percentage assigned to every variable so that a final composite grade was calculated for every beehive. Also, a principal component analysis (PCA) to associate the variables among the beehives, and a modified index selection was carried out. Beehives number 9 (with 77,3%), 15 (with 80,4%), and 17 (with 79,9%) obtained the highest percentage. Therefore, these three beehives were selected and recommended for queen bee reproduction. Additionally, beehives (8), (10) and (11) stood out due to the meekness and hygienic behavior variables, thus can be taken into consideration for male brood reproduction. This methodological proposal made it possible to comprehensively select the most productive hives, the most docile, and those with high levels of hygienic behavior, which are fundamental criteria in commercial beekeeping.

Dedicatoria

A mi madre, a Gabi y a las abejas por su increíble trabajo que realizan en el ambiente.

Agradecimientos

A la vida y a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo.

“En la quiebra de las peñas y en los huecos de los árboles formaban su republica las solícitas y discretas abejas, ofreciendo a cualquier mano sin interés alguno, la fértil cosecha de su dulcísimo trabajo”

-Miguel de Cervantes

Tabla de contenido

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 7 |
| 2. OBJETIVOS | 8 |
| 2.1. Objetivo general | 8 |
| 2.2. Objetivos específicos | 8 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 9 |
| 3.1. Generalidades de la abeja (<i>Apis mellifera</i>)..... | 9 |
| 3.2. Conformación de la colonia..... | 9 |
| 3.3. Importancia de la apicultura | 10 |
| 3.4. Generalidades de la apicultura en Costa Rica | 11 |
| 3.5. Abejas africanizadas | 12 |
| 3.6. La selección de colmenas | 13 |
| 3.7. Criterios para seleccionar colmenas | 13 |
| 3.8. Importancia del mejoramiento genético en la apicultura | 16 |
| 4. METODOLOGÍA | 16 |
| 4.1. Zona donde se llevó a cabo el estudio | 16 |
| 4.2. Condiciones ambientales | 16 |
| 4.3. Descripción del apiario | 16 |
| 4.4. Tipo de investigación..... | 17 |
| 4.5. Variables a evaluar | 17 |
| 4.6. Análisis estadístico | 21 |
| 5. RESULTADOS | 22 |
| 5.1 Variable conducta higiénica | 22 |
| 5.2 Variable producción de miel | 23 |
| 5.3 Variable mansedumbre | 24 |
| 5.4 Variable infestación de <i>V. Destructor</i> | 26 |
| 5.5 Calificaciones finales | 27 |
| 5.6 Análisis de componentes principales | 28 |
| 5.7 Índice de selección | 30 |
| 6. DISCUSIÓN | 30 |
| 6.1 Variable conducta higiénica | 311 |
| 6.2 Variable producción de miel | 31 |
| 6.3 Variable mansedumbre | 322 |
| 6.4 Variable infestación de <i>V. Destructor</i> | 32 |

| | |
|-------------------------------------------|------------|
| 6.5 Índice de selección modificado | 333 |
| 7. CONCLUSIONES | 33 |
| 8. RECOMENDACIONES..... | 344 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 35 |
| 10.ANEXOS..... | 40 |

Índice de tablas

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. <i>Función de las obreras de acuerdo a su edad.</i> | 10 |
| Tabla 2. <i>Comparación de comportamientos entre abejas de origen africano y origen europeo</i> | 12 |
| Tabla 3. <i>Clasificación de mansedumbre</i> | 18 |
| Tabla 4. <i>Ponderación asignada de acuerdo al porcentaje de infestación de Varroa</i> | 19 |
| Tabla 5. <i>Porcentaje final de calificación asignado a cada variable de estudio</i> | 21 |
| Tabla 6. <i>Clasificación de mansedumbre de cada colmena, de acuerdo al promedio de aguijones</i> | 25 |
| Tabla 7. <i>Impacto general de infestación de varroa de cada colmena</i> | 26 |
| Tabla 8. <i>Resultados generales del índice de selección por cada colmena</i> | 30 |

Índices de figuras

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. <i>Comparación morfológica entre una reina, un zángano y una obrera.</i> | 10 |
| Figura 2. <i>Procedimiento a seguir para calcular el porcentaje de infestación de varroa</i> | 19 |
| Figura 3. <i>Promedio de Conducta higiénica y calificación obtenida en cada colmena</i> | 22 |
| Figura 4. <i>Diferencia entre dos panales, 24 horas después de realizada la prueba de conducta higiénica</i> | 23 |
| Figura 5. <i>Producción total de miel en Kilogramos por colmena</i> | 24 |
| Figura 6. <i>Promedio de aguijones y porcentaje de calificación por colmena</i> | 25 |
| Figura 7. <i>Promedio de infestación de varroa y porcentaje final de calificación</i> | 27 |
| Figura 8. <i>Calificaciones finales de las colmenas</i> | 28 |
| Figura 9. <i>Análisis de componentes principales de las colmenas en relación a las variables</i> | 29 |

1. INTRODUCCIÓN

La apicultura es una actividad importante en Costa Rica, debido a que muchos productores y sus familias subsisten gracias a las ganancias económicas que genera esta actividad por la venta de miel pura y de subproductos para usos farmacéuticos y cosméticos, los cuales se elaboran tanto de forma artesanal como industrial (Garry et al., 2017, p. 18). Anteriormente, en Costa Rica se utilizaban linajes de origen europeo establecidos en el país, los cuales se caracterizaban por su mansedumbre, sin embargo, con la llegada de la abeja de origen africano (*Apis scutellata*) a principios de la década de los ochenta, ocurrió un cruzamiento natural entre ambos linajes dando como resultado la abeja africanizada la cual predomina hasta el día de hoy, convirtiéndose en un serio problema debido a su alta agresividad (Moya 2022). Esto ocasionó que muchos apicultores abandonaran la actividad, y cambió la forma en el manejo de los apiarios; como lo fue el uso del humo, vestimenta protectora y el traslado de colmenas de los alrededores de las casas de habitación hacia lugares más aptos para este tipo de abejas (Ramírez y Calderón, 2006, p. 7).

Calderón y Ramírez (2013) mencionan que las enfermedades apícolas son otro de los problemas que más perjudica a este sector, siendo la varroasis ocasionado por el acaro *Varroa destructor* la que más pérdidas económicas ocasiona a nivel mundial. Los daños provocados por este parásito van desde la disminución de la productividad de miel, hasta la pérdida total de la colonia (Villegas 2021).

Por su parte, A. Herrera (comunicación personal, 02 de diciembre del 2024), presidente de la Cámara Nacional de Fomento a la Apicultura mencionó que actualmente no existe algún programa por parte de las instituciones competentes del sector agropecuario para implementar el mejoramiento genético, esto debido a la falta de recursos y de apoyo técnico apícola, lo cual significa una limitación para el desarrollo de este sector. La ausencia de un programa de mejoramiento genético ocasiona la importación de reinas desde otros países sin autorización y con ello la posibilidad del ingreso de otras enfermedades no presentes en el país.

Sin embargo, a través de la selección de colmenas se puede iniciar un proceso de mejoramiento genético, el cual consiste en elegir aquellas con las características deseadas para que sirvan como pie de cría y posteriormente para la reproducción de reinas (Padilla et al., 2010). Por lo tanto, la selección de colmenas es una opción para disminuir los comportamientos no deseados en las colonias de abejas africanizadas, además, esta alternativa tiene la ventaja de seleccionar la genética ya establecida en el apiario y mejorarla con las condiciones ambientales presentes en la zona. No obstante, esto requiere de conocimiento y evaluaciones constantes por parte del apicultor.

Entre las características más deseadas en un sistema apícola para fines comerciales se encuentran la productividad, la resistencia a enfermedades y la mansedumbre, estos comportamientos son medibles y comparables (Arias 2015). Sin embargo, es importante mencionar que estas características pueden variar dependiendo de lo que el apicultor necesite mejorar en su propio apiario.

Esta investigación pretende proponer una metodología de selección y someterla a evaluación mediante la medición de cuatro variables de interés en la apicultura comercial, como la productividad de miel, mansedumbre, infestación de *Varroa* y la resistencia a enfermedades, llevado a cabo en un apiario establecido en la estación experimental Enrique Jiménez Núñez del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicado en Cañas Guanacaste, para que sirva como base para iniciar un proceso de mejoramiento genético.

Para seleccionar las colmenas se evaluó la productividad mediante el peso de la miel en kilogramos, en cuanto a la mansedumbre se realizó la prueba de la “banderilla de cuero”. Por último, la resistencia a enfermedades se evaluó mediante la prueba de conducta higiénica, y se calculó el porcentaje de infestación de *V. destructor*.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar características deseables en colmenas de *Apis mellifera* sometiéndolas a pruebas de producción, mansedumbre y conducta higiénica, con la finalidad de seleccionar las más apropiadas como base para mejoramiento genético.

2.2. Objetivos específicos

Estimar la resistencia de enfermedades a través de la prueba de conducta higiénica y prevalencia de *Varroa destructor*, para la selección de las colonias sobresalientes.

Medir la producción de miel en kilogramo (Kg) por colmena, para la selección de esta característica y replicarla en el apiario.

Determinar la mansedumbre de las colmenas utilizando la técnica del “cuero oscuro”, para la selección de esta característica y replicarla en el apiario.

Analizar los datos obtenidos de los tres objetivos anteriores mediante valores porcentuales asignados a cada variable, para designar cuales colmenas tienen puntajes sobresalientes y poder elegir los futuros pie de cría

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades de la abeja (*Apis mellifera*)

Las abejas son insectos artrópodos, perteneciente al orden: himenóptera, y a la Familia Apidae, constituyen uno de los órdenes más diversos de insectos, se caracterizan por ser activos durante todo el año y buenos polinizadores (Jiménez, 2020).

Una colonia está conformada por una reina, las obreras y los zánganos, en donde sus etapas de desarrollo son las mismas (huevo, larva y pupa); sin embargo, la duración de cada una de esas etapas es distinta. A pesar que son miles los individuos que interactúan entre sí, el grupo que forma una colonia se comportan como un solo organismo, trabajando de manera conjunta en actividades específicas de acuerdo a su edad, por lo que se consideran insectos sociales (Mortensen et al., 2015, sección de desarrollo, párr.1).

3.2. Conformación de la colonia

Reina: La reina es la madre de todos los individuos de una colonia, su principal función es la postura de huevos a lo largo de toda su vida. Galindo et al., (2017 p. 51) indican que una sola reina puede ser fecundada por 12 zánganos, mientras que otros estudios mencionan que puede ser fecundada hasta por 17 (Alamilla et al., 2017 sección de desarrollo párr.3). El material genético paterno (espermatozoides) lo conserva en una estructura denominada espermáteca, al ser fecundada de forma natural por varios zánganos, la reina almacena una gran diversidad genética que posteriormente lo transfiere a sus futuras progenies. En otras palabras, dentro de una colmena pueden convivir varias “familias” en donde las abejas tienen en común a una misma madre, pero no necesariamente el mismo padre.

Nates (2011) menciona que la reina tiene la capacidad de producir huevos fértiles e infértiles, de los fértiles (óvulo fecundado por un espermatozoide) emergerán las obreras y tendrán dos juegos de cromosomas: uno aportado por la madre y el otro por el padre (zángano), lo que significa que las hembras poseen el 50% de la genética de la madre y 50% de la genética del padre, lo que se conoce como organismos diploides. En el caso de los zánganos, estos emergen por partenogénesis el cual no es más que un óvulo de la reina sin fecundar, esto lo convierten en organismos haploides (con un solo juego de cromosomas) y en consecuencia poseen el 100% de la genética de la madre p.221-222.

Obreras: A lo largo de su vida las obreras desempeñan distintas funciones según su edad tanto dentro como fuera de la colmena, entre ellas: la limpieza de la colmena, cuidado y alimentación de las crías, producción de cera, defensa de la colmena, pecoreo, producción de miel; por lo que son los miembros que más funciones realizan en la colonia.

Tabla 1. *Función de las obreras de acuerdo a su edad*

| Edad en días | Función |
|---------------------|-------------------------|
| 0-4 | Limpiadoras |
| 5-11 | Nodrizas |
| 11-13 | Almaceneras |
| 14-17 | Construcción de panales |
| 18-21 | Guardianas |
| 22-45 | Pecoreadoras |

Nota: Datos tomados del Manual de apicultura básica para Honduras / IICA, 2009.

Zánganos: Entre sus características anatómicas principales destaca la forma “regordete” de su cuerpo y el tamaño grande de los ojos. Una vez que emergen de la celda dura aproximadamente 12 días para llegar a su madurez sexual, después de ese tiempo su principal función en la colonia es la fecundación de las reinas, al realizar la cópula se rompe su tracto reproductivo y muere (Barrera s.f).

Figura 1. Comparación morfológica entre una reina, un zángano y una obrera.



Nota: Imagen tomada de <http://coronaapicultura.blogspot.com/2016/12/vida-de-apis-mellifera.html>

3.3. Importancia de la apicultura

Desde un enfoque ambiental su importancia consiste en el proceso de polinización tanto para los bosques como para cultivos. Las abejas *Apis mellifera* y otros polinizadores contribuyen en la producción del 75% de los cultivos agrícolas en el mundo (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2022). Desde un punto de vista comercial, la apicultura se convierte en un negocio que genera sustento económico a los apicultores y sus familias, por la venta de miel y de

subproductos. También existen otras formas de explotación como lo es la venta del servicio de polinización.

3.4. Generalidades de la apicultura en Costa Rica

El país produce grandes extensiones de diversos cultivos que requieren de la polinización para su adecuado desarrollo, incluso los agricultores alquilan colmenas en época de floración principalmente en el cultivo de sandía y melón.

Según los resultados del último censo agropecuario realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) en el 2014, en Costa Rica hay 1.893 fincas dedicadas a actividades apícolas, contabilizando 45.731 colmenas (INEC 2015 p.75). Por su parte, los resultados de un censo apícola realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el 2021, reveló que en el país hay 828 apicultores y 41.027 colmenas (lo que significa una reducción de 4.704 colmenas), además estimó una producción de miel de 19,5 Kg/por colmena. Mismo censo ubica a la provincia de Guanacaste y el pacífico norte, como las zonas más productivas del país. (Morales, comunicación vía correo electrónico, 29 de agosto de 2022).

La biodiversidad floral y la ubicación geográfica dentro de la zona tropical le proporciona a Costa Rica las condiciones idóneas para que sea un país altamente potencial en la producción de miel, sin embargo, no se produce la demanda a nivel nacional, llegándose a importar mieles desde otros países, principalmente el Salvador, Honduras y Guatemala (Garza, 2021).

Algunos de los problemas que más perjudica a este sector fue la llegada de la abeja africanizada, lo que cambió la forma de manejar la apicultura por el alto comportamiento defensivo, además, la variación de los patrones climáticos de los últimos años, es otro de los problemas que ha puesto en riesgo la actividad apícola, debido a la disminución de la floración (Neumann y Straub, 2023).

Otro problema que enfrenta el sector apícola en el país es la presencia de distintas enfermedades, lo que ocasiona pérdidas económicas y en algunos casos la muerte de colonias enteras (Calderón y Ramírez, 2013). La varroasis es la principal enfermedad que afecta la apicultura tanto a nivel nacional como internacional, es ocasionada por el acaro *Varroa destructor* el cual es un parasito externo obligatorio que se alimenta de la hemolinfa de la abeja adulta como de la cría, debilitándola y afectando severamente la colmena (Calderón y Zamora 2004). También se ha descubierto que el acarro se alimenta de los tejidos grasos de la abeja (Ramsey et al., 2019 p. 1797).

Además, este parásito es transmisor de agentes infecciosos como el virus de la cría sacciforme, el virus de las celdas reales negras, el virus de la parálisis aguda, entre otros (Calderón y Ramírez

2013). Los síntomas que se pueden observar en una colonia infestada por varroasis son las celdas operculadas perforadas, disminución de la población en los panales y una alta mortalidad de las crías (Calderón y Sánchez, 2011, p. 51). Por su parte, Ramírez y Calderón (2016), indican que la reproducción de este acaro sucede solamente cuando la celda esta sellada, lo que dificulta el efecto de los acaricidas en sus primeros estadios (p. 96).

Existen diferentes alternativas de productos sintéticos para su manejo, sin embargo, estos generan costos económicos al apicultor, además pueden causar problemas de resistencia en el ácaro e incrementar el riesgo de contaminar la miel y la cera en las colonias tratadas (Martínez y Medina, 2011 p.94-95).

3.5. Abejas africanizadas

Antes de 1983, en Costa Rica se manejaban abejas de linaje europeo, caracterizándose por la mansedumbre y por su alta productividad a tal punto que en esa época se exportaba estañones de miel hacia otros países (Van Veen et al., 1993, citado por Zúñiga, A. 2019, p.5). Sin embargo, con la entrada al país de la abeja *Apis scutellata* (originaria de África), ocurrió un cruzamiento natural entre el linaje europeo y el africano dando como resultado el surgimiento de la abeja africanizada, la cual predomina hasta el día de hoy, caracterizándose por la alta agresividad y tendencia a enjambrar, aumentando los costos y dificultando el manejo por parte de los apicultores (Brizuela, 2003, p. 23).

A pesar que la abeja africanizada presenta comportamientos indeseados como los mencionados anteriormente, también posee algunas características anheladas para la apicultura ubicada dentro del trópico, como la adaptabilidad al clima, mayor resistencia a enfermedades y mayor capacidad de pecoreo (Guzmán et al., 2011 p. 156-158).

A continuación, se muestra una comparación general entre las abejas de origen africano y europeo, además de los índices mínimos deseados en la apicultura de Costa Rica.

Tabla 2. Comparación de comportamientos entre abejas de origen africano y origen europeo

| Africano | Europeo | Índices deseados |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|
| Mayor conducta higiénica | Menor conducta higiénica | Igual o mayor a 95% |
| Menos pecoreadoras | Más pecoreadoras | >25Kg/colmena* |
| Mayor conducta de acicalamiento | Menor conducta de acicalamiento | 100% |
| Mayor comportamiento defensivo | Menor comportamiento defensivo | 0 agujones |
| Menor % de infestación de <i>Varroa</i> | Mayor % de infestación de <i>Varroa</i> | < 2% |

Nota: Tomado de Guzmán et al., 2011.

*Nota: se toma como referencia las opiniones del presidente de la Cámara Nacional de fomento a la apicultura y presidente de la Asociación de Productores Apícolas de Liberia (ASOPAL).

3.6. La selección de colmenas

La selección de colmenas es solo un proceso para el mejoramiento genético, el cual consiste en evaluar y elegir las colmenas que presenten las mejores características que desea el apicultor para que sirvan como pie de cría, sin la necesidad de recurrir a la inseminación artificial. Según Nates (2011), con la selección de colmenas se proporcionan las bases para perfeccionar la productividad, mansedumbre y resistencia a enfermedades, los cuales son rasgos deseables y heredables que pueden pasar de una generación a otra (p. 215-216-217).

En un estudio realizado por Guzmán y Page (1999), se demostró el aumento en la producción de miel de un 15,9% por colmena, mientras que las picaduras de las abejas disminuyeron un 0,54% al seleccionar colmenas con los rasgos deseados y reproduciendo reinas que posteriormente fueron introducidas en las demás colmenas, para obtener esos resultados los autores realizaron constantemente selecciones de colmenas por un periodo de cinco años.

El mejoramiento genético a través de la selección de colmenas es un proceso continuo que requiere tiempo y compromiso, sin embargo una limitante para que se realice este tipo de prácticas es la falta de técnicos con conocimientos apícolas al servicio de los apicultores por parte de las instituciones del sector agropecuario, A. Cubero (Conversación personal el 18 de julio 2025).

3.7. Criterios para seleccionar colmenas

A continuación, se toma como referencia algunos criterios para seleccionar colmenas, obtenidos de documentos y manuales elaborados en países que se ubican dentro de la zona tropical, entre ellos: el manual de apicultura básica para Honduras (2009), el manual de crianza selectiva para la producción de reinas fecundadas de *Apis mellifera* en el departamento de Sucre, Colombia (2016), y Gámez (2017), los cuales concuerdan en considerar los siguientes criterios:

Conducta higiénica: Pérez y Demedio (2014) mencionaron que la conducta higiénica es la habilidad que tiene algunos linajes de abejas para detectar y expulsar de la colmena las crías que se encuentran enfermas o muertas, de esta manera disminuye los focos infecciosos dificultando el desarrollo de las enfermedades, considerándose un mecanismo natural de resistencia frente al ataque de plagas y enfermedades. Esa capacidad de detección se debe a que algunas líneas de abejas poseen

una mayor sensibilidad olfatoria, lo que le facilita distinguir las celdas donde están las crías enfermas (Nate, 2011).

Por su parte, Calderón y Ramírez (2013) indican que el ataque de las enfermedades debilita la colmena, llegando a perder la colonia por completo, afectando los intereses económicos del apicultor (p. 14). Por lo que la sanidad en las colmenas es uno de los aspectos fundamentales de evaluar en este ensayo.

Existen distintos métodos para calcular el porcentaje de conducta higiénica, algunos más eficientes, prácticos y económicos que otros, pero todos con la misma finalidad de sacrificar a la abeja en las celdas operculadas y en un periodo de 24 horas contabilizar las celdas limpias (Espinoza et., 2008).

En cuanto a la clasificación de los porcentajes, Gramacho y Gonçalves (2002) mencionan que una colonia es considerada higiénica cuando presentan un porcentaje igual o superior al 80%, sin embargo, Spivak y Ibrahim (2006) consideran que, para garantizar la interrupción del ciclo infeccioso de un patógeno, los porcentajes de conducta higiénica deben ser iguales o mayores al 95%.

Este comportamiento podría estar relacionado con la productividad de miel, pues en una investigación llevada a cabo por Rosero (2006) comparó la viabilidad de diferentes apiarios para iniciar con un programa de mejoramiento genético, aquellos con altos promedios de conducta higiénica (88%) fueron los que más néctar recolectaron (4,3%), en comparación con otros apiarios en donde obtuvieron un promedio de conducta higiénica de 57.7% y una recolección de néctar de 0.7% (p. 12-13).

Para la interpretación de esta variable se tomó como referencia la clasificación realizada Vásquez et al., (2016), en donde:

1. Colmenas altamente higiénicas: colonias cuyas abejas obreras detectaron, desopercularon y removieron más del 95% de la cría pinchada en 24 horas.
2. Colmenas moderadamente higiénicas: colonias cuyas abejas removieron entre 75 y 95% de la cría pinchada.
3. Colmenas levemente higiénicas: colonias cuyas obreras removieron la cría pinchada con una tasa menor al 75%

Productividad de miel: como en cualquier sistema de explotación agropecuario para fines comerciales, la productividad es determinante para la rentabilidad de la actividad. Los rendimientos de la cosecha dependerán del ambiente, la genética y del manejo, estos pilares condicionan la productividad de la colmena. Rosero (2006), argumenta que un manejo apropiado y el uso de material

genético de alta calidad son factores importantes para un mejoramiento en los niveles de producción de miel de una región, además destaca la importancia del potencial melífero de una zona el cual está determinado por la composición floral y la duración de los flujos nectarios. Calderón y Ramírez (2013) indican que la relevancia de la productividad consiste en un manejo tecnificado, incluyendo la implementación de programas de sanidad apícola de manera preventiva.

Comportamiento defensivo: es una de las labores que desempeñan las abejas para la protección de la colmena, esto puede ser una ventaja en áreas donde existe un alto grado de depredación, sin embargo, también puede ser una desventaja al momento de la manipulación de las colmenas por parte de los apicultores.

Según Guzmán et al., (2011), el comportamiento defensivo de las abejas es altamente heredable por efectos paternos, en donde influye la dominancia genética (p. 160). Arias (2017) concuerda en que el comportamiento defensivo es genéticamente dominante y prevalece en los apiarios, principalmente en aquellos en donde no se realiza un programa de mejoramiento genético.

Por su parte, Nate (2011) menciona algunos estímulos que influyen en el comportamiento defensivo de las abejas (principalmente las africanizadas) como los movimientos bruscos, vibraciones, aromas y días nublados.

Existen distintos métodos para medir la agresividad en las abejas, entre los cuales están: el tiempo que la abeja inicia su defensa, por el número de aguijones que deja en una lámina de cuera o una gamuza y por la distancia de persecución.

Utilizar el criterio de defensividad es importante, pues aquellas colmenas que presenten mayor mansedumbre se pueden considerar para incluirlas en un programa de mejoramiento genético, por motivo de la facilidad de manejo y por la disminución de riesgo de ataques hacia las personas y animales domésticos.

Porcentaje de infestación de *Varroa*: conocer el porcentaje de infestación de varroa en las colmenas no solo ayuda a los apicultores a tomar decisiones en la aplicación de acaricidas, sino que también podría ser un indicador para conocer la sanidad actual en la que se encuentran la colmena (Calderón y Ramírez, 2013). Existen distintas formas para calcular este porcentaje, entre ellos: la prueba con azúcar que se realiza directamente en campo, la cual tiene la ventaja de no sacrificar abejas (V. Toledo, comunicación personal el 18 de julio del 2025), o a través de la recolección de muestras en los panales de abejas (SENASA, 2010).

3.8. Importancia del mejoramiento genético en la apicultura

En los sistemas apícolas para fines comerciales se anhela aumentar los rendimientos productivos, en donde las labores de manejo presenten la menor dificultad posible. Precisamente el mejoramiento genético en un apiario ayuda a aumentar la producción y puede facilitar el manejo de las colmenas al tener abejas con una alta mansedumbre.

Para el caso del manejo de abejas con comportamientos que tienden a ser más africanizados, se requiere contar con un plan de trabajo, en donde se incluya el mejoramiento genético por medio de la selección fenotípica, principalmente en aquellas que presenten un comportamiento muy defensivo (Esquivel 2015 p.46).

Sin embargo, no solamente se debe contemplar la mansedumbre, pues en un sistema apícola de nada sirve poseer colmenas mansas si son vulnerables a enfermedades, por lo que la conducta higiénica también debería de ser una característica primordial que se debe considerar al momento de seleccionar colmenas.

4. METODOLOGÍA

4.1. Zona donde se llevó a cabo el estudio

La investigación se realizó en un apiario ubicado en la estación experimental Enrique Jiménez Núñez del INTA, en la localidad de San Miguel de Cañas Guanacaste, con georreferenciación: latitud: 10.418884°, longitud: -84.980540 y altitud de 45 m s.n.m. La cual inició en octubre del 2023 y finalizó en setiembre del 2024.

4.2. Condiciones ambientales

La temperatura es alta con un promedio de 33.5°C a lo largo del año (Instituto Meteorológico Nacional [IMN], 2024). La estación seca es marcada durante los meses diciembre, enero, febrero, marzo y abril. La época lluviosa se extiende de mayo a noviembre, con máximos de lluvia durante los meses de junio y octubre. En julio y agosto el cantón es afectado por el “veranillo de San Juan y la canícula”, periodos durante los cuales se presentan varios días o semanas secas consecutivas (MAG, s.f).

4.3. Descripción del apiario

Las colmenas fueron traídas de la Asociación de Apicultores de Jicaral (ASOAPI), conformado por distintas líneas genéticas desconocidas, el apiario estuvo conformado por 17 colmenas de tipo Langstroth con su propio número de identificación, se colocaron de forma individual a una distancia de 1,5 m una de otra para facilitar su manejo. Se colocó un techo de zinc para la

protección del agua de lluvia, las colmenas se instalaron con sus piqueras en posición contraria a la dirección del viento. Es importante mencionar que a todas las colmenas se les proporcionó el mismo manejo alimentario y sanitario, además se colocó una barrera con sarán, por motivo de los fuertes vientos de la zona.

4.4. Tipo de investigación

Este trabajo se realizó bajo un enfoque descriptivo, en donde cada una de las colmenas fueron utilizadas como una unidad observacional, las cuales se sometieron a diferentes pruebas para calcular su productividad, conducta higiénica, mansedumbre e infestación de *Varroa*.

4.5. Variables a evaluar

Comportamiento higiénico: para evaluar la resistencia a enfermedades se realizó la prueba de conducta higiénica con perforación mediante alfiler entomológico utilizada por Pérez (2014), por cada colmena se escogió un panal de cría operculada, madura, de una edad aproximada de 15-18 días.

Con un cubo de metal de 10 cm² se marcó el área de la cría operculada del panal escogido, posteriormente con una aguja entomológica se perforó hasta el fondo todas las celdas operculadas que están dentro de la marca donde se realizó previamente con el cubo. Se contabilizaron las celdas pinchadas y vacías, y se anotó la hora en que se devolvió el panal a la colmena. 24 horas después se sacó el panal en donde se realizó las perforaciones y se contabilizó las celdas limpias. Se obtuvo el porcentaje de conducta higiénica a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Total de celdas perforadas} - \text{Total alveolos no limpiados}}{\text{Total de celdas perforadas}} \times 100 = \% \text{ de CH}$$

Esta medición se realizó en al menos tres ocasiones con un intervalo de tiempo cada 30 días, para trabajar con un promedio de CH por colmena.

Producción de miel: se contabilizó los panales cosechados de cada colmena todos de tamaño estándar y se trasladaron a la planta procesadora de la Asociación de Apicultores de Jicaral (APOAPI) para su extracción y pesaje. La producción por colmena se estimó dividiendo la producción total entre los panales cosechados.

Mansedumbre: Se calculó mediante la prueba de cuero, la cual consistió en utilizar un trozo de cuero negro de 10 cm x 10 cm, amarrado de un hilo en una de sus esquinas y moverlo en forma de péndulo al frente de la piquera durante 1 minuto. Se estimuló la agresiva de la colmena golpeando la tapa con un objeto solido de 2Kg, dejándolo caer a una altura de 30 cm. Una vez transcurrido el tiempo se guardó el trozo de cuero en una bolsa plástica identificada con el número correspondiente de la

colmena, posteriormente se procedió con la contabilización de los aguijones. Esta prueba se realizó en tres ocasiones, en un lapso de tiempo de 30 días y se trabajó con el promedio de aguijones de cada colmena.

Para su clasificación se creó una escala de Likert con referencia a la clasificación de defensividad de colmenas realizado por Rosero (2006), en donde se dividió en 10 categorías de acuerdo a los promedios de aguijones.

Tabla 3. *Clasificación de mansedumbre*

| Categoría | Clasificación | Promedio de aguijones | Porcentaje de calificación (20%) |
|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 | Extremadamente defensivas | ≥ 90 | 2 |
| 2 | Altamente defensivas | 80-89 | 4 |
| 3 | Muy defensivas | 70-79 | 6 |
| 4 | Poco defensivas | 60-69 | 8 |
| 5 | Defensivas | 50-59 | 10 |
| 6 | Poco dócil | 40-49 | 12 |
| 7 | Medianamente dócil | 30-39 | 14 |
| 8 | Muy dócil | 20-29 | 16 |
| 9 | Altamente dócil | 10-19 | 18 |
| 10 | Extremadamente dócil | 0-9 | 20 |

Nota: Elaboración propia con base a Rosero (2006).

Infestación de *Varroa* en abejas adultas: se realizó a todas las colmenas la “Prueba del Frasco”, definida por el SENASA, (2010). Las muestras se obtuvieron tomando un marco en lo posible con predominancia de cría abierta, donde predomina las abejas nodrizas y en un frasco plástico de 200 ml con alcohol previamente identificado con el número de colmena, se deslizó suavemente de arriba hacia abajo para que cayeran las abejas dentro del recipiente, este procedimiento se repitió del otro lado del marco.

Posteriormente cada una de las muestras se agitó durante un lapso de 5 minutos y se vació el contenido en un tamiz de manera que permitió el paso de los ácaros desprendidos de las abejas hacia un recipiente, y se procedió a su contabilización.

Finalmente se calculó el porcentaje de infestación como lo muestra el paso seis de la Figura 2. Esta prueba se realizó en tres ocasiones cada 30 días, para trabajar con un promedio de infestación de *Varroa* por colmena.

Figura 2. Procedimiento a seguir para calcular el porcentaje de infestación de *varroa*



Nota: Imagen del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [SENASA], (2010).

Para asignar la calificación, se usó de referencia la escala de impacto descrita por Salamanca et al., (2012) en donde:

Tabla 4. Ponderación asignada de acuerdo al porcentaje de infestación de *Varroa*

| Porcentaje de infestación | Impacto | Calificación (10%) |
|---------------------------|---------------|--------------------|
| 0% | Reducido | 10 |
| 1% | Leve | 8 |
| 2% | Significativo | 6 |
| 3% | Notable | 4 |
| 4% | Severa | 2 |
| Igual o mayor a 5% | Muy Fuerte | 0 |

Nota: elaboración propia ajustada a la clasificación hecha por Salamanca (2012).

A las variables se les asignó un porcentaje final de calificación, de acuerdo a su mayor importancia, de tal forma que al sumar las cuatro variables dieran una nota de 100% (Tabla 5). Para eso se discutió previamente con especialistas en apicultura, y con personas apicultoras de experiencia, como el presidente de la Cámara Nacional de Fomento a la Apicultura (Alfredo Herrera Rodríguez

conversación vía telefónica, 19 de diciembre del 2024), con el presidente de la Asociación de Productores Apícolas de Liberia (Mario Obando Espinoza, conversación vía telefónica el 26 noviembre del 2024), con el presidente de la Asociación de Apicultores de Jicaral (Jhosman Salas Baltodano, conversación personal el 18 de julio del 2025), Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria [INTA] (Ana Cubero Murillo, conversación personal el 18 de julio del 2025), y con el Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales [CINAT] (Juan Soto Gonzales, conversación vía telefónica el 7 de octubre del 2025).

Después de escuchar las opiniones y debatir los diferentes puntos de vista de las personas entrevistadas, se llegó a la conclusión que un alto porcentaje de conducta higiénica significa una abeja sana y resistente a enfermedades, por esta razón se decidió asignar la mayor puntuación 40%. De manera que un 100% de CH, equivale a un 40% de calificación final.

El segundo criterio de mayor importancia fue la producción de miel la cual se le asignó un 30%, esto debido a que muchas familias apicultoras subsisten por la venta de este alimento. Para poder calcular este porcentaje se le asignó el 30% de calificación final a la colmena con el promedio de producción más alto y posteriormente se calculó los demás porcentajes por medio del método de regla de tres.

A la mansedumbre se le otorgó un 20%, pues como indicaron dos de las personas entrevistadas no les interesa que una colonia sea agresiva siempre y cuando le genere altos rendimientos productivos, y aunque sea tedioso de manipularlas coinciden que se puede lograr con el ahumador y el equipo de protección necesario. La estimación de este porcentaje dependió de la cantidad de aguijones contabilizados de cada colmena (Tabla 3).

Por último, la variable de infestación de *Varroa* se le asignó un 10%, pues a pesar de que es la principal enfermedad que afecta a la apicultura, existen diversos acaricidas en el mercado que se pueden utilizar para prevenirla. Para la calificación final de esta variable se relacionó de manera inversa con el porcentaje de infestación de varroa (ver tabla 4). Es importante mencionar que para este ensayo se realizó un manejo de varroa aplicando acaricida al inicio de la época lluviosa, así como un monitoreo del crecimiento de infestación.

Tabla 5. Porcentaje final de calificación asignado a cada variable de estudio

| Variable | Valor |
|------------------------------|-------|
| Conducta higiénica | 40% |
| Productividad | 30% |
| Mansedumbre | 20% |
| Infestación de <i>Varroa</i> | 10% |
| Total | 100% |

4.6. Análisis estadístico

El análisis de componentes principales muestra un panorama sobre las similitudes y las diferencias que existen entre las colmenas de acuerdo con las variables analizadas, además de las correlaciones que existen entre ellas. Para simplificar el número de datos y evaluar de manera integral las similitudes y diferencias de las colmenas se realizó un análisis de componentes principales (PCA), a través del software RStudio (R Core Team, 2023).

Asimismo, se calculó un índice de selección simplificado, usando como referencia un estudio elaborado por Van Engelsdorp y Gard (2000). Cuando se realiza un análisis de índice de selección se requieren datos de heredabilidad tanto del padre como de la madre; sin embargo, dichos autores indican que estos valores se pueden justificar debido a la gran complejidad de las relaciones genéticas entre las abejas, lo que complica que sean difíciles de determinar. Ante la ausencia de estas estimaciones se puede realizar un índice de selección modificado (I_{mod}), en donde se utiliza las evaluaciones de las variables (Z_i), y valores económicos asignados a cada variable (V_i).

$$I_{mod} = \sum_1^n Z_i V_i$$

Fórmula propuesta por Van Engelsdorp y Gard, en donde:

I_{mod} = Índice de selección modificado

\sum_1^n = Suma cuadrados

Z_i = Evaluación de las variables

V_i = Valores económicos*

*Nota: para el caso de este ensayo los valores económicos de las variables, fueron sustituidos por los porcentajes de calificación final asignados a cada variable.

5. RESULTADOS

A Continuación, se describen los resultados obtenidos de cada variable:

5.1 Variable conducta higiénica

Ninguna de las 17 colmenas evaluadas mostró un promedio de conducta higiénica del 100%, no obstante, las colmenas número 8, 9 y 14, presentaron porcentajes por encima de 95%, considerados como altamente higiénico. Por otra parte, las colmenas 1, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15 y 17 fueron colmenas moderadamente higiénicas en donde la capacidad de limpiar las celdas estuvo en un rango entre 95% y 75% de CH. La que presentó la menor capacidad de limpiar sus celdas fue la colmena 4, con un porcentaje de 59,8% de CH, la cual fue la única que se catalogó como levemente higiénica (Figura 3). En cuanto al porcentaje final de calificación de esta variable, las colmenas que obtuvieron los valores más cercanos al 40%, fueron la número 8, 9 y 14 con 38,6%, 38,2% y 38,2% respectivamente (Anexo 2).

Figura 3. Promedio de Conducta higiénica y calificación obtenida en cada colmena

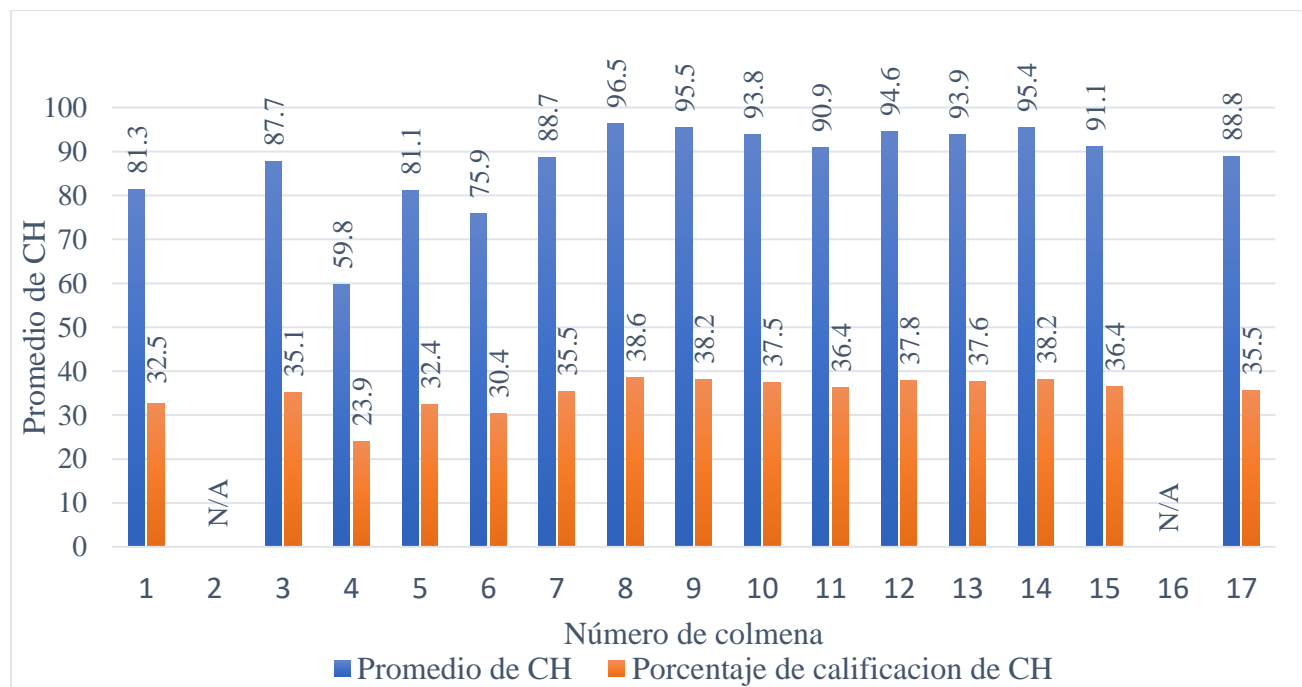
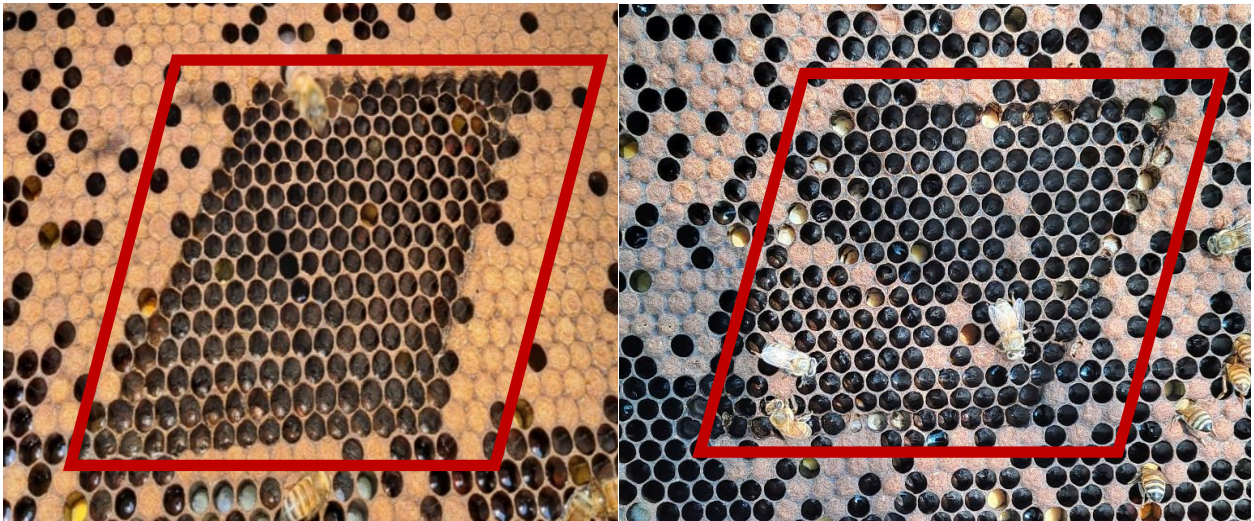


Figura 4. Diferencia entre dos panales, 24 horas después de realizada la prueba de conducta higiénica



De acuerdo a la figura 4, el panel de la izquierda pertenece a la colmena 9, la cual mostró un promedio de conducta higiénica del 96,5%, nótese como la mayoría de las celdas se encuentran totalmente limpias 24 horas después de realizar la prueba. El panel de la derecha fue una de las mediciones de la colmena 4, la cual representa un 59,8 % de CH, esta muestra celdas sin limpiar, se observan aun crías muertas dentro de las celdas, esto quiere decir que su capacidad olfatoria es menos eficiente en cuanto a la detección, eliminación y limpieza de las celdas.

5.2 Variable producción de miel

La floración de la zona permitió realizar dos cosechas de miel, la primera se realizó a inicios de febrero y la segunda a finales de abril. En la primera cosecha se obtuvo un total de 153,8 Kg de miel, teniendo un promedio de producción de 9 Kg por colmena y un rendimiento de 2,1 Kg por panel, las tres colmenas más productivas fueron la número 15 y 17 ambas con 20,8 Kg de miel, y la colmena 16 con 18,7Kg.

En la segunda cosecha se obtuvo un total de 144,6 Kg, con un rendimiento de 8,5 Kg por colmena y un peso de 1,8 Kg por panel cosechado; las colmenas más productivas fueron la numero 3, 5, 15 y 16 todas con peso de 14,4 Kg. (Anexo 4). Solamente las colmenas 15 y 16 repitieron como las más productivas tanto en la primera, como segunda cosecha.

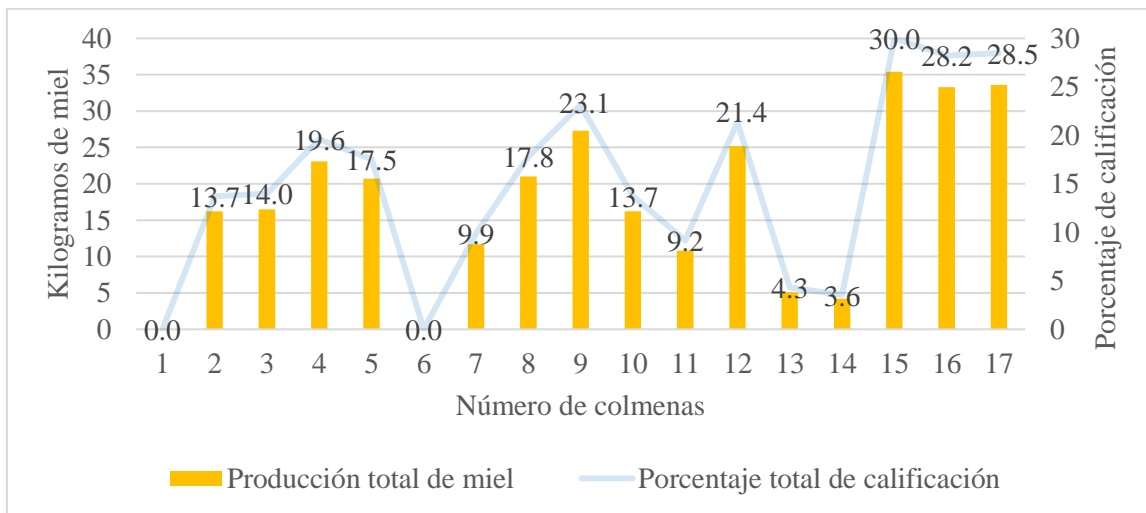
En cuanto a la producción total, el promedio de producción de miel por colmena fue de 8,75 Kg y un peso promedio por panel de 1,9 Kg. Destacaron la número 15, 16, y 17, con pesos de 35,2 Kg, 33,1 Kg y 33,4 Kg respectivamente. Sin embargo, se debió descartar de la selección final al

número 16, pues esta se perdió por los fuertes vientos (ver anexo 5), ante esta situación la colmena número 9 pasó a ser la tercera en mejor producción, con un rendimiento de 27,1 Kg.

En cuanto al porcentaje final de esta variable, las colmenas que obtuvieron los valores más cercanos o igual al 30%, fueron la 9, 15 y 17 con porcentajes de 23.1%, 30% y 28,5% respectivamente (Anexo 6).

Como dato adicional la miel cosechada presentó una coloración negra, con sabor similar a la tapa de dulce, generalmente estas características organolépticas no son las más adecuadas para su comercialización.

Figura 5. Producción total de miel en Kilogramos por colmena



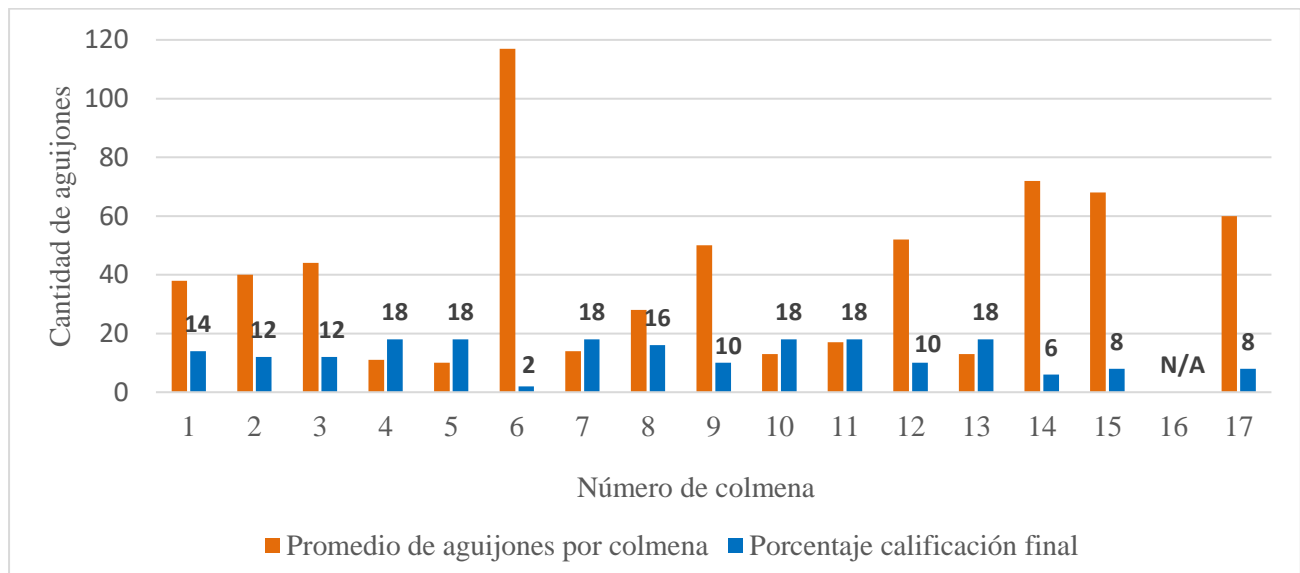
5.3 Variable mansedumbre

La mayoría de colmenas se catalogaron como altamente dóciles (4, 5, 7, 10, 11 y 13), siendo la colmena 5 la que menor promedio registró con solamente 10 unidades (Tabla 6). Por su parte la colmena 6 fue la más agresiva de todas con un promedio de 117 aguijones, y catalogada como extremadamente defensiva.

Tabla 6. Clasificación de mansedumbre de cada colmena, de acuerdo al promedio de agujones

| Número de colmena | Promedio de agujones (unidades) | Clasificación |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1 | 38 | Medianamente dócil |
| 2 | 40 | Poco dócil |
| 3 | 44 | Poco dócil |
| 4 | 11 | Altamente dócil |
| 5 | 10 | Altamente dócil |
| 6 | 117 | Extremadamente defensiva |
| 7 | 14 | Altamente dócil |
| 8 | 28 | Muy dócil |
| 9 | 50 | Defensivas |
| 10 | 13 | Altamente dócil |
| 11 | 17 | Altamente dócil |
| 12 | 52 | Defensivas |
| 13 | 13 | Altamente dócil |
| 14 | 72 | Muy defensivas |
| 15 | 68 | Poco defensivas |
| 16 | NA | NA |
| 17 | 60 | Poco defensivas |

Figura 6. Promedio de agujones y porcentaje de calificación por colmena



Como se muestra en la Figura 6, el porcentaje de calificación las colmenas que obtuvieron los valores más cercanos al 20% fueron las número 4, 5, 7, 10, 11 y 13 todas con un valor de 18%, lo cual indica que son colmenas altamente dóciles y candidatas para la selección en esta variable.

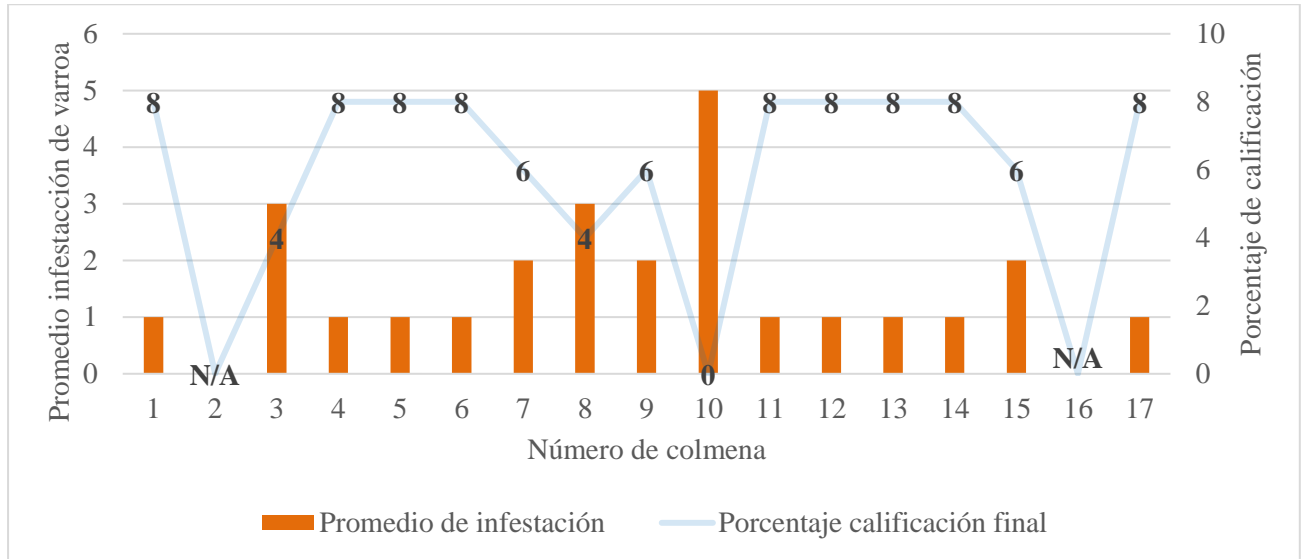
5.4 Variable infestación de *V. destructor*

Los resultados indicaron que las colmenas número: 1, 4, 5, y 6 mostraron promedios de infestación de *Varroa* del 1% lo que representa un impacto leve. Las colmenas 7, 9 y 15 obtuvieron un promedio del 2% con un impacto significativo. Las colmenas 3 y 8 con un promedio del 3% de infestación lo que representa un impacto notable, por último, la colmena 10 obtuvo un 5% de infestación de *Varroa* lo que significó un impacto muy fuerte (Tabla 7 y Figura 7).

Tabla 7. Impacto general de infestación de *Varroa* de cada colmena

| Numero de colmena | Porcentaje promedio infestación de <i>V. destructor</i> | Impacto |
|-------------------|---------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | 1 | Leve |
| 2 | NA | NA |
| 3 | 3 | Notable |
| 4 | 1 | Leve |
| 5 | 1 | Leve |
| 6 | 1 | Leve |
| 7 | 2 | Significativo |
| 8 | 3 | Notable |
| 9 | 2 | Significativo |
| 10 | 5 | Muy fuerte |
| 11 | 1 | Leve |
| 12 | 1 | Leve |
| 13 | 1 | Leve |
| 14 | 1 | Leve |
| 15 | 2 | Significativo |
| 16 | NA | NA |
| 17 | 1 | Leve |

Figura 7. Promedio de infestación de *Varroa* y porcentaje final de calificación

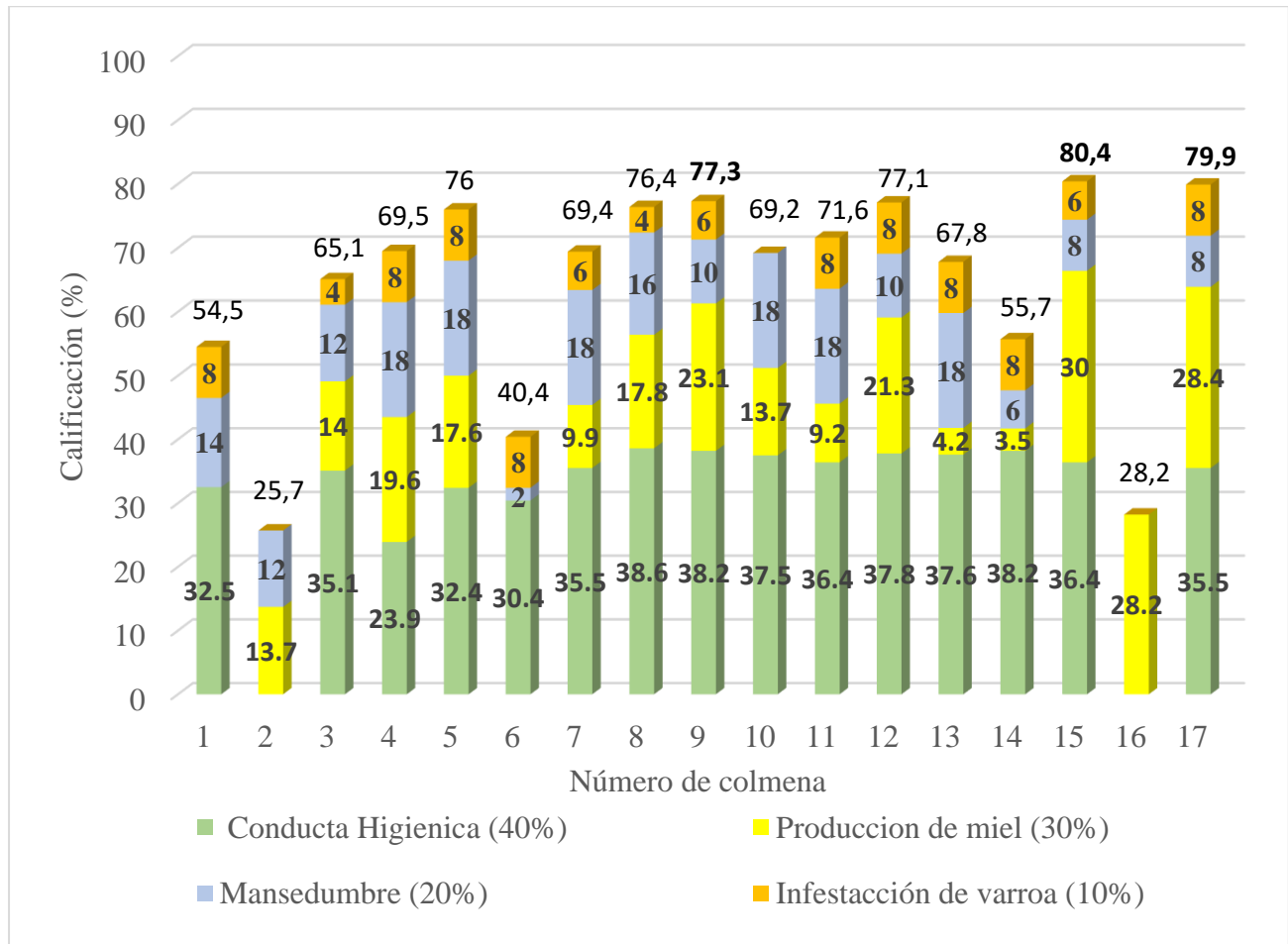


Como se muestra en la Figura 7, en el caso de las colmenas 2 y 16 no se consideraron por motivo que la colmena 2 no presentó panales apropiados para la toma de la muestra, mientras que la número 16 se perdió por los fuertes vientos como se mencionó anteriormente. Explicado esta situación, todas las demás colmenas evaluadas presentaron al menos algún grado de infestación de *Varroa*.

5.5 Calificaciones finales

La Figura 8 muestra el porcentaje de calificación de cada una de las variables, como también la ponderación final de cada colmena. Los resultados más altos fueron la 9, 15 y 17 por lo que estas fueron las seleccionadas como pie de cría para iniciar con la reproducción de reinas. Esta evaluación se realizó de forma integral y no necesariamente estas colmenas obtuvieron los porcentajes más altos de cada variable.

Figura 8. Calificaciones finales de las colmenas



Elaboración propia.

5.6 Análisis de componentes principales

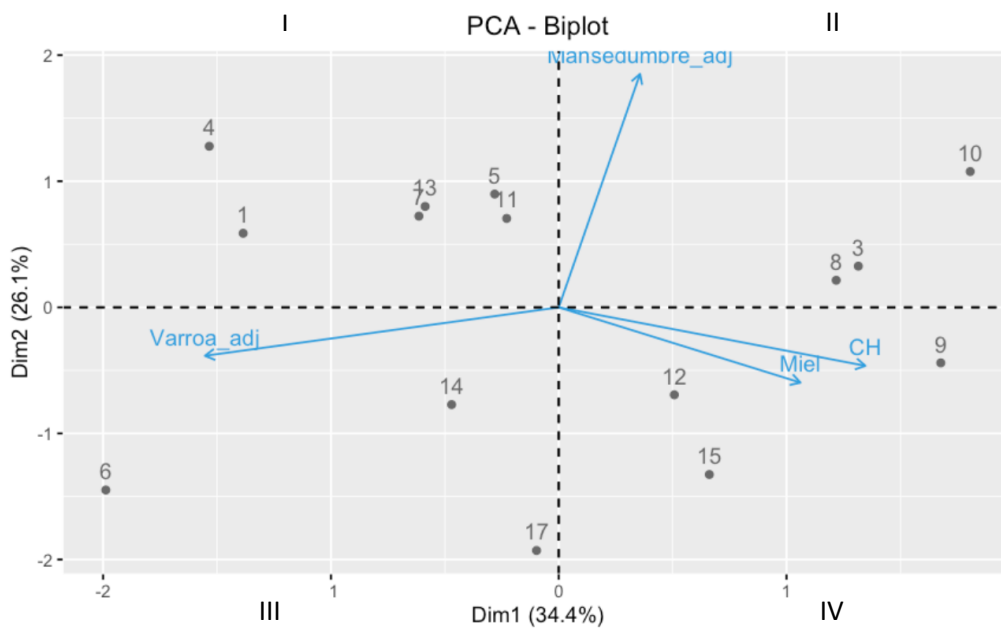
Los datos dentro del plano de la Figura 9 indican qué tan similares o distintas son las colmenas contemplando todas las variables de manera integral. Los puntos numerados representan las colmenas analizadas, aquellos que se encuentran cercanos el uno con el otro significa que son colmenas muy similares entre sí, mientras que los puntos que se encuentran distantes significan que son colmenas muy diferentes. Así mismo las flechas azules indican hacia cuál variable están más orientadas las colmenas. Las variables de conducta higiénica y productividad se alinean hacia la derecha inferior (cuadrante 4); esto significa que existe cierta similitud entre las colmenas 12 y 15, con respecto a esas variables.

Por su parte el vector de la variable mansedumbre apunta hacia arriba (cuadrante 2), en este caso las colmenas 3 y 8 parecen ser muy similares entre sí. No obstante, también se logran visualizar colmenas totalmente distintas como lo es el caso de la 6 y 10.

En el caso de las colmenas seleccionadas 9, 15 y 17 los puntos no se encuentran tan cercanos entre sí, a excepción de la 9 y 15 que se encuentran en el mismo cuadrante, más orientadas entre las variables de productividad y conducta higiénica. No obstante, la colmena 17 se localizó en el tercer cuadrante estando más orientada entre las variables de *Varroa* y productividad por lo que no necesariamente las mejores colmenas se ubicaron en el mismo cuadrante.

El gráfico, además, muestra a la colmena 12 dentro del tercer cuadrante junto a la 9, y muy cercana a la 15, siendo la cuarta mejor colmena como lo refleja los resultados generales.

Figura 9. Análisis de componentes principales de las colmenas en relación a las variables.



5.7 Índice de selección

A continuación (Tabla 8), se muestran los resultados del índice de selección modificado (I mod), con base en la fórmula plantada por Van Engelsdorp y Gard, proporcionando una visión más clara de los datos de cada variable.

Tabla 8. Resultados generales del índice de selección por cada colmena

| Colmena | Valor V CH | Valor V Producción | Valor V Mansedumbre | Valor V Varroa | I mod |
|---------|---------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-------------|
| 1 | 0.05 | -0.47 | 0.04 | 0.07 | -0.30 |
| 2 | -1.02 | -0.04 | 0.03 | -0.19 | -1.21 |
| 3 | 0.14 | -0.03 | 0.01 | -0.06 | 0.05 |
| 4 | -0.23 | 0.15 | 0.20 | 0.07 | 0.19 |
| 5 | 0.05 | 0.08 | 0.21 | 0.07 | 0.41 |
| 6 | -0.02 | -0.47 | -0.42 | 0.07 | -0.84 |
| 7 | 0.15 | -0.16 | 0.18 | 0.01 | 0.18 |
| 8 | 0.25 | 0.07 | 0.10 | -0.06 | 0.36 |
| 9 | 0.24 | 0.26 | -0.03 | 0.01 | 0.47 |
| 10 | 0.21 | -0.04 | 0.19 | -0.19 | 0.18 |
| 11 | 0.18 | -0.18 | 0.16 | 0.07 | 0.24 |
| 12 | 0.23 | 0.20 | -0.04 | 0.07 | 0.46 |
| 13 | 0.22 | -0.34 | 0.19 | 0.07 | 0.14 |
| 14 | 0.24 | -0.35 | -0.16 | 0.07 | -0.20 |
| 15 | 0.18 | 0.47 | -0.14 | 0.01 | 0.52 |
| 16 | -1.02 | 0.41 | -0.42 | -0.19 | -1.21 |
| 17 | 0.15 | 0.42 | -0.09 | 0.07 | 0.56 |

*Valores más altos.

Según la fórmula planteada por los autores, las colmenas sobresalientes en el índice de selección son aquellas con el I mod más cercano a 1, los cálculos efectivamente muestran a las colmenas 9, 15 y 17 con estos valores, lo que reafirma a estas colmenas como las mejores. En el caso de la colmena número 12 quedó en la cuarta posición solamente por una centésima por debajo de la colmena 9.

6. DISCUSIÓN

A pesar de que las colmenas con calificaciones más altas fueron las 9, 15 y 17, esto no quiere decir que hayan sobresalido en cada una de las pruebas realizadas. La colmena 9 destacó en conducta higiénica, la colmena 15 fue la más productiva, y la colmena 17 fue más eficiente en el manejo de *Varroa*. No obstante, ninguna de las tres colmenas destacó en la prueba de mansedumbre y se catalogaron entre defensivas y poco defensivas, sin embargo no se obtuvo ningún problema severo de agresividad durante las mediciones. A continuación, se discute cada una de las variables evaluadas:

6.1 Variable conducta higiénica

En el caso de esta variable las colmenas número 8, 9 y 14, obtuvieron los promedios más altos de CH por encima del 95% y consideradas como altamente higiénicas; esto quiere decir que en estas colonias las abejas fueron capaces de detectar, eliminar y limpiar en más de un 95% las celdas en un lapso de 24 horas. Al tener colmenas con este comportamiento es valioso para un apiario pues son colonias que tienen la capacidad de interrumpir con el ciclo infeccioso de patógenos.

Sin embargo, la colmena 8 y 14 no lograron obtener calificaciones finales altas por lo tanto no se seleccionaron dentro de las tres mejores. Para el caso de la colmena 8 su calificación final (76.4%) estuvo muy cercana a la tercer mejor colmena (77.3%), mientras que la calificación de la colmena 14 fue considerablemente más baja (55.7%), esto se debió principalmente a su bajo rendimiento de producción de miel, provocando que el porcentaje de esa variable disminuyera considerablemente. No obstante, la colmena 8 puede considerarse para la reproducción exclusiva de zánganos, los cuales pueden ayudar aportar esta característica en su progenie.

En cuanto a las colmenas 15 y 17, estas obtuvieron porcentajes de conducta higiénica de 91,1% y 88,8%, catalogadas como moderadamente higiénicas.

Varias de las colmenas con altos porcentajes de CH, fueron las que tuvieron mayores rendimientos en producción de miel, lo que coincide con el estudio de Roselo (2006), sin embargo hubo excepciones como lo fue la colmena 14 la cual tuvo un promedio de CH de 95,4%, y un rendimiento de miel de 3,6 Kg.

6.2 Variable producción de miel

El promedio de producción de miel de este ensayo fue de 19,8Kg por colmena. Este rendimiento fue muy similar a los resultados del censo apícola realizado por el Ministerio de Agricultura y ganadería del año 2021, en donde el promedio de producción fue de 19,4 Kg, este dato podría significar que no ha habido un mejoramiento en los apiarios del país.

Las colmenas más productivas fueron la 9, 15, y 17 con 23,1 Kg, 30 Kg, y 28,4 Kg respectivamente, estas coincidieron ser las mejores tanto en esta variable como en el porcentaje de calificación final. Estas colmenas duplican la producción en comparación a otras colmenas del ensayo, se observó diferencias de producción de hasta 29 Kg una colmena a otra. Según Nates (2011), en algunas líneas de abejas las obreras salen a pecorear precozmente permitiendo una mayor recolección de néctar y polen, y por consecuencia una mayor producción de miel. Precisamente este tipo de

colonias son las que deben de utilizar para la reproducción de reinas, pero no solamente que destaque en la parte productivas sino en las otras variables analizadas.

En cuanto a las características organolépticas de la miel cosechada, esto pudo deberse a la ubicación del apiario, pues se encuentra cerca de áreas de cañales siendo los meses de enero, febrero y marzo cuando se da la floración de la planta.

6.3 Variable mansedumbre

Todas las pruebas de mansedumbre realizadas presentaron picaduras en la banderilla, sin embargo, en el promedio de aguijones contabilizados hubo diferencias de hasta 107 unidades entre una colmena de otra, esto puede indicar que las colmenas utilizadas para este ensayo tienen colonias de abejas con tendencia africanizadas como también líneas con características europeas.

Con la metodología realizada, ninguna de las colmenas con los promedios más bajos en mansedumbre fue elegida, pues sus calificaciones finales no lograron ubicarse dentro de las tres más altas para ser seleccionadas según los objetivos de este ensayo. Sin embargo, las colmenas que presentaron bajo porcentaje de aguijones y clasificadas como altamente dóciles se pueden utilizar exclusivamente para la producción de zánganos pues esta es una característica altamente heredable Guzmán et al., (2011). La colmena 5 puede ser una candidata para la reproducción exclusiva de zánganos, pues presentó el promedio más bajo de aguijones con solamente 10 unidades. Otra colmena con potencial para la reproducción de machos fue la 10, la cual obtuvo un promedio de 13 aguijones y un porcentaje de CH bastante aceptable.

A pesar que hubo una colmena clasificada como altamente defensiva, es importante mencionar que después de la prueba, se tranquilizó en un lapso de tiempo no mayor a 5 minutos con el uso del ahumador. Esto demuestra que, aunque haya sido la colmena más agresiva, fue sumamente fácil de calmarla, tampoco presentó problema para realizar las mediciones en las demás colmenas.

6.4 Variable infestación de *V. destructor*

En general a todas las colmenas que se les realizó la prueba presentaron algún grado de infestación de *Varroa*.

Del total de colmenas, doce obtuvieron promedios de infestación que van del 1% al 3%, estos porcentajes se consideran como bajos pues no provoca la mortalidad en la colonia en el momento Alomía et al., (2024). Sin embargo, esto puede aumentar a través del tiempo, por lo que es un indicador para la aplicación de acaricidas.

Las colmenas que obtuvieron menor cantidad de *Varroa* podría deberse a que algunas colonias de abejas poseen la habilidad de detectar, morder, retirar y eliminar los ácaros que se encuentran sobre las abejas adultas, este tipo de comportamiento se le conoce como acicalamiento (Danka y Villa 2005, citado por Araneda et al., 2010). Sin embargo, para poder confirmar esto, es importante incluir esta variable en las futuras mediciones del apiario y compararlo con el porcentaje de infestación de *varroa*.

6.5 Índice de selección modificado

Para poder realizar la prueba de índice de selección modificado con la misma cantidad de unidades observacionales en cada una de las variables, se decidió colocar los valores más bajos en aquellas colmenas donde no se realizó alguna de las mediciones.

El índice de selección, sintetizó los valores de los rasgos analizados en un único puntaje, el valor más alto sugiere una combinación genética superior según los criterios de selección establecidos.

Las colmenas destacadas muestran los índices de selección más altos y por lo tanto las candidatas primordiales para la reproducción y mejora genético:

Colmena 17 (I mod = 0.56): Presentó el índice más alto, aunque su valor de producción es bueno (0.42), su comportamiento higiénico no es el más destacado (0.15). Esto sugiere que el índice podría estar ponderado por las otras variables como la mansedumbre (-0.09) y la resistencia a *Varroa* (0.47).

Colmena 15 (I mod = 0.52): esta colmena muestra un alto valor de producción (0.47) y un buen comportamiento higiénico (0.18), su valor de mansedumbre fue negativo (-0.14), y su valor de *Varroa* (0.01).

Colmena 9 (I mod = 0.47): se destacó por tener un valor alto en comportamiento higiénico (0.24) y de producción (0.26). Sin embargo, su valor de mansedumbre fue bajo (-0.03) y su resistencia a la *Varroa* fue de (0.01).

7. CONCLUSIONES

Con las mediciones y metodología realizada se cumplió con el objetivo principal de identificar las mejores colmenas, siendo la 9, 15 y 17 las candidatas idóneas para la crianza de reinas. Esta

selección se confirmó mediante un índice de selección modificado, lo que permitió evaluar todas las variables de una manera integral.

La metodología se puede implementar en cual parte del país y puede ser realizada por cualquier productor de acuerdo a las necesidades que se tengan en el apiario, ya que es una técnica accesible de aplicar y no requiere de equipo especializado.

Aparte de las colmenas seleccionadas, el apiario posee colmenas con un comportamiento altamente higiénico (8,14) lo cual es una característica crucial para prevenir brotes de patógenos, además de las colmenas altamente dóciles (5,10,11), sin embargo, no todas lograron alcanzar las calificaciones finales altas para ser seleccionadas, por lo que de estas colmenas se podrían utilizar, pero solo para mejorar la variable en la que sobresalieron.

8. RECOMENDACIONES

Trasladar las colmenas seleccionadas a un lugar adecuado para iniciar con la reproducción de reinas, mientras que para la reproducción de zánganos las colmenas número 8, 10 y 11 son recomendadas debido a su mansedumbre y por sus porcentajes de conducta higiénica aceptables.

Se recomienda cambiar las reinas y seguir evaluando las colmenas, esto con el objetivo de dar continuidad y validar estabilidad genética

Durante este ensayo se vio la necesidad de evaluar otras variables que no estuvieron contempladas desde un inicio como el comportamiento de acicalamiento, el tamaño de la población de abejas, producción de propóleo y la capacidad de pecoreo, por lo que se pueden incluir en las futuras mediciones y ajustar los porcentajes de calificación final.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamilla, J.C. Pavón, C. Oreza, W. Caamal, J.H. Aceves, E. (2017). “Autoproducción de abejas reinas”. *Revista colombiana de Entomología*. 36 (2), p 232-234. https://www.researchgate.net/publication/320434322_Autorpoduccion_de_abejas_reina
- Alomía, J. Gonzales, M. Baltazar, M. Cañari, M. Estrada, H. (2024). Incidencia e infestación por *Varroa destructor* (Mesostigmata – Varroidae) en *Apis mellifera* africanizada en colmenas de Alto Villa Victoria, Satipo. *Revista Científica Pakamuros*. Volumen 12, Número 2, Abril-Junio, 2024, Páginas 18 al 26. DOI: <https://doi.org/10.37787/xjys8r73>
- Araneda, X. Pérez, R. Castillo, C. Medina L. (2008). Evaluación del comportamiento higiénico de *Apis mellifera*, en relación al nivel de infestación de *Varroa destructor* Anderson y Trueman
- Arechavaleta M.E. García, C. Alvarado, L.Y. Ramírez, F.J Alcalá, K.I (2021). Resultados e impacto de la investigación en genética y mejoramiento genético de las abejas melíferas desarrollada por el INIFAP en México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2021;12(Supl 3):224-242
- Arias, G. (2017). Evaluación genética, siguiendo parámetros de producción, mansedumbre e higiene, para la obtención de reinas pie de cría de abejas *Apis mellifera* en Llano la Mesa de Acosta, San José, Costa Rica [Tesis de licenciatura]. Universidad estatal a Distancia.
- Barrera, A. (s,f). *Manual de crías de Abejas reina*. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Agricultura, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). México. https://www.mieldemalaga.com/data/cria_de_reinas.mex.pdf
- Brizuela, F. (2003). Flujo génico, comportamiento defensivo y efecto de la temperatura en colonias de *Apis mellifera* infestadas con *Varroa destructor*. <http://eprints.uanl.mx/5797/1/1020149225.PDF>
- Calderón. R.A. Sánchez, L.A. (2011). “Diagnóstico de enfermedades en colmenas de abejas africanizadas en Costa Rica: prevalencia y distribución de setiembre a noviembre del 2007”. *Revista Agronomía Costarricense volumen 35* (2): 49-60. ISSN:0377-9424 / 201. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v35n2/a04v35n2.pdf>
- Calderón, R.A. Ramírez, F. Moreno J.R. (2011). Manual de capacitación: Transferencia tecnológica para el manejo de los apiarios. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-10525.pdf>
- Calderón, R.A. Padilla, S. Ramírez, M, (2019). “Estudio preliminar sobre la presencia de enfermedades en enjambres de abejas africanizadas (*Apis mellifera*) en diferentes zonas de

- Costa Rica”. *Rev. Ciencias Veterinarias*, Vol. 37, N° 1, [13-25], E-ISSN: 2215-4507, enero-junio, 2019. <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/index>
- Calderón, R.A. Ramírez, F. (2006). Manual de capacitación: producción de reinas en regiones africanizadas. Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-10527.pdf>
- Calderón, R.A. Ramírez, F. (2013). *Enfermedades de las abejas melíferas con énfasis en abejas africanizadas*. EUNA.
- Calderón, R.A. Zamora, L.G. (2004). Manual de capacitación. Tomo dos: control integrado del acaro *Varroa destructor*. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L73-10694.PDF>
- Contreras, D.N. Pérez, M.I. Payro, E. Rodríguez. Castañeda, E. Gómez, R.M. (2016). “Comportamiento defensivo, sanitario y producción de ecotipos de *Apis mellifera* L. en Tabasco, México”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, volumen 7 (8), p. 1867-1877. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n8/2007-0934-remexca-7-08-1867.pdf>
- Espinosa, L.G. Guzman, E. Sanchez, A. Montaldo, H.H. Correa, A. (2008). Estudio comparativo de tres pruebas para evaluar el comportamiento higiénico en colonias de abejas (*Apis mellifera* L.). <https://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v39n1/v39n1a4.pdf>
- Esquivel, S. Macías, J.O. Tapia, J.M. Contreras, F. de León, M.J. (2015). Selección de abejas (*Apis mellifera*) con baja defensividad y su relación con el ambiente en Jalisco, México. *Scielo*. <https://www.scielo.org.mx/pdf/av/v5n1/2448-6132-av-5-01-00044.pdf>
- Gamez, (2017). Selección de colonias de (*Apis mellifera* L.) para la caracterización de las principales cualidades que influyen en la producción de miel de abeja <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15243/1/13101654.pdf>
- Garza, J. (2021). Costa Rica desaprovecha su potencial en apicultura. Diario digital *La Republica*. <https://www.larepublica.net/noticia/costa-rica-desaprovecha-su-potencial-en-apicultura>
- Galindo, A; Quiroga, O.B. Bianchi, E. Ayup, M.M. (2017). Primer reporte de un área de congregación de zánganos de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) de Argentina. *Scielo*. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-56802017000100007&lang=es
- Garry, S., Parada Gómez, Á. M., Salido Marcos, J. (2017). Incorporación de mayor valor en la cadena de la miel y productos derivados de la colmena en el Pacífico Central, Costa Rica. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42232/1/S1700970_es.pdf

- Guzmán, E. Correa, A. Espinosa, L.G. Guzmán, G. (2011). Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Scielo*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922011000200005&lang=es
- Ibrahim, A. Spivak, M. 2006. “The relationship, between hygienic behavior and supression of mite reproducction as honney bee (*Apis mellifera*), mechanism of resistance to varroa destructor”. *Apidologie* (37):31-40.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo). (2015). VI Censo Nacional Agropecuario Resultados Generales. INEC.
https://admin.inec.cr/sites/default/files/media/reagropeccenagro2014-002_0_3.pdf
- Agronet. (2016). Manual de crianza selectiva para la producción de abejas reinas fecundadas de *Apis mellifera* en el departamento de Sucre.
<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/8806/1/MEMORIAS-PRODUCCI%C3%93N%20DE%20ABEJAS%20REINAS%20FECUNDADAS%2021-24%20JULIO%202016.docx.pdf>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2009). Manual de apicultura básica para Honduras / IICA – Tegucigalpa. IICA. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/2631>
- Jiménez, E. (2020). Familia de insectos de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 1ª ed.
- Martínez, J.F. Medina, L.A. (2011). Evaluación de la resistencia del ácaro *Varroa destructora* al fluvalinato en colonias de abejas (*Apis mellifera*) en Yucatán, México Redalyc.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265619707009>
- Mortensen, A. Smith, B. Ellis, J. (2015). The social organization of honey bees. University of Florida.
<https://journals.flvc.org/edis/article/view/132459>
- Moya, R. (2022). La abeja africanizada (*Apis mellifera scutellata*). <https://elmundo.cr/opinion/la-abeja-africanizada-apis-mellifera-scutellata/>
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). (2024). Condiciones actuales del tiempo. Estación meteorológica de ingenio Taboga. <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionTaboga.html>
- Nate, G. (2011). Genética del comportamiento: Abejas como modelo. Acta biol. Redalyc.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319027888015>

Neumann, P. Straub, L. (2023). Beekeeping under climate change. JOURNAL OF APICULTURAL RESEARCH 2023, VOL. 62, NO. 5, 963–968
<https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2247115>

ONU-FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (15 de mayo de 2023). Día Mundial de las Abejas 20 de mayo. FAO. <https://www.fao.org/world-bee-day/es/>

Padilla, F. Flores, J.M. Campano, F. Gómez M.M. (2010). La mejora genética en la apicultura (I) Departamento de Zoología. Campus Universitario de Rabanales. Córdoba. España.
<http://www.uco.es/resultados.html?cx=004105944070986911672%3Anbtdm60cjl&cof=FO RID%3A11&q=+La+mejora+gen%C3%A9tica+en+la+apicultura+>

Pérez, A. Demedio, J. (2014). “Evaluación de la conducta higiénica en colmenas de abejas *Apis mellifera* L, por el método del pinchado con dos instrumentos”. *Revista Salud Animal*, volumen (36), p.170-177. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2014000300006

R Core Team (2023). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Ramírez, M. Calderón, R.A. (2016). “Control del ácaro *Varroa destructor* en cría sellada de obrera al utilizar ácido fórmico y timol, en colmenas de abejas africanizadas, bajo condiciones tropicales”. *Nota Técnica Revista Ciencias Veterinarias volumen 34* (2), p. [95-102].
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/article/view/9032/10534>

Ramsey, S.D. Ochoa, R. Bauchan, G. Gulbranson, C. Mowery, J.D. Cohen, A. Lim, D. Joklik, J. Cicero, J.M. Ellis, J.D. Hawthorne, D. Vanengelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honeybee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>

Rosero, D. (2006). Selección de colmenas según características de alta producción de miel en los departamentos de Copán, El Paraíso, La Paz y Ocotepeque. (Tesis de licenciatura).
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/187a7fb4-76d0-43c4-9ce7-b34c9ff2a7a1/content>

Sanin, J.A. (2022). El rey zángano, parte 1. <https://sada.org.ar/el-rey-zangano-parte-i/>

- Santos, E. Invernizzi, Ciro. (2018). Comportamiento de pecoreo de las abejas melíferas en manzanos de las variedades cripps pink y red chief. *Agrociencia Uruguay* vol.22 no.2 Montevideo nov. 2018.
http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S230115482018000200048#aff
- SENASA. (2023). Sistema Integrado de Registro de Establecimientos y Actividades Agropecuarias. Consulta en línea.
- SENASA. (2010). Recomendaciones para el control de varroasis.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/recomendaciones_para_el_control_de_la_varroosis_20101_0.pdf
- SINAC. (s.f.). Área de Conservación Arenal-Tempisque.
<https://www.sinac.go.cr/ES/ac/acat/Paginas/default.aspx>
- Spivak, M. (1996). "Honey bee hygienic behavior and defense against *Varroa jacobsoni*". *Apidologie*, 27(4), 245-260. <https://doi.org/10.1051/apido:19960407>
- Ulate, I. Vargas, E. (2018). *Metodología para elaborar una tesis*. Editorial EUNED. San José, Costa Rica.
- Vásquez, R.E. Camargo, E.R. Ortega, N.C. Maldonado, W. D. (2015). Implementación de buenas prácticas apícolas y mejoramiento genético para la producción de miel y polen. Bogotá (Colombia): Corpoica, 2015. 88 p
- Vásquez, O. Mestanza, B. Alarcón, R. (2016). Características morfométricas, comportamiento higiénico y agresividad de abejas criollas *Apis mellifera* sp. Universidad Cesar Vallejo, Perú.
<https://www.redalyc.org/journal/5217/521753139003/html/>
- Villegas, X. (2021). "Prevalencia y manejo integrado del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de abejas africanizadas". (Tesis de maestría).
<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/22212/MAT%20Xochitl%20Villegas%20M.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zúñiga, A. (2019). Estudio de factibilidad técnica y financiera para la producción de jalea real en la Zona del Pacífico Central, Costa Rica, 2019. (Tesis de maestría).
https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18327/TFG_Edgar%20Alonso%20Z%C3%BAiga%20P%C3%A9rez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

10.ANEXOS

Anexo 1. Bitácora de labores ejecutadas en el apiario durante el ensayo

| Mes | Actividad | Observaciones |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Octubre 2023 | Alimentación | Se realiza con marco de alimentación interno, a una relación 2:1 |
| Noviembre 2023 | Colocación de barrera rompeviento | Se realiza colocación de sarán por motivo de fuertes vientos. |
| Diciembre 2023 | Colocación de aislante de calor y colocación de láminas de zinc en las colmenas y alimentación de las colmenas | Se coloca aislante de calor entre la tapa y la lámina de zinc para disminuir temperatura. |
| Enero 2024 | Mantenimiento del apiario | Se realiza manejo de plantas arvenses alrededor de las colmenas con motoguadaña. |
| Febrero 2024 | Primera cosecha de miel | Primera cosecha se obtuvo en total 154 Kg de miel, se realiza la extracción y pesaje en la planta de ASOAPI en Jicaral. |
| Marzo 2024 | Mantenimiento del apiario y alimentación | Se realiza manejo de plantas arvenses, alimentación se realiza con marco interno, colmena 16 caída por fuertes vientos, se levanta y se coloca nuevamente en su lugar. |
| Abril 2024 | Segunda cosecha de miel | Segunda medición se obtuvo 143 Kg de Miel, se realiza extracción y pesaje de la miel en la planta de ASOAPI EN Jicaral. |
| Mayo 2024 | Primera medición de CH, mansedumbre e inafectación de Varroa | Se pierde colmena 16, colmena enjambro. Colmena 2 sin reina y sin cría, no hay panales adecuados para prueba de infestación de varroa. |
| Junio 2024 | Segunda medición de CH, mansedumbre e infestación de varroa Curación de Varroa | Adicionalmente se realiza mantenimiento de apiario. Colmena 2 sin reina y sin cría. |
| Julio 2024 | Tercera medición de CH, mansedumbre e infestación de varroa | Colmena 2 sin reina y sin cría. Colmena 7 colmena enferma (crías amarillas y salteadas). Colmena 11 no hay postura. |
| Agosto 2024 | Alimentación del apiario y curación de varroa | Se utiliza alimentador interno. |

| | | |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------|
| | | Se cura con Amitraz a dos paletas por colmena entre los marcos 3-4 y 7-8 |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------|

Anexo 2. Resultados de las mediciones de conducta higiénica

| Colmena | Primera medición | | | Segunda medición | | | Tercera medición | | | Promedio de CH | Porcentaje final de calificación |
|---------|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|-------|----------------|----------------------------------|
| | Celdas Pinchadas | Cría sin retirar | % CH | Celdas pinchadas | Cría sin retirar | % CH | Celdas pinchadas | Cría sin retirar | % CH | | |
| 1 | 197 | 50 | 74,6 | 51 | 5 | 90,2 | 120 | 25 | 79,2 | 81,3 | 32,5 |
| 2 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 3 | 245 | 53 | 78,4 | 87 | 8 | 90,8 | 132 | 8 | 93,9 | 87,7 | 35,1 |
| 4 | 243 | 52 | 78,6 | 106 | 65 | 38,7 | 129 | 49 | 62,0 | 59,8 | 23,9 |
| 5 | 265 | 43 | 83,8 | 78 | 1 | 98,7 | 135 | 53 | 60,7 | 81,1 | 32,4 |
| 6 | 113 | 30 | 73,5 | 125 | 28 | 77,6 | 167 | 39 | 76,6 | 75,9 | 30,4 |
| 7 | 129 | 23 | 82,2 | 72 | 6 | 91,7 | 103 | 8 | 92,2 | 88,7 | 35,5 |
| 8 | 178 | 14 | 92,1 | 116 | 0 | 100,0 | 112 | 3 | 97,3 | 96,5 | 38,6 |
| 9 | 135 | 15 | 88,9 | 125 | 3 | 97,6 | 113 | 0 | 100,0 | 95,5 | 38,2 |
| 10 | 213 | 11 | 94,8 | 115 | 0 | 100,0 | 126 | 17 | 86,5 | 93,8 | 37,5 |
| 11 | 186 | 0 | 100,0 | 69 | 6 | 91,3 | 210 | 39 | 81,4 | 90,9 | 36,4 |
| 12 | 188 | 8 | 95,7 | 88 | 2 | 97,7 | 125 | 12 | 90,4 | 94,6 | 37,8 |
| 13 | 149 | 9 | 94,0 | 122 | 3 | 97,5 | 145 | 14 | 90,3 | 93,9 | 37,6 |
| 14 | 164 | 15 | 90,9 | 115 | 1 | 99,1 | 136 | 5 | 96,3 | 95,4 | 38,2 |
| 15 | 138 | 13 | 90,6 | 145 | 25 | 82,8 | 119 | 0 | 100,0 | 91,1 | 36,4 |
| 16 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 17 | 147 | 11 | 92,5 | 125 | 20 | 84,0 | 128 | 13 | 89,8 | 88,8 | 35,5 |

*Nota: Número en negrita significa las colmenas con mejores promedios y calificaciones finales.

Anexo 3. Calificación de conducta higiénica

| Colmena | Promedio de CH (%) | Clasificación | Calificación (40%) |
|----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | 81,3 | Moderadamente higiénicas | 32,5 |
| 2 | 0 | NA | NA |
| 3 | 87,7 | Moderadamente higiénicas | 35,1 |
| 4 | 59,8 | Levemente higiénicas | 23,9 |
| 5 | 81,1 | Moderadamente higiénicas | 32,4 |
| 6 | 75,9 | Moderadamente higiénicas | 30,4 |
| 7 | 88,7 | Moderadamente higiénicas | 35,5 |
| 8 | 96,5 | Altamente higiénica | 38,6 |
| 9 | 95,5 | Altamente higiénica | 38,2 |
| 10 | 93,8 | Moderadamente higiénicas | 37,5 |
| 11 | 90,9 | Moderadamente higiénicas | 36,4 |
| 12 | 94,6 | Moderadamente higiénicas | 37,8 |
| 13 | 93,9 | Moderadamente higiénicas | 37,6 |
| 14 | 95,4 | Altamente higiénica | 38,2 |
| 15 | 91,1 | Moderadamente higiénicas | 36,4 |
| 16 | NA | NA | - |
| 17 | 88,8 | Moderadamente higiénicas | 35,5 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Producción de miel de cada cosecha.

| Número colmena | Primera cosecha | | Segunda Cosecha | | Producción total de miel | |
|-------------------------------------|------------------|------------|------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|
| | Panales con miel | KG | Panales con miel | KG | KG | Porcentaje total de calificación |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 6 | 12,5 | 2 | 3,6 | 16,1 | 13,7 |
| 3 | 1 | 2,1 | 8 | 14,4 | 16,4 | 14,0 |
| 4 | 5 | 10,4 | 7 | 12,6 | 23,0 | 19,6 |
| 5 | 3 | 6,2 | 8 | 14,4 | 20,6 | 17,6 |
| 6 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 3 | 6,2 | 3 | 5,4 | 11,6 | 9,9 |
| 8 | 4 | 8,3 | 7 | 12,6 | 20,9 | 17,8 |
| 9 | 7 | 14,6 | 7 | 12,6 | 27,1 | 23,1 |
| 10 | 6 | 12,5 | 2 | 3,6 | 16,1 | 13,7 |
| 11 | 0 | 0,0 | 6 | 10,8 | 10,8 | 9,2 |
| 12 | 6 | 12,5 | 7 | 12,6 | 25,0 | 21,3 |
| 13 | 2 | 4,0 | 0,5 | 0,9 | 4,9 | 4,2 |
| 14 | 2 | 4,2 | 0 | 0,0 | 4,2 | 3,5 |
| 15 | 10 | 20,8 | 8 | 14,4 | 35,2 | 30,0 |
| 16 | 9 | 18,7 | 8 | 14,4 | 33,1 | 28,2 |
| 17 | 10 | 20,8 | 7 | 12,56 | 33,4 | 28,4 |
| Total, de panales cosechados | 74 | | 80,5 | | | |
| Promedio de miel por panal | 2,1 | | 1,8 | | | |
| Total, producción de miel | | 154 | | 144,4 | 298,2 | |

Nota: Elaboración propia. Condiciones ambientales y manejo, permitieron realizar dos cosechas.

Anexo 5. Colmena número 16 caída por fuertes vientos



Anexo 6. Calificación de productividad de cada colmena

| Colmena | Producción total de miel (Kg) | Calificación (30%) |
|----------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 16,1 | 13,7 |
| 3 | 16,4 | 14,0 |
| 4 | 23,0 | 19,6 |
| 5 | 20,6 | 17,6 |
| 6 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 11,6 | 9,9 |
| 8 | 20,9 | 17,8 |
| 9 | 27,1 | 23,1 |
| 10 | 16,1 | 13,7 |
| 11 | 10,8 | 9,2 |
| 12 | 25,0 | 21,3 |
| 13 | 4,9 | 4,2 |
| 14 | 4,2 | 3,5 |
| 15 | 35,2 | 30,0 |
| 16 | 33,1 | 28,2 |
| 17 | 33,4 | 28,4 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Resultados generales de la prueba de mansedumbre

| Número de colmena | Cantidad de aguijones | | | Promedio de aguijones por colmena | Clasificación | Porcentaje asignado |
|-------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|
| | Primera medición | Segunda medición | Tercera medición | | | |
| 1 | 67 | 33 | 15 | 38 | Medianamente dócil | 14 |
| 2 | 49 | 36 | 35 | 40 | Poco dócil | 12 |
| 3 | 47 | 20 | 66 | 44 | Poco dócil | 12 |
| 4 | 4 | 6 | 1 | 11 | Altamente dócil | 18 |
| 5 | 10 | 14 | 5 | 10 | Altamente dócil | 18 |
| 6 | 141 | 151 | 58 | 117 | Extremadamente defensiva | 2 |
| 7 | 5 | 12 | 25 | 14 | Altamente dócil | 18 |
| 8 | 26 | 4 | 54 | 28 | Muy dócil | 16 |
| 9 | 80 | 13 | 58 | 50 | Defensivas | 10 |
| 10 | 24 | 6 | 8 | 13 | Altamente dócil | 18 |
| 11 | 32 | 7 | 11 | 17 | Altamente dócil | 18 |
| 12 | 28 | 90 | 37 | 52 | Defensivas | 10 |
| 13 | 20 | 8 | 11 | 13 | Altamente dócil | 18 |
| 14 | 82 | 79 | 55 | 72 | Muy defensivas | 6 |
| 15 | 65 | 75 | 64 | 68 | Poco defensivas | 8 |
| 16* | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 17 | 67 | 41 | 72 | 60 | Poco defensivas | 8 |

Nota: *Colmena enjambró.

Anexo 8. Resultados de las mediciones de la prueba de varroasis

| Numero colmena | Primera medición | | | Segunda medición | | | Tercera Medición | | | Promedio de infestación |
|----------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------------|--------------------|------------------|-------------------------|
| | Cantidad de varroas | Cantidad de abejas | % de infestación | Cantidad de varroas | Cantidad de abejas | % de infestación | Cantidad de Varroas | Cantidad de abejas | % de infestación | |
| 1 | 2 | 234 | 0,9 | 1 | 263 | 0,4 | 3 | 269 | 1,1 | 1 |
| 2 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 3 | 4 | 287 | 1,4 | 4 | 294 | 1,4 | 15 | 241 | 6,2 | 3 |
| 4 | 3 | 234 | 1,3 | 2 | 212 | 0,9 | 3 | 232 | 1,3 | 1 |
| 5 | 2 | 267 | 0,7 | 2 | 206 | 1,0 | 4 | 254 | 1,6 | 1 |
| 6 | 5 | 288 | 1,7 | 1 | 205 | 0,5 | 3 | 221 | 1,4 | 1 |
| 7 | 4 | 291 | 1,4 | 8 | 235 | 3,4 | 1 | 261 | 0,4 | 2 |
| 8 | 4 | 238 | 1,7 | 5 | 211 | 2,4 | 8 | 222 | 3,6 | 3 |
| 9 | 2 | 251 | 0,8 | 2 | 288 | 0,7 | 13 | 275 | 4,7 | 2 |
| 10 | 8 | 218 | 3,7 | 12 | 269 | 4,5 | 14 | 225 | 6,2 | 5 |
| 11 | 0 | 269 | 0,0 | 1 | 244 | 0,4 | 3 | 232 | 1,3 | 1 |
| 12 | 1 | 280 | 0,4 | 1 | 234 | 0,4 | 4 | 245 | 1,6 | 1 |
| 13 | 2 | 299 | 0,7 | 2 | 287 | 0,7 | 1 | 293 | 0,3 | 1 |
| 14 | 3 | 246 | 1,2 | 2 | 300 | 0,7 | 3 | 220 | 1,4 | 1 |
| 15 | 4 | 296 | 1,4 | 6 | 274 | 2,2 | 4 | 234 | 1,7 | 2 |
| 16 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 17 | 2 | 274 | 0,7 | 6 | 413 | 1,5 | 1 | 288 | 0,3 | 1 |

Anexo 9. Desglose de las calificaciones finales de las colmenas por cada variable

| Número de colmena | Porcentaje obtenido | | | | Total (100%) |
|-------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------|
| | CH (40%) | Producción de miel (30%) | Mansedumbre (20%) | Infestación de Varroa (10%) | |
| 1 | 32,5 | 0 | 14 | 8* | 54,5 |
| 2 | - | 13,7 | 12 | - | 25,7 |
| 3 | 35,1 | 14 | 12 | 4 | 65,1 |
| 4 | 23,9 | 19,6 | 18* | 8* | 69,5 |
| 5 | 32,4 | 17,6 | 18 | 8* | 76 |
| 6 | 30,4 | 0 | 2 | 8* | 40,4 |
| 7 | 35,5 | 9,9 | 18* | 6 | 69,4 |
| 8 | 38,6* | 17,8 | 16 | 4 | 76,4 |
| 9 | 38,2* | 23,1 | 10 | 6 | 77,3 |
| 10 | 37,5 | 13,7 | 18* | 0 | 69,2 |
| 11 | 36,4 | 9,2 | 18* | 8* | 71,6 |
| 12 | 37,8 | 21,3 | 10 | 8* | 77,1 |
| 13 | 37,6 | 4,2 | 18* | 8* | 67,8 |
| 14 | 38,2* | 3,5 | 6 | 8* | 55,7 |
| 15 | 36,4 | 30* | 8 | 6 | 80,4 |
| 16 | - | 28,2* | - | - | 28,2 |
| 17 | 35,5 | 28,4* | 8 | 8 | 79,9 |

Fuente: Elaboración propia.

*Nota: Muestra las colmenas con los porcentajes más altos de cada variable.

Anexo 10. Cálculo del índice de selección modificado

| Colmena | CH | \bar{x} | $(\bar{x}-\bar{x})^2$ | Valor Z | Valor V | Producción de miel | \bar{x} | $(\bar{x}-\bar{x})^2$ | Valor Z | Valor V | Mansedumb re_adj | \bar{x} | $(\bar{x}-\bar{x})^2$ | Valor Z | Valor V | Varroa_adj | \bar{x} | $(\bar{x}-\bar{x})^2$ | Valor Z | Valor V | Índice de selección | |
|--------------|--------------|-----------|-----------------------|---------|---------|--------------------|-----------|-----------------------|---------|---------|------------------|-----------|-----------------------|---------|---------|-------------|-----------|-----------------------|---------|---------|---------------------|--|
| 1 | 81.33 | 3.97 | 15.74 | 0.13 | 0.05 | 0 | -17.5 | 306.25 | -1.55 | -0.47 | 79 | 6.94 | 48.16 | 0.22 | 0.04 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | -0.30 | |
| 2 | 0.00 | -77.36 | 5984.57 | -2.53 | -1.01 | 16.1 | -1.4 | 1.96 | -0.12 | -0.04 | 77 | 4.94 | 24.40 | 0.16 | 0.03 | 0 | -2.88 | 8.29 | -1.87 | -0.19 | -1.21 | |
| 3 | 87.70 | 10.34 | 106.99 | 0.34 | 0.14 | 16.4 | -1.1 | 1.21 | -0.10 | -0.03 | 73 | 0.94 | 0.88 | 0.03 | 0.01 | 2 | -0.88 | 0.77 | -0.57 | -0.06 | 0.06 | |
| 4 | 59.77 | -17.59 | 309.58 | -0.58 | -0.23 | 23 | 5.5 | 30.25 | 0.49 | 0.15 | 106 | 33.94 | 1151.92 | 1.10 | 0.22 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | 0.21 | |
| 5 | 81.08 | 3.72 | 13.82 | 0.12 | 0.05 | 20.6 | 3.1 | 9.61 | 0.27 | 0.08 | 107 | 34.94 | 1220.80 | 1.13 | 0.23 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | 0.43 | |
| 6 | 75.90 | -1.46 | 2.13 | -0.05 | -0.02 | 0 | -17.5 | 306.25 | -1.55 | -0.47 | 0 | -72.06 | 5192.64 | -2.33 | -0.47 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | -0.88 | |
| 7 | 88.69 | 11.33 | 128.37 | 0.37 | 0.15 | 11.6 | -5.9 | 34.81 | -0.52 | -0.16 | 103 | 30.94 | 957.28 | 1.00 | 0.20 | 3 | 0.12 | 0.01 | 0.08 | 0.01 | 0.20 | |
| 8 | 96.49 | 19.13 | 365.78 | 0.63 | 0.25 | 20 | 2.5 | 6.25 | 0.22 | 0.07 | 89 | 16.94 | 286.96 | 0.55 | 0.11 | 2 | -0.88 | 0.77 | -0.57 | -0.06 | 0.37 | |
| 9 | 95.50 | 18.14 | 328.93 | 0.59 | 0.24 | 27.1 | 9.6 | 92.16 | 0.85 | 0.26 | 67 | -5.06 | 25.60 | -0.16 | -0.03 | 3 | 0.12 | 0.01 | 0.08 | 0.01 | 0.47 | |
| 11 | 90.91 | 13.55 | 183.63 | 0.44 | 0.18 | 10.8 | -6.7 | 44.89 | -0.59 | -0.18 | 100 | 27.94 | 780.64 | 0.90 | 0.18 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | 0.25 | |
| 12 | 94.62 | 17.26 | 298.05 | 0.57 | 0.23 | 25 | 7.5 | 56.25 | 0.66 | 0.20 | 65 | -7.06 | 49.84 | -0.23 | -0.05 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | 0.45 | |
| 13 | 93.95 | 16.59 | 275.18 | 0.54 | 0.22 | 4.9 | -12.6 | 158.76 | -1.12 | -0.34 | 104 | 31.94 | 1020.16 | 1.03 | 0.21 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | 0.16 | |
| 14 | 95.44 | 18.08 | 326.74 | 0.59 | 0.24 | 4.2 | -13.3 | 176.89 | -1.18 | -0.35 | 45 | -27.06 | 732.24 | -0.87 | -0.17 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | -0.22 | |
| 15 | 91.11 | 13.75 | 189.14 | 0.45 | 0.18 | 35.2 | 17.7 | 313.29 | 1.57 | 0.47 | 49 | -23.06 | 531.76 | -0.74 | -0.15 | 3 | 0.12 | 0.01 | 0.08 | 0.01 | 0.51 | |
| 16 | 0.00 | -77.36 | 5984.57 | -2.53 | -1.01 | 33.1 | 15.6 | 243.36 | 1.38 | 0.41 | 0 | -72.06 | 5192.64 | -2.33 | -0.47 | 0 | -2.88 | 8.29 | -1.87 | -0.19 | -1.25 | |
| 17 | 88.79 | 11.43 | 130.57 | 0.37 | 0.15 | 33.4 | 15.9 | 252.81 | 1.41 | 0.42 | 57 | -15.06 | 226.80 | -0.49 | -0.10 | 4 | 1.12 | 1.25 | 0.73 | 0.07 | 0.55 | |
| MEDIA | 77.36 | | 14913.44 | | | 17.50 | | 2036.96 | | | 72.06 | | 18462.94 | | | 2.88 | | 37.76 | | | | |
| | | | 30.53 | | | | | 11.28 | | | | | 33.97 | | | | | 1.54 | | | | |