



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL.

Trabajo de Tesis

**Caracterización morfológica y comportamiento
higiénico-defensivo de los apiarios de abejas
Melíferas (*Apis mellífera*) en cuatro municipios del
departamento de Managua, Octubre 2023**

Autores

Br. Roxana Ninoska Benavidez Guzmán

Br. Julio Melvin Tinoco Rodríguez

Asesor

MSc. Josué Daniel Rocha Espinoza

**Managua, Nicaragua
Octubre 2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL.

Trabajo de Tesis

**Caracterización morfológica y comportamiento
higiénico-defensivo de los apiarios de abejas
Melíferas (*Apis mellífera*) en cuatro municipios del
departamento de Managua, Octubre 2023**

Autores

Br. Roxana Ninoska Benavidez Guzmán

Br. Julio Melvin Tinoco Rodríguez

Asesor

MSc. Josué Daniel Rocha Espinoza

**Presentado a la consideración del honorable
comité evaluador como requisito final para optar
al grado de Ingeniero en Zootecnia**

**Managua, Nicaragua
Octubre 2023**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Ciencia Animal como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero En Zootecnia

Miembros del Comité Evaluador

Ph.D. Lester Raúl Rocha Molina
Presidente

Ph.D. Cristobal Roldán Corrales
Secretario

MSc. Marlon Hernández Baca
Vocal

Lugar y fecha: Managua Nicaragua, 06 de octubre 2023

DEDICATORIA

A:

Dios nuestro señor por haberme brindado salud y fuerzas para seguir adelante con mis estudios y poder culminar con éxito una nueva etapa de mi vida, por regalarme entendimiento y la sabiduría para llevar a cabo este trabajo de graduación, a mis padres Julio Melvin Tinoco y Glenda Isabel Rodríguez Obregón, por siempre darme ánimos para seguir adelante y no abandonar la carrera, a mi pareja Yamileth Guevara por brindarme su apoyo, por sus palabras y su confianza por dedicar el tiempo necesario para realizarme profesionalmente a mis compañeros, a los apicultores que nos apoyaron y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

Br. Julio Melvin Tinoco Rodríguez.

A:

Mi abuela Juana Flores que ya no está presente físicamente, pero permanece en mi corazón, me acompaña en todo momento y en cada decisión que tengo que tomar, todo esto siempre fue por y para ella. A mi madre Ana Guzmán que jamás dejó de esforzarse para sacarme adelante a mi y a mis hermanos, sacrificándose continuamente; animándonos siempre a seguir adelante. A mi tía Claudia Benavidez por ser mi segunda madre velando y cuidando de mi a pesar de todo junto a Alejandro Meléndez siempre impulsándome a sacar lo mejor de mí.

Br. Roxana Ninoska Benavidez Guzmán

AGRADECIMIENTO

A:

Dios por darnos siempre aliento de vida y permitirnos llegar a cumplir unas de nuestras principales metas, a nuestros padres, y hermanos por su apoyo incondicional.

A nuestro asesor MSc. Josué Daniel Rocha que dedico tiempo para brindarnos su ayuda profesional, su disponibilidad y paciencia para orientarnos en la redacción y realización de este trabajo a como también agradecemos su amistad y la confianza que nos brindó a lo largo de este camino.

A los docentes MSc. Oswaldo Rodríguez y Victor Valdivia que nos apoyaron en todo momento en nuestra fase de laboratorio, agradecerles también por su tiempo, el apoyo y la confianza que nos brindaron en todo momento durante dicha fase de laboratorio.

A los apicultores Víctor Andino, Daniel Blass y Shissell Alemán por habernos permitido el acceso a sus apiarios para realizar nuestra etapa de campo agradecer por su amabilidad, el tiempo, acompañamiento y disponibilidad que tuvieron siempre que solicitamos el acceso a sus apiarios.

Br. Julio Melvin Tinoco Rodríguez.

Br. Roxana Ninoska Benavidez Guzmán.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.1. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Apicultura en el mundo	4
3.2. Apicultura en Nicaragua	4
3.3. Líneas y razas apícolas	6
3.4. Africanización	14
3.5. Morfometría Apícola	16
3.6. Comportamiento Higiénico	16
3.7. Comportamiento defensivo	17
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1. Metodología para la selección de los apiarios	18
4.2. Características de la flora apícola	18
4.3. Duración del estudio	20
4.4. Tamaño y selección de la población	20
4.5. Definición y selección de la variable	20
4.6. Fortaleza de la colmena	22
4.7. Variables morfométricas	22

4.8. Análisis de la información	23
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
5.1. Comportamiento higiénico	24
5.2. Comportamiento defensivo	27
5.3. Variables morfo métricas	31
5.4. Nivel de relación entre las variables	35
5.5. Análisis de componentes principales	37
5.6. Morfometría geométrica alar	38
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES	43
VIII. LITERATURA CITADA	44
IX. ANEXOS	49

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Características morfométricas de las diferentes subespecies de <i>Apis mellifera</i> según distribución geográfica.	7
2.	Diferencias entre abejas Africanizadas y Europea	15
3.	Geolocalización y condiciones climáticas de los apiarios en tres municipios de Managua	19
4.	Resultados de la prueba de Stort para determinar el comportamiento higiénico y las escalas de fortaleza de los apiarios estudiados	24
5.	Comportamiento defensivo de las colmenas en los municipios del departamento de Managua	28
6.	Estadística Descriptiva de las variables morfométricas en estudio	31
7.	Matriz de correlaciones de los apiarios en los cuatro municipios de Managua, 2023.	34
8.	Índices clásicos de la morfometría alar para los apiarios en los cuatro municipios de Managua, 2023.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Análisis de componentes principales	37
2.	Boxplot de la separación de medias con la prueba de Tukey 5% de los apiarios según el Índice Cubital	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1.	Resultado de pupas sacrificadas después de 24 horas	49
2.	Selección de panal para la punción de pupas	49
3.	Formato de campo para conducta higiénica	49
4.	Conteo de aguijones en el guante del observador	49
5.	Prueba de agresividad	49
6.	Formato de campo para comportamiento defensivo	49
7.	Fortaleza de la colmena	50
8.	Montaje de alas	50
9.	Almacenamiento del cuerpo de las abejas	50
10.	Diseccción de alas	50
11.	Pesa analítica	50
12.	Secado de Cabeza, Tórax, Fémur y abdomen de abejas.	50

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue caracterizar la morfometría de abejas *Apis mellifera* a través de la longitud del ala anterior derecha, también estudiar el comportamiento defensivo e higiénico en los municipios de Ticuantepe, Tipitapa, Managua y Mateare. Se usaron metodologías como la prueba de Stort para la evaluación del comportamiento higiénico, el comportamiento defensivo a través de la técnica Spivak y la fortaleza de las colmenas con la metodología de Solignac, 2014. Se evaluaron 11 parámetros morfo métricos externos de la abeja incluyendo la morfometría alar por medio del software Wingsmark. Los resultados de defensividad resultaron que el apiario ubicado en Mateare tiene las abejas más agresivas, con respecto al comportamiento higiénico un 42.88% de las abejas presentó un comportamiento altamente higiénico, un 38.09% un comportamiento higiénico medio y un 19.05% con una leve expresión de este. Los resultados mostraron que de las 11 variables morfo métricas estudiadas hubo homogeneidad media con valores de CV entre 5.26%, 8.38%, 9.77% Las demás variables resultaron altamente heterogéneas con CV entre 10.08% y 56.94% presentando una alta heterogeneidad en su condición morfo métrica y un 7,80% de las variables presentaron un CV de homogeneidad media. La matriz de estimación también muestra que hubo relación positiva entre las variables LOG.TIB y la LONG.FEM, (0.470, P=0.001), Así como LAR4TER se correlaciona positivamente con ACH4TER (0.396, P=0.001), este correlacionado positivamente con TOMT4TE (0.249, P=0.010), de igual forma LAR4TER se correlaciona positivamente con TOM4TER (0.394, P=0.001). mientras que LAALAPD, LOG.TIB, LOG.FEM, BTOM4TER y TOM4TER resultaron negativas. El análisis de componentes principales explica el 66.3% de la variación teniendo a AADA (0.559) APDA (0.559) y LTIB (0.558) una gran variabilidad correlacionada entre ellas de una manera positiva. Los resultados revelaron un morfotipo alar predominantemente de la Línea C y A perteneciente a las subespecies *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera lingüística* y *Apis mellifera carnica*, Con respecto a los índices cubital, discoidal y hantel presentaron datos promedios de 2.32, 2.262 y 1.25.

Palabras claves: Abejas, morfometría, Subespecies, morfotipo.

ABSTRACT

The objective of the research was to characterize the morphometry of *Apis mellifera* bees through the length of the right forewing, and also to study the defensive and hygienic behavior in the municipalities of Ticuantepe, Tipitapa, Managua and Mateare. Methodologies such as the Stort test to evaluate hygienic behavior, defensive behavior through the Spivak technique and the strength of the hives with the methodology of Solignac, 2014. 11 external morphometric parameters of the bee were evaluated, including morphometry. wing using Wingsmark software. The defensiveness results showed that the apiary located in Mateare has the most aggressive bees, with respect to hygienic behavior, 42.88% of the bees presented a highly hygienic behavior, 38.09% a medium hygienic behavior and 19.05% with a slight expression of this. The results showed that of the 11 morphometric variables studied there was average homogeneity with CV values between 5.26%, 8.38%, 9.77%. The other variables were highly heterogeneous with CV between 10.08% and 56.94%, presenting a high heterogeneity in their morphometric condition and a 7.80% of the variables presented a CV of medium homogeneity. The estimation matrix also shows that there was a positive relationship between the variables LOG.TIB and LONG.FEM, (0.470, P=0.001), Just as LAR4TER is positively correlated with ACH4TER (0.396, P=0.001), it is positively correlated with TOMT4TE (0.249, P=0.010), similarly LAR4TER is positively correlated with TOM4TER (0.394, P=0.001), while LAALAPD, LOG.TIB, LOG.FEM, BTOM4TER and TOM4TER were negative. The principal components analysis explains 66.3% of the variation, with AADA (0.559), APDA (0.559) and LTIB (0.558) having a large variability positively correlated between them. The results revealed a wing morphotype of Line C and A belonging to the subspecies *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera linguistica* and *Apis mellifera carnica*. Regarding the ulnar, discoidal and hantel indices they presented average data of 2.32, 2.262 and 1.25.

Keywords: Bees, morphometry, Subspecies, morphotype.

I. INTRODUCCIÓN

La apicultura es una actividad agropecuaria dedicada a la crianza de abejas dando los cuidados y manejo necesarios para obtener los productos que se elaboran, A nivel mundial es una actividad que se ha desarrollado desde hace mucho tiempo atrás. Desempeñando un papel en la alimentación, luego se utilizó para fines religiosos en forma de ofrenda, también se utilizó en el embalsamiento de cadáveres, cosméticos y en gran parte para usos de medicina natural para la prevención de enfermedades. (Verde, M. M. 2014).

En Nicaragua la apicultura se ha convertido en una fuente de ingresos en familias nicaragüenses. Dicha actividad genera impactos positivos en la economía y estilo de vida de las familias rurales, creando empleos que incluyen a 980 apicultores y 514 empleados. Nicaragua cuenta con unos 130 mil km² de los cuales se está desaprovechando gran parte de la extensión territorial para la explotación apícola, actualmente se cuenta con 23,000 colmenas distribuidas en 1,287 apiarios a lo largo del territorio nacional entre colmenas productivas de 2 y 3 alzas, cámaras de crías y núcleos. (Centeno Rugama, K. M., y Rodríguez Delgadillo, N. K. 2016).

El género *Apis* tiene 9 especies, y la especie *Apis mellifera* tiene más de 30 razas debidamente documentadas. Muchas veces las regiones muestran grandes cambios en las colmenas, así una mezcla de razas de abejas por lo que se podría encontrar con pequeñas colonias formadas por la fecundación de muchos y diferentes zánganos, siendo así importante poder contar con estudios biométricos de abejas de nuestras zonas, que la caracterice puesto que resulta difícil poder juzgarla solamente por su producción debido a las grandes diferencias entre abejas que existen hasta en una sola colmena. (Camacho Pérez, M. D. L. Á. 2010).

Este estudio pretende medir y caracterizar el patrón racial de la abeja *Apis mellifera* raza presente actualmente en Nicaragua a través de su morfometría, la morfometría es una técnica que constituye una herramienta para su clasificación debido a los diferentes tipos de abejas, estas representan grandes diferencias en cuanto a su estructura anatómica, dicho estudio nos podrá permitir conocer la constitución de una población sobre la base de su estructura para luego poder relacionarla con la producción.

En Nicaragua son pocos los estudios que describan las características morfológicas, comportamiento higiénico, ni el nivel de agresividad de las abejas *Apis mellifera* en las diferentes zonas del país.

Apis mellifera scutellata afecta negativamente a la industria apícola porque compete con las abejas melíferas europeas (*A. mellifera mellifera*), invadiendo nidos por el pillaje y ataque a otras colonias de abejas haciendo que *A. mellifera* produzca menos miel. Los costos de mano de obra son altos porque la cosecha de miel de *A. mellifera scutellata* requiere el manejo de abejas agresivas. Sin embargo, una vez superado el comportamiento de agresividad, la apicultura con *A. mellifera scutellata* se considera una buena inversión. Goncalves, L. S. (2004).

Es significativo mencionar, que el problema de la apicultura en Nicaragua es de carácter genético y de adaptabilidad de la especie *Apis Mellifera*, la cual conlleva a limitaciones de su desarrollo por lo que no es posible su exterminio, por ello, las medidas de intervención deben ser continuas, orientadas a reducir la defensividad de las abejas y manteniendo sus características de productividad y así no generar pérdidas a nivel productivo. Nates-Parra, G. (2011)

El objetivo que tiene esta investigación fue caracterizar la morfometría de los apiarios de las abejas *Apis mellifera* en los municipios de Managua, Ticuantepe y Mateare, así mismo evaluar las similitudes biométricas existentes en cuanto al comportamiento higiénico y defensivo. Los resultados obtenidos de esta investigación contribuirán a la crianza selectiva y el desarrollo de la genética de la especie existente. Además, favorecerá el desarrollo económico del sector apícola, generando competitividad a nivel nacional en los sistemas de producción apícola.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Caracterizar la morfología y el comportamiento higiénico-defensivo de los apiarios de abejas Melíferas (*Apis mellifera mellifera*) en cuatro municipios del departamento de Managua, Octubre 2023.

2.1. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las características morfométricas de las abejas *Apis mellifera* de los apiarios en cuatro municipios del departamento de Managua.
- ✓ Evaluar el comportamiento higiénico y defensivo de las abejas *Apis mellifera* en los apiarios en cuatro municipios del departamento de Managua.
- ✓ Comparar a través de los índices clásicos de morfometría geométrica alar a través de la longitud del ala anterior derecha utilizando el software WingMark de los apiarios en cuatro municipios del departamento de Managua.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. La Apicultura en el mundo

La apicultura se originó en Europa y se modernizó en los Estados Unidos y por eso la forma en que se hace y se enseña es diferente. Sin embargo, es muy interesante ver como las diferentes culturas capacitan a alguien para practicar la apicultura como una forma de vida y parte de la cultura. La apicultura es una de las actividades económicas y sociales más importantes a nivel mundial. Cabe mencionar que esta actividad se ha desarrollado a la par del surgimiento de la civilización sobre todo con fines alimenticios, aunque también fue utilizada en embalsamamientos e incluso ha tenido aplicaciones médicas. (Hernández Carlos, A. 2010).

Las abejas hacen su aparición hace muchos años podemos decir entonces que antes que apareciera el hombre las abejas merecieron la atención de los humanos cuando descubrieron el fruto del trabajo de estos insectos: Miel, polen, propóleo, jalea real, api toxina, en esa época todos los humanos consideraron sagrado el trabajo de esta pequeña especie viendo en ellas un símbolo de trabajo pureza y ahorro. (Menjívar, A. 1997).

Posiblemente sea la actividad ganadera que cubra más extensión territorial, además de que algunas actividades agrícolas dependen de ella para obtener unos resultados satisfactorios. Las abejas melíferas (*Apis mellifera*), se cree que son originarias de Asia y hasta allí fueron llevadas por los colonizadores europeos. (Mendizábal, F. M. 2005).

3.2. La Apicultura en Nicaragua

En Nicaragua el rubro de la apicultura está teniendo mucho auge ya que produce importantes beneficios en la creación de empleos, generación de divisas, fuente de alimentos y medicina natural. La mayoría de los productores nicaragüenses son micros y pequeños apicultores asociados en cooperativas. La producción apícola en Nicaragua tiene gran calidad y con producción de miel que cumple con los estándares de calidad e inocuidad. Los apicultores nicaragüenses desarrollan la producción de miel orgánica aplicando tecnologías novedosas

para mantener su elevada calidad, la cual ha sido certificada y demostrada como el aumento de exportaciones en 2013, así como la promoción para elevar su venta para el consumo nacional. (Mayorga Centeno, D., Luna Rodas, J., y Romero Álvarez, K. 2020).

En la actualidad ya se registran aproximadamente 20,000 colmenas distribuidas en los diferentes departamentos del país, y un buen número de apicultores con experiencia en el rubro, que a pesar de la alta voluntad que se observa en ellos, se vuelven inciertos por la falta de condiciones que la miel requiere en los procesos para obtener un buen producto final con calidad de exportación, sobre todo cuando se trata de centros de acopio, salas de proceso y el factor económico (Dietsch, L. 2011).

En un determinado momento se pensó que el país tendría dos tipos de apicultura una con la abeja africanizada y otra con abejas europeas. Sin embargo, las abejas africanizadas sobrevivieron mejor que las europeas, ya que estas se adaptaron perfectamente al trópico nicaragüense. (Salazar, F. J. 2006).

Se puede decir que todos los climas de Nicaragua con sus diferentes temperaturas son buenos para la producción apícola, exceptuando las zonas sin vegetación, las muy frías y las demasiado lluviosas, ya que las lluvias lavan el néctar antes que las abejas alcancen a recogerlo. (Clima de Nicaragua, 2015).

Las abejas realizan una importante tarea en el medio ambiente y a la biodiversidad a través de la polinización ya que permite la fecundación de las flores de las plantas para que nazcan los frutos. Las abejas son responsables del 90% de la polinización de las plantas permitiendo así unos frutos libres de agroquímicos utilizados por los productores también brindando también producto de calidad para la exportación. (García García, M., Ríos Osorio, L. A., y Álvarez del Castillo, J. 2016).

3.3.Líneas y razas apícolas

El nombre genérico *Apis* significa "abeja" y los estudiosos de las lenguas romance percibirán en el nombre específico de mellifera, ecos de la palabra "miel". Por eso en latín se traduce como abeja insecto amante de la miel. La "L" es la inicial del taxonomista Carlos Linnaeus que en el siglo XVIII nombró y clasificó a la abeja melífera occidental al igual que a cientos de otras especies de plantas y animales. El adjetivo "occidental" es necesario para diferenciar a nuestra abeja de su prima asiática, *Apis Cerana*. El género *Apis*, se distingue por su fascinante biología, predominancia ecológica y amplia importancia para la agricultura.

Subespecies o Razas

Rakesh Kumar (2014) menciona que la abeja melífera occidental o abeja europea (*Apis mellifera*) es una especie de abeja compuesta por varias subespecies o razas; Se han perfilado al menos 29 subespecies de *A. mellifera* sobre la base de la morfometría; Estas subespecies ahora se dividen típicamente en cuatro grupos principales, respaldados por estudios morfométricos y genéticos además de análisis de rasgos ecológicos, fisiológicos y de comportamiento.

En el cuadro 1 podemos observar las características morfométricas de las diferentes subespecies de *apis mellifera*. Dentro de las subespecies se encuentran catalogadas entre troncos raciales o linajes El grupo A, que incluye subespecies en toda África; grupo M, que incluye subespecies del oeste y norte de Europa; el grupo C, que incluye subespecies del este de Europa; y el grupo O, que incluye especies de Turquía y Medio Oriente; Hay muchas razas diferentes de *Apis mellifera*, algunas tropicales, otras templadas. Estas abejas se diferencian de tamaños individuales y de colonia. Las abejas africanizadas de América del Sur y Central descienden de *Apis mellifera* de África tropical. La escasez de alimento natural y las variaciones climatológicas representan un factor importante en la selección natural de las colmenas ya que todas las subespecies perfiladas tienen características morfológicas y de comportamiento gracias al movimiento geográfico que estas han experimentado resultando así a adaptaciones locales como la sincronización de cría antes de la temporada de floración, esto quiere decir que desarrollaron mejor comportamiento de búsqueda de alimento (Infomiel, 2022).

Cuadro 1. Características morfométricas de las diferentes subespecies de *Apis mellifera* según su distribución geográfica

<i>Razas Africanas</i>	Distribución geográfica	Características físicas	Longitud de la lengüeta (mm)	Temperamento Agresividad Enjambre Fugitivo Observaciones
<i>Apis mellifera intermissa</i>	África del Norte desde Libia hasta Marruecos	Cuerpo largo y pelos de color oscuro escasos	6.4	Fuerte
<i>Buttel-Reepen</i> (abejas telianas)				Fuerte reproducción de enjambre
<i>Apis mellifera mayor Ruttner</i>	Pequeño bolsillo en Montaña RIF Marruecos	Cuerpo largo, ancho y con pequeñas marcas oscuras	7.0	biología poco conocida
<i>Apis mellifera lamrckii</i> Cockerell (abeja egipcia)	Noroeste África, Egipto y	De tamaño medio largo a esbelto, cuerpo	5.7	Medio Muchas células de enjambre

	Sudan, a lo largo del valle del río Nilo	de color amarillo intenso, tomentos amplios		
<i>Apis mellifera nubica</i> Ruttner	Sudan	Pequeñas abejas de cuerpo esbelto, color amarillo intenso	5.4	Temperamento fuerte
<i>Apis mellifera Sahariensis</i>	En el oasis norte cerca del norte borde del Sahara	Las abejas son medianas con cuerpo delgado y marcas amarillas	6.3	Bien adaptada a las condiciones ambientales
<i>Apis mellifera jementica</i> Ruttner	Yemen	Las abejas pequeñas y anchas que tienen un amarillo intenso color de	5.4	Biología poco conocida
<i>Apis mellifera littorea</i> Smith		los pelos Las abejas pequeñas con	5.7	Temperamento fuerte

	Zonas costeras de Tanzania	cuerpo relativamente delgado con tergitos amarillos		Agresividad fuerte Enjambrazón fuerte
<i>Apis mellifera scutellata (abejas africanas del este)</i>	Etiopía, Kenia, Tanzania, Burundi, Zimbabue, Sudáfrica	Las abejas son pequeñas con un cuerpo delgado y son de un color amarillo intenso	5.9	Temperamento fuerte Agresividad fuerte Enjambrazón fuerte
<i>Apis mellifera monticola Smith abejas de montaña Lepeletier (abejas del este de África abejas)</i>	Regiones montañosas de Tanzania,	Las abejas son pequeñas de cuerpo esbelto y de color	6.2	Temperamento bajo Agresividad alta

	Kenia, Etiopía	amarillo intenso.		Suave en comparación con otras razas africanas
<i>Apis mellifera capensis</i>	Extremo sur de África	Cuerpo pequeño y delgado de color oscuro	5.9	Temperamento medio, Rápido desarrollo de los ovarios y capacidad de poner pártenos genéticos hembras
<i>Apis mellifera unicolor</i>	Madagascar	Cuerpo relativamente pequeño y de un color oscuro	5.6	Temperamento bajo, se va de la colmena fácilmente
<i>Apis mellifera adansonii</i> <i>Latreille oeste abejas africanas</i>	África occidental al sur del Sahara	De tamaño medio, cuerpo ancho y con	6.2	Agresividad alta y enjambres migratorios

		marcas de color	
		amarillo	
<i>Apis mellifera major</i> clasificada por	del Rif de las	-	Esta abeja
Ruttner, 1978	montañas del		puede ser una
	Noroeste		variedad
	Marruecos		marrón de la
			<i>Apis mellifera</i>
			<i>intermissa</i> , pero
			hay
			también
			diferencias
			anatómicas

Fuente, (Gupta, R. K. 2014).

Apis mellifera mellifera

La llamada abeja negra alemana o abeja del norte de Europa, es la raza que se cree fue la primera en arribar a Norte América, aparentemente a las costas de virginia en el año 1622. Esta es la abeja que los nativos americanos llamaban “la mosca del hombre blanco” un nuevo inmigrante que significaba que los pioneros europeos no estaban muy lejos.

Al encontrar recursos florales y temperaturas similares a los de su lugar de procedencia, la abeja negra alemana floreció a lo largo de la costa este, a tal grado, que al final del siguiente siglo, los naturalistas debatían sobre si en realidad *Apis mellifera mellifera* era de origen ajeno al continente.

La abeja negra alemana en realidad nunca ganó el corazón de los apicultores americanos a pesar de su acoplamiento a latitudes del hemisferio norte. Picaba mucho y era susceptible a graves enfermedades como la Loque americana por eso los apicultores estaban en la búsqueda de mejores abejas, algunas de las cuales fueron importadas exitosamente.

Apis mellifera ligústica

La abeja italiana es por mucho la más popular en la historia de los Estados Unidos. Son numerosas cualidades se hicieron notar, como nata que flota sobre la leche, durante las grandes importaciones del siglo XIX y en poco tiempo predominó sobre las abejas importadas y se convirtió en el prototipo contra el que se comparaba a las demás abejas.

Esta predominancia tiene justificación. La abeja italiana es relativamente dócil y es importante resaltar que es la abeja más productiva sobre la tierra y que las poblaciones y rendimiento de miel de sus colonias sobrepasan a las de otros grupos de abeja. El color de su cuerpo tiende a ser ligeramente dorado y café.

Apis mellifera caucasica

Esta subespecie es originaria de la región transcaucásica que está ubicada entre el mar negro y el caspio y fue importada a Norteamérica alrededor de 1882. El color de su cuerpo es gris/negro. Se le conoce como una abeja dócil y por esta razón fue por mucho tiempo la abeja favorita de los apicultores principiantes de Estados Unidos. En los años 70s se

publicaban anuncios sobre esta abeja en revistas de apicultura, pero las abejas caucásicas han caído de gracia y por eso quedan muy pocos o ningún proveedor de ellas en Norteamérica.

No son tan productivas como las italianas y tienen la tendencia a cubrir profusamente al interior de las colmenas con propóleo, pegamento natural procedente de resinas de árboles los apicultores norteamericanos han sido históricamente intolerables al propóleo, pero se han dado cuenta que este es un prejuicio sin fundamentos. Hay evidencias que sugieren que el propóleo tiene propiedades antimicrobianas y que ayuda a las abejas a defenderse de invasiones del nido.

Apis mellifera carnica

A diferencia de la abeja caucásica, la abeja carniola se ha visto favorecida por un incremento en su popularidad en años recientes. La *Apis mellifera carnica* es originaria de la parte central del Este de Europa. Es la más oscura de las razas comunes de abejas y por esta razón a veces se dificulta encontrar a las reinas durante los trabajos en la colmena, ya que se confunden completamente con el panorama de abejas negras que las rodean. Se cree que las abejas carniolas poseen cierto grado de resistencia al acaro parasitario Varroa.

Quizás su característica más definitiva es la forma conservadora en que usan sus recursos alimenticios para expandir el nido de cría en la primavera. En este sentido, uno puede verlas como el reverso de las abejas italianas.

Apis mellifera scutellata

Esta es la llamada abeja africanizada, o de manera más sensacionalista, abeja asesina. Durante los varios siglos de colonización europea en el nuevo mundo, como en el caso de Norteamérica, hubo innumerables introducciones de abejas europeas a América del sur. Esta raza de abeja es originaria del este de África y fue introducida en Brasil en el año 1956, son unas abejas más productivas, pero mucho más agresivas sus celdas son de menor tamaño que el de las abejas europeas. En esta raza las abejas obreras tienen un ciclo más precoz siendo este periodo de 18,5 a 19 días, que las abejas europeas de es de 21 días, esto le da una ventaja

adaptativa tanto en la producción de abejas y siendo más tolerante a *Varroa destructor*. (*Apis mellifera scutellata*).

3.4. Africanización

El proceso de africanización consiste en el establecimiento de las características dominantes de la abeja africana (*Apis mellifera scutellata*), sobre las colonias de abejas europeas. Es decir, que los genes de las africanas comienzan a ganar terreno sobre las europeas. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017)

Las abejas melíferas africanizadas se limitan a hábitats tropicales cálidos y subtropicales cálidos con estaciones húmedas y secas separadas, en comparación con las estaciones cálidas y frías en áreas templadas más frías. Las restricciones climáticas templadas parecen ser un límite natural para la expansión de las abejas melíferas africanizadas en latitudes de aproximadamente 35-40 °C. (Radloff, S.E, Hepburn H.R, 1996).

Apis mellifera scutellata fue importada de África a Brasil en 1956 para aumentar la producción de miel, y 26 enjambres escaparon accidentalmente al campo donde las reinas se aparearon con zánganos de las abejas melíferas europeas. Las abejas polihíbridas posteriores fueron nombradas "abejas melíferas africanizadas", y durante un período de 50 años, colonizaron la mayor parte de América del Sur y toda América Central. En 1990, ingresaron a los Estados Unidos a través de Texas, y ahora están establecidos en los estados del suroeste y el sur de California (Beverley, C.2019).

En el cuadro 2 logramos apreciar diferencias entre abeja africanizada y europea. El gobierno de México en su página web menciona que a africanización resulta un problema debido a que estas abejas presentan características específicas como Mayor comportamiento de enjambrazón ya que tienden a reproducirse naturalmente y dividirse. También presentan problemas de evasión debido al abandono de la colmena ante situaciones del más mínimo de estrés; Además presentan tendencias al pillaje ya que el robo de alimento y ataque a otras colonias de abejas es bastante común en estas colectividades de abejas; así mismo la agresividad genera un mayor número de incidentes por picaduras en personas y animales. (Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaría. 2017).

Cuadro 2. Diferencias entre Abeja Africanizada y Europea

Abejas Europeas	Abejas africanizadas
Misma estructura morfométrica pero mayor tamaño	Misma estructura morfométrica pero menor tamaño, sin embargo, las alas son menos simétricas
Velocidad de vuelo inferior	Velocidad de vuelo mayor
Entran a la colmena haciendo un aterrizaje previo en la piquera	Ingresan a la colmena sin detenerse en la piquera
No suelen atacar otras colmenas	Atacan otras colmenas débiles y reemplazan a la reina por una africanizada.
La diferencia de tiempos de vuelo de apareamiento aumenta la probabilidad de que la reina europea se apareen más con zánganos africanizados que con los europeos	Alto nivel de reproducción (enjambren varias veces al año).
No presentan un comportamiento nervioso a menos que se encuentren amenazadas	Comportamiento nervioso, corren por los marcos
Comienzo de vuelo a aproximadamente a las 10:00 am y finalización del vuelo a las 4:30 pm	Vuelan más temprano en la mañana y más tarde en la noche.
Cuando tienen escasez de alimento casi nunca abandonan la colmena	Abandonan la colmena si es molestada por enemigos cuando hay escasez de alimento
Incidencia menor a pillaje	Mas pilladoras.
Comportamiento más dócil	Su comportamiento es impredecible.
Tiene más adaptabilidad en climas fríos	Mejor adaptabilidad a las diferentes condiciones ecológicas

Fuente: Guzmán-Novoa E, Correa BA, Espinosa M (2011)

3.5. Morfometría Apícola

La morfometría podría definirse como el estudio de la variación morfológica que busca obtener información acerca del tamaño y la forma de una o más estructuras, implementando técnicas para su estudio utilizando variables lineales como el ancho, la altura y la empleando métodos estadísticos multivariados (Salamanca Grosso y Osorio Tangarife, 2022).

3.6. Comportamiento Higiénico

El comportamiento higiénico se refiere a la capacidad que tienen algunas abejas adultas para detectar, desopercular y remover cría enferma o muerta del interior de la celda, interrumpiendo con esto el ciclo de la enfermedad y sus posibilidades de dispersión. (Aguirre Orantes, J. 2016).

Presuntamente las abejas que presentan comportamientos higiénicos de remoción, desoperculado y retirado de abejas muertas se encargan de las actividades de limpieza general de la colmena (Eduardo Corbella, C. I. (Ed.). 1999). Diversos autores han manifestado que este comportamiento es un mecanismo natural de resistencia a la enfermedad bacteriana determinada como loque americana.

Según Invernizzi (1999) señala la importancia de las actividades de limpieza del nido ya que estas son vitales para la colonia ya que permiten la reutilización de los panales para desarrollar nuevos ciclos de cría y almacenar néctar y polen, así como la eliminación de abejas muertas y materiales contaminados del nido que pueden afectar la sanidad de la colonia; Este comportamiento higiénico realizado por las obreras se divide en dos etapas reconocibles como el desoperculado de las celdas y luego la remoción de las larvas muertas.

De igual manera, se ha determinado que las abejas con altos porcentajes de higiene tienen mayor sensibilidad olfatoria y además se ha observado que son capaces de separar entre crías normales y anormales a una baja intensidad de estímulo, detectando y removiendo crías enfermas, muertas o parasitadas de una manera rápida y eficiente (Gramacho, K. y Spivak, M2003).

El mayor peso de este proceso recae en el desoperculado de las celdas, que implica el previo reconocimiento de la muerte de las larvas a través del opérculo; Para esto las abejas adultas

toman en cuenta la falta de movimiento, la pérdida de temperatura, o estímulos provenientes de la hemolinfa de las larvas muertas (Chuquiyaury, Y Eleazar 2021).

El comportamiento higiénico se establece como un rasgo indispensable en los programas de selección y mejoramiento genético dentro de los rubros relacionados con la apicultura (Ayala Álvarez y Rojas Peralta, A. F 2012).

3.7. Comportamiento defensivo

El grado de agresividad que presentan diferentes colmenas, tiene específica importancia porque puede llegar a ser una limitante para personas que quieran integrarse a las actividades relacionadas con la apicultura ya que puede perjudicar físicamente a la persona que le de manejo a las colmenas ya que puede entorpecer este; además de representar un peligro a los habitantes y animales cercanos al apiario, por eso se debe prestar especial atención a poder conocer el grado de agresividad de las colmenas y los factores que pueden llegar a estimular o aumentar las conductas agresivas. También menciona que los factores que estimulan la agresividad en las abejas radican en las condiciones climáticas, los factores externos del tiempo, colores desagradables para ellas, ruidos fuertes o vibraciones que pueden llegar a irritar a las abejas, olores, la edad, el material de los guantes (Quispe Díaz, Y. H. 2015).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Metodología para la selección de los apiarios

Se seleccionaron los apiarios ubicados en el Municipio de Ticuantepe, Tipitapa, Managua y Mateares los cuales presentan las siguientes características: condiciones aptas para la explotación de dicho rubro ubicados en puntos estratégicos ya que cumplen con una distancia de 200 metros alejados de los hogares de personas aledañas a dichos apiarios, no se encuentra cerca otra especie en explotación, se cuenta con agua cerca para las abejas hay una relación de 50% sol y 50% sombra, con diferentes frutas y flora para que las abejas puedan salir a pecorear, libre de aplicaciones de plaguicidas y fuentes de contaminación ambiental. Con una distancia entre apiario de 2 km ya que está relacionada con la distancia de vuelo de las abejas. El cuadro 3 apreciamos la ubicación del estudio.

4.2. Características de la flora apícola de la zona

En las localidades donde se encuentran los apiarios se hallaron especies de flora apícola, flora nectarífera o flora polinífera al conjunto de plantas, arbustos y hierbas que son de interés económico para la apicultura. La flora apícola permite la existencia, crecimiento y desarrollo de las colonias de abejas, en el caso de los 3 municipios en los que se realizara dicho estudio la flora apícola es diversa ya que las abejas captan el néctar de las flores no solo de los arbustos si no de cultivos perennes y anuales. De las plantas nectaríferas y poliníferas de la zona se encontraron: Aguacate (*persea americana*), piña (*anana comosus*), banano (*musa x paradisiaca*), cítricos (*citrus*), laurel (*laurus nobilis*), mamón (*melicoccus bijugatus*), mango (*mangifera indica*), guásimo de ternero (*guazuma ulmifolia*), acacia (*acacia*), café (*coffea*), pitahaya (*selenicereus undatus*) y flor de Jamaica (*hibiscus sabdariffa*)

Cuadro 3. Localización y condiciones climáticas de los apiarios en tres municipios de Managua

Departamento	Municipio	Localidad	Coordenadas	Condiciones climáticas
	Managua	Sabana Grande	12° 08' 33" latitud norte y 86° 10' 31" longitud oeste.	Temperatura: Max: 41°C Min: 25°C una temperatura media anual de 26.9°C, con precipitación de 1,119.8 mm anuales. (INETER, 2010).
	Tipitapa	El plantel (UNA)	12° 06' 24" latitud norte 12° 07' 30" Y 86° 04' 46", latitud oeste	Temperatura: Max: 35°C Min: 24°C varían de 22 °C a 32 °C. (Weatherspark, 2023)
Managua	Mateare	Las lomas de Mateare	Latitud 12.2037° o 12° 12' 13" norte	Temperatura: Max: 28.5 °C Min: y 28. °C. El clima del municipio es cálido, clima tropical de sabana. La precipitación varía entre los 1,000 y 1,200 mm anuales y una altitud de 50 msnm.
	Ticuanatepe	La Enramada	12° 1' 16" de latitud norte y 86° 12' 10" de longitud oeste	En la temporada de lluvia es muy opresiva y nublada, mientras que en la temporada seca es bochornosa y durante todo el año es muy caliente. La temperatura varía de 20 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 18 °C o sube a más de 34 °C, con una humedad relativa 83.3%.

Fuente: (INETER, 2010), (INETER, 2000)

4.3. Duración del estudio

El estudio tuvo una duración total de siete meses. La etapa de campo fue desarrollada en cuatro municipios del departamento de Managua y tuvo una duración de cuatro meses durante el periodo de Agosto a Diciembre del 2022, y la etapa de laboratorio fue desarrollada en el Museo de entomología de la Universidad Nacional Agraria con una duración de tres meses en el periodo comprendido de Febrero a Abril del año 2023.

Tipo de estudio

Es un estudio no experimental de carácter descriptivo donde se estudiaron las características morfométricas, conducta higiénica con el fin de determinar el porcentaje higiénico de las colmenas seleccionadas en los diferentes apiarios así mismo determinar el comportamiento defensivo de las abejas, también comparar con los índices clásicos de morfometría geométrica alar a través de la longitud del ala anterior derecha utilizando el software WingsMark de los apiarios en los diferentes municipios.

4.4. Tamaño y selección de la población

Los apiarios se encontraban distribuidos a lo largo de cinco apiarios ubicados en el departamento de Managua (Sabana Grande, Tipitapa, Ticuantepe y Mateare), de los cuales se extrajeron muestras representativas de 21 colmenas totales seleccionadas para el estudio. Para estudiar las características morfométricas se utilizó 5 abejas obreras de los marcos 4 y 5 del alza mielaria de cada colmena se evaluó el comportamiento higiénico y el comportamiento defensivo de estas; la selección de las muestras se realizó de manera aleatoria.

4.5. Definición y selección de las variables

Conducta Higiénica

Para conocer la profilaxis de la colmena (comportamiento higiénico) una de las características deseadas para capacidad sanitaria, se realizó a través de la prueba de punción utilizando un alfiler entomológico para puncionar y sacrificar 100 pupas en celdas alineadas horizontalmente sobre el panal seleccionado de cada colmena en un área de 10x10 cm con cría operculada entre 16 a 17 días.

En primera instancia se introdujo el alfiler en el centro de cada celda hasta tocar el fondo de ésta, para asegurar la muerte de las crías la contabilización de remoción de crías fue a través de la siguiente ecuación.

$$CHT = \frac{DCOI}{COI} \times 100$$

Donde:

CHT: Comportamiento Higiénico Total

DCOI: Diferencia entre las celdas operculadas iniciales, celdas operculadas finales y celdas con cría a las 24 horas del estudio

COI: Celdas operculadas iniciales

Pasos para la determinación del comportamiento higiénico:

1. Se seleccionó una colmena al azar.
2. Se seleccionó el cuadro 4 y 5 donde se encuentra la mayor cantidad de crías operculadas.
3. Se delimito un espacio rectangular de 10x10 celdas operculadas entre 16 a 17 días.
4. Se procedió a pinchar cada celda con un alfiler entomológico, este se introdujo en el centro de cada celda hasta tocar el fondo de esta para asegurar la muerte de las crías.
5. Se devolvió el cuadro a la colmena.

La evaluación se efectuó 24 horas después de haber pinchado la cría operculada, contando las celdas con crías muertas y las celdas que hubiesen limpiado por abejas obreras. Para obtener el porcentaje de higiene se utilizó la formula descrita anteriormente. Las colonias de alto comportamiento higiénico fueron aquellas con lecturas superiores a 95% de remoción de crías sacrificadas, las de comportamiento intermedio tuvieron lecturas entre 50% y 95%, y las de bajo grado de higiene retiraron menos de 50% de las crías Rothenbuhler, W. C. (1964).

Comportamiento Defensivo

Pasos para la determinación del comportamiento defensivo:

1. Se utilizó una pelota de cuero rellena de algodón.
2. Se suspendió con una cuerda de 30 centímetros frente a la piquera.
3. Se esperó y se midió el tiempo que duro el ataque de las abejas.
4. De forma lineal el observador se alejó de la piquera hasta que las abejas dejen de perseguirle.
5. Las variables que se tomaran en cuenta son:
 - Periodo anterior a la primera picadura (Segundos)
 - Periodo antes de convertirse en una feroz colonia (Segundos)
 - Numero de picaduras en el guante del observador (Numero de agujones)
 - Numero de picaduras en la pelota de cuero (Numero de agujones)
 - Distancia que las abejas siguieron al observador (Metros)

Para esta prueba se evitó el uso definitivo del ahumador y abrir el techo de las colmenas. Las herramientas utilizadas fueron un cronometro y una cinta de medición.

4.6. Fortaleza de la colmena

Para hacer un análisis sobre la fortaleza de la colmena esta se hace mediante la observación visual. La cual se procedió a realizar mediante la metodología descrita por (Solignac, 2014), la cual consiste en clasificar las colmenas en tipo 1, 2 y 3 según la cantidad de abejas que cubran los cabezales de los marcos. Entendiendo así por categoría 1, aquellas colmenas cuya población cubra más de 7 marcos con abejas, categoría 2, entre 5 a 7 marcos cubiertos de abejas y por último categoría 3, colmenas cuya población de abejas cubra menos de 5 marcos.

4.7. Variables morfométricas

Para las variables externas de la abeja se tomó las siguientes medidas corporales: Largo del ala anterior derecha (LAALAAD), ancho del ala anterior derecha (AALAAD), Longitud del ala posterior (LAALAPD) derecha, Número de garfios del ala posterior, Numero de garfios (GARF.HA) Longitud de la tibia pata posterior,(LOGTIB) Longitud Fémur Pata Posterior (LOGFEM) Largo y Ancho del cuarto tergito (ACH4TER, LAR4TER) Longitud Banda cuarto

tergito (BOR4TER), Borde del tomento cuarto tergito (BTOM4TE) Tomento cuarto tergito (TOMT4TE).

Para la medición se utilizó un estereoscopio de la marca Motic modelo smz-168 con diferentes medidas de la mirilla tomando en cuenta que se pudiera apreciar bien la estructura física por completo dentro de las medidas, para las estructuras como LAALAAD, AALAAD y LAALAPD, Se utilizaron medidas 3.0X, con una conversión de mirilla de 3.25 mm y para estructuras como LOGTIB, LOGFEM, ACH4TER, LAR4TER Se utilizó miras de 1.0X a una conversión de 9.5 mm para la obtención de datos en milímetros.

Para identificar y comparar el tipo de linaje entre los apiarios en estudio y distinguir las diversas subespecies de abejas melíferas se usó el índice cubital tomando de referencia los datos reportados por Ruttner, F. (1988), usando la información que dicho índice provee dentro de los rangos morfométricos y morfológicos ya establecidos para su clasificación.

4.8. Análisis de la información

Para el comportamiento higiénico y defensivo se creó una base de datos en Microsoft Excel® 365 donde se vertieron los datos para cálculos porcentuales, para el ordenamiento y consolidación de toda la información registrada durante el estudio. Para las variables morfométricas externas se realizó un análisis descriptivo de todas las variables, y un análisis de componente principal para la determinación de la varianza explicada para ello se usó el programa estadístico Minitab versión 17.

Para los análisis de morfometría se utilizó el programa WingMarks, un archivo ejecutable independiente generado con el Compiler Toolbox de MATLAB® (The Mathworks Inc., Natick, MA, Estados Unidos) v.8.6; determinando las coordenadas de los 19 puntos de intersección (hitos) de las venas del ala delantera para cada imagen. Para fines de procesamiento, WingMarks ajusta las imágenes a un ancho de 800 píxeles y las convierte en escala de grises y la obtención de los índices cubitales, desplazamiento discoidal y Hantel. Para conocer diferencias estadísticas entre apiarios se realizó un análisis de normalidad seguido de un análisis multivariado del tipo discriminante con separación de medias de Tukey al 5%.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Comportamiento higiénico

Los datos obtenidos en la determinación del comportamiento higiénico mediante la prueba de punción de pupas muestran en la Tabla 1, un comportamiento higiénico alto fue reportado para los apiarios de Faca, Ticuantepe 2, y El Plantel con 98, 90.5, y 97.95% respectivamente, para los apiarios Ticuantepe 1, y Mateares se encontró un comportamiento higiénico medio con 77.5, y 78.22% respectivamente. Estos resultados muestran que el bajo nivel de este comportamiento entre los dos grupos de apiarios (alto y medio comportamiento) tiene una diferencia promedio del 17.62%.

Cuadro 4. Resultados de la prueba de Stort para determinar el comportamiento higiénico y las escalas de fortaleza de los apiarios estudiados.

N° Colmena	DIA 1		DIA 2	% Comportamiento higiénico	Fortaleza de las colmenas
	Celdas con cría pinchada	Celdas vacías	Celdas limpias		
1	100	0	98	98.00	I
2	81	19	71	87.65	II
3	79	21	68	86.00	II
4	84	16	60	71.42	III
5	92	8	62	67.39	III
6	89	11	67	75.28	III
7	99	1	97	97.97	I
8	91	9	91	91.00	I
9	78	22	78	78.00	III
10	90	10	89	98.88	I
11	87	13	87	87.00	II
12	93	7	90	97.77	I
13	88	12	85	96.59	I
14	90	10	89	98.88	I
15	96	4	96	100.00	I
16	86	14	83	96.51	I
17	87	13	54	62.06	III
18	91	9	79	86.81	II
19	77	23	63	81.81	II
20	49	51	32	65.30	III
21	41	59	39	95.12	I
Promedio	84.19	15.80	75.14	86.64	

Esto podría atribuirse a la salud de las colmenas ya que en campo se logró evidenciar que en la mayoría existía presencia de escarabajo con un 71.42%, esto coincide con los resultados obtenidos en la investigación realizada por Araneda y Pérez (2008) los cuales comprobaron una relación negativa entre la capacidad higiénica y el nivel de infección por parásitos. No obstante, en el apiario El Plantel el 75% de las colmenas presentaban infestación de escarabajo de la colmena, pero poseían una alta capacidad higiénica esto puede ser atribuido a la fortaleza de la colmena (Categoría III) ya que expresa una alta carga de individuos.

Para hacer un análisis sobre la fortaleza de la colmena esta se hace mediante la observación visual. La cual se procedió a realizar mediante la metodología descrita por Solignac (2014) la cual nos dice que se hace de manera visual en la cámara de cría, en donde procedimos a separar la cámara de cría del alza melarí y así visualizar los marcos que estaban cubiertos con abejas donde se categorizaron las colmenas en tipo I, II y III según la cantidad de abejas que cubran los cabezales de los marcos. Entendiendo así por categoría I, aquellas colmenas cuya población cubra más de 7 marcos con abejas, categoría II, entre 5 a 7 marcos cubiertos de abejas y por último categoría III, colmenas cuya población de abejas cubra menos de 5 marcos.

Del total de colmenas se encontró un 42.86% pertenecientes a la categoría I lo cual nos expresa una fortaleza alta, 23.80% de colmenas de categoría II lo cual nos dice colmenas con una fortaleza media, y un 28.57% de colmenas de categoría III lo cual significa colmenas con una fortaleza baja.

De igual forma otro factor importante a la hora de considerar el porqué de los bajos niveles de comportamiento higiénico de las colonias Ticuantepe y Mateare es el manejo de plagas realizado ya al momento de realizar la investigación no había un plan de manejo racional para erradicar las plagas más que la aplicación de cal; se observó un alto nivel de pillaje en estos apiarios y con una fortaleza baja ya que presentaban poca cantidad de abejas en relación a la cantidad vista en los demás apiarios.

La infestación y los bajos niveles de fortalezas de las colmenas se deben a factores como que la mayoría de las colmenas fueron enjambres capturados y no se conoce la procedencia de las colonias, seguido de que la edad de la reina no es controlada. Según Reyes y Bornier (2001) la postura de la reina es proporcional al trabajo de recolección que hacen las obreras, tomando en cuenta un factor importante es que la recolección de muestras y la prueba para

determinar el comportamiento higiénico fue en invierno y la postura es casi nula disminuyendo la disposición de abejas para realizar trabajos de limpieza dentro de la colmena afectando negativamente la expresión de este por colmena.

Lo antes mencionado concuerda con Hueraman (2002) que expone en su investigación que la incidencia de los flujos nectarios enmascara comportamientos higiénicos bajos lo cual se refiere a que si hay suficiente flujo nectarario aumentaría la limpieza de la colmena, pero no con el objetivo de eliminar las enfermedades si no para que la colmena se prepare para la recepción del néctar y demás. Igualmente Janmaat y Winston (2000) mencionan en su investigación en la que indican que la presencia de depósitos de polen aumenta la tasa de eliminación de crías operculadas y justifica una mayor investigación sobre el manejo de colonias como un medio potencial para el control de la infestación de enfermedades y parásitos porque al existir una gran oferta de néctar y debido a una actitud o forma de atesoramiento de reservas de polen y néctar en la colmena, las obreras optan por remover opérculos lo cual evita el esfuerzo de construcción de nuevas celdas y, por consiguiente, esta actividad incrementa el comportamiento higiénico.

Spivak, Downey y Gamacho (1994) mencionan que la prueba de punción genera estímulos que crean alta y rápida respuesta higiénica. Mientras que Araneda, Perez, y Benitez (2008) atribuyen que los niveles de infestación en las colmenas se deben al ingreso de zánganos ajenos a la colonia, y de las obreras que quedan perdidas a la deriva cuando realizaban actividades de pecoreo.

Velazco (2007) en su investigación habla sobre que el gen de la mansedumbre se encuentra unido al gen del comportamiento higiénico con esto se entiende que una abeja dócil normalmente no se encargaría de la limpieza y mantenimiento de las crías muertas o mal formadas, pero tampoco se defendería de los depredadores que amenacen a la Colmena, esto nos obliga a que en el medio de la selección de colonias se debe llegar al punto medio con abejas lo suficientemente agresivas como para defenderse de sus depredadores sin que esto interfiera negativamente en el manejo de la colmena

La búsqueda de las mejores colonias que muestren los grados más altos de sanidad es un objetivo que tiene una gran prioridad en Nicaragua ya que no hay suficientes estudios que acrediten la selección de colonias para mejorar la expresión del comportamiento sanitario y de esta manera

tener colonias capaces de erradicar enfermedades y plagas que comprometan la salud y fortaleza de sí misma sin necesidad de que el productor recurra a la utilización de químicos y medicamento que a corto plazo dañen la economía y rentabilidad del apiario y a largo plazo estos patógenos creen resistencia a este manejo de plagas.

Lo antes dicho es confirmado por Invernizzi y Rodríguez (2007) ya que en su investigación evaluaron y seleccionaron en masa las colonias de abejas durante seis generaciones incrementando el comportamiento higiénico de estas y disminuyendo en proporción el número de colonias enfermas.

5.2. Comportamiento defensivo

El comportamiento defensivo involucra al menos dos tareas desempeñadas por abejas obreras, comportamiento de guardia a la entrada del nido (obreras que vuelan y participan en ataques masivos siguiendo una secuencia básica), guardianas especializadas (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 (Breed, 1990, Hunt.2007).

En la Tabla 5 los resultados de reactividad de cada colmena en cada uno de los apiarios; siendo está el tiempo que tardan las abejas en atacar cualquier amenaza que este cerca, se aprecia que las colmenas del apiario de Ticuantepe 2 presentaron tiempos de reactividad de 1.42 segundos, seguido por El Plantel, Mateare con 5.06, 34.26 y 144.20 segundos. Con respecto a los tiempos en que las abejas dejaron de picar a la pelota los resultados se promediaron por apiario obteniéndose que en Ticuantepe 1 fueron de 80.52, 83.52, 310.2 y 456.12 segundos. Se obtuvieron datos del promedio de aguijones una vez terminada las pruebas de campo donde las colmenas del apiario de mateares presentaron el porcentaje más alto de 34.2 seguido por el apiario del Plantel 31.2, Ticuantepe 2 y Ticuantepe 1 con 14.8 y 29.4%.

Cuadro 5. Comportamiento defensivo de las colmenas en estudio

Apiarios	Reactividad (s)	Tiempo que dejaron de picar el guante (s)	Distancia que siguieron al observador (m)	Numero de aguijones	Escala Comportamiento	%
Faca	90	385.2	3.23	86	D	100
	0.06	188.4	39.2	11	Pd	40
Ticuan-tepe 1	126.6	330	40.1	14	A	40
	0.07	259.8	4.53	50	D	20
	594	273	2.55	69		
	0.29	499.8	31	3		
	9.15	76.8	14.43	15		
Ticuan-tepe 2	0.15	34.8	19.23	14	D	100
	0.08	120	15	5		
	0.16	66	20	18		
	0.08	120	15	22		
	0.07	330	53.5	23		
El plantel (Tipitapa)	0.05	152.4	77.5	24	D	60
	0.03	1620	73.9	21		
	0.09	83.4	92.4	14	A	40
	0.06	94.8	32.5	74		
	9.15	76.8	14.43	50	A	40
Mateares	15	79.8	19.23	48		
	0.08	60	8.80	19		
	0.12	66	22.67	15	Ma	60
	0.08	120	15	39		

(D) Dócil: No pican, solamente sobre vuelan alrededor de la colmena, (PD) Poco dócil: Reaccionan cuando se realizan movimientos bruscos, (A) Agresiva: Reaccionan al momento del manejo de la colmena, (MA) Muy agresiva: Gran cantidad de abejas volando al momento de revisión y número alto de aguijones dejados en los guantes.

Las distancias promedio en que las abejas dejaron de seguir al observador fueron de 65.96 m en Plantel, 23.47m en Ticuan-tepe 1, 16.73m en Ticuan-tepe 2 y la menor distancia se encuentra Mateare que obtuvo un 16.02m. López A. (2021) menciona que las abejas cuando habitan entornos controlados con poca afluencia de depredadores presentan menos probabilidades de desperdiciar esfuerzos en vano respondiendo a estímulos poco importantes, siendo así esto compensado con un fuerte aumento de la agresividad siempre y cuando la concentración de feromonas de alarma expulsadas por las abejas cuando las guardianas detectan verdaderos predadores relevantes, luego de eso se podría atribuir de que el motivo por el cual algunas colonias con altos porcentajes de

reactividad y con una distancia de seguimiento baja a la pelota se puede explicar con un mecanismo de freno que evita así la pérdida de obreras.

Según el número de aguijones fue mayor el de Mateares con un promedio de 34.2 (es la sumatoria de los aguijones de cada colmena y dividido en 5) aguijones, este se relaciona con el comportamiento defensivo ya que el 60% de estas fueron muy agresivas Arechavaleta-Velasco (2021) en su estudio de mejoramiento genético de las abejas *apis melliferas* encontraron que para el comportamiento de aguijoneo de abejas individuales existen diferencias entre los genotipos híbridos recíprocos que provienen de cruzas entre abejas europeas y africanizadas, las abejas híbridas cuyo origen paterno era africanizado respondieron aguijoneando un pedazo de gamuza negra al aplicarles un estímulo eléctrico significativamente mucho más veloz que las abejas híbridas cuyo origen paterno era europeo.

Así mismo el apiario Plantel presento un promedio de aguijones del 31.2 (este dato también se sacó de la misma manera que los aguijones de Mateares) es importante mencionar que este apiario fue el que presento la mayor distancia de seguimiento hacia al observador, sin embargo, con respecto a la escala de comportamiento agresivo estas tuvieron un 60% de abejas dóciles y un 10% de abejas agresivas. Guzmán-Novoa (2021) identificaron que el comportamiento defensivo de colonias formadas por abejas de los dos genotipos híbridos generados a partir de cruzas recíprocas entre abejas africanizadas y europeas es diferente; las colonias híbridas producto de la crusa entre reinas europeas y zánganos africanizados son significativamente más defensivas que las colonias híbridas producto de la crusa entre reinas africanizadas y zánganos europeos.

Estos datos seguidos por Ticuantepe 2 con un 14.8 de aguijones, sin embargo, este presento que el total de las abejas fueron dóciles. G.J. Hunt (2007) menciona que la cantidad de abejas encargadas de la guardia en la piquera y la respuesta de picadura de la colonia con la eliminación de las guardianas reduce temporalmente la respuesta así que si una gran cantidad de individuos participan en el mecanismo de defensa por medio de las picaduras la disponibilidad de abejas para realizar tareas dentro de la colonia se agotara, confirmando así lo que mencionan Arechavaleta-Velasco, ME y Hunt, GJ (2003) en su investigación sobre que la eliminación de las guardianas reduce temporalmente la respuesta porque la

revisión semanal que se le realiza a las colonias puede repercutir en la pérdida de guardianas disponibles para la defensa de las colmenas.

La abeja africanizada presenta un comportamiento altamente defensivo comparado con las abejas europeas. Las abejas obreras son estimuladas, alertadas y orientadas a aguijonear por todo tipo de golpe o vibración, olores extraños, feromonas, objetos en movimiento y materiales oscuros (Ayala Álvarez, E, & Rojas Peralta, A. F. 2012).

Arechavaleta-Velasco (2021) identificaron que el comportamiento defensivo de colonias formadas por abejas de los dos genotipos híbridos generados a partir de cruza recíprocas entre abejas africanizadas y europeas es diferente; las colonias híbridas producto de la cruce entre reinas europeas y zánganos africanizados son significativamente más defensivas que las colonias híbridas producto de la cruce entre reinas africanizadas y zánganos europeos.

La cantidad de aguijones está ligada a la cantidad de guardianas, éstas viéndose afectadas y disminuidas en cada revisión afectando la respuesta temporalmente además de que también se tiene que tomar en cuenta que estas guardianas no desperdician esfuerzos en estímulos poco relevantes.

El medio ambiente es de gran importancia en el comportamiento defensivo de las abejas, aumentando así su nivel de agresividad con la elevación de las temperaturas, la influencia de los vientos y tempestades tomando en cuenta un punto muy importante y es el número de abejas que se encuentran en la colmena. Debido a las altas temperaturas las abejas pasan mayor tiempo dentro de la colmena para tener una mejor termo regulación y debido a esto tienen una mayor reactividad y por ende un nivel de agresividad mayor Nates-Parra, (2011). Agregando también lo que menciona Spivak, 1991; Guzmán y Page, (1994) en su estudio de genética del comportamiento que estas abejas se vuelven más agresivas cuando en la colmena hay reservas de néctar Asi mismo el alto grado de agresividad se puede deber a un comportamiento defensivo territorial según indica Insuasty (2004).

5.3. Variables morfológicas

Cuando se habla de la determinación de las especies se dice que los primeros intentos se basaron en la morfología externa, tomando en cuenta principalmente los colores y tamaños exteriores Avalos y Mendoza (2018); Actualmente los trabajos descriptivos cuantitativos de la morfometría del espécimen nos proveen de datos más exactos para la caracterización de los especímenes. Ruttner (1988) indica 36 caracteres morfológicos de las abejas con capacidad discriminativa, de los cuales en el presente estudio se han evaluado 11, lo que proporciona información interesante para la caracterización de las abejas en el país debido a que en todo el territorio nacional existen escasos estudios de caracterización de *Apis Mellifera*.

En la tabla 6 se presenta la estadística descriptiva de las variables en estudio.

Cuadro 6. Estadística descriptiva de las variables morfológicas de las variables en estudio

Variable	Mean	ST Dev	Coef var
LAALAAD	9.079	7.40	11.91
AALAAD	1.286	0.20	13.99
GARF. HA	21.038	1.90	8.38
LAALAPD	5.425	0.34	5.26
AALAPD	1.222	0.19	15.88
LOG. TIB	2.555	0.32	9.77
LOG FEM	1.892	0.24	10.08
ACH4TER	9.288	0.78	6.93
LAR4TER	2.716	0.69	25.41
BTOM4TE	0.667	0.62	93.41
TOMT4TE	1.646	1.48	89.72

LAALAAD (Largo del ala anterior derecha), AALAAD (Ancho del ala anterior derecha) GARF. HA: Garfio Hamuli LAALAPD: Largo del ala posterior derecha AALAPD: Ancho del ala posterior derecha LOG. TIB: Longitud de la tibia LOG FEM: Longitud Del femur ACH4TER: Ancho del 4to tergito LAR4TER: Largo del 4to tergito BTOM4TE: Borde tome 4to tergito TOMT4TE: Tomentum 4to tergito.

El coeficiente de variación es una medida de dispersión de amplia utilización, cuando se pretende analizar la dispersión entre varias poblaciones, de una o diferentes variables medidas en la misma o diferentes escalas. Este estadígrafo es definido como la relación que se establece entre la desviación estándar y la media aritmética de la variable, dicho de otra forma, desviación estándar expresada como porcentaje de la media aritmética. Ramiro Vásquez; Caballero, A. (2011)

(Gordón-Mendoza, y Camargo-Buitrago 2015) señala que normalmente en los ensayos los CV se consideran bajos cuando son inferiores a 10%; medios de 10 a 20%, altos cuando van de 20 a 30% y muy altos cuando son superiores a 30%. En la tabla 5 se observan los resultados con homogeneidad media con valores de CV entre 5.26%, 8.38%, 9.77% Las demás variables resultaron altamente heterogéneas con CV entre 10.08% y 56.94%. Por lo que según estos resultados los apiarios estudiados presentaron una alta heterogeneidad en su condición morfométrica, ya que solo el 36.36% de las variables presentaron un CV de homogeneidad media.

LAALAAD tuvo un valor promedio de 9.079 ± 7.40 mm, los cuales difieren a los reportados por Orjuela Parrado (2019) Para la raza *apis mellifera* con valor de 8.46 mm. En cambio, estos valores se aproximan a los reportados por Gómez Leyva, Argüello Nájera (2010) con promedio de 9.02 mm. Según Robinet y Roque (2010) concluyen que el aumento de tamaño produce cambios como periodos de vuelos más tempranos, mejoras en sobrevivencia al invierno y aceleración en las tasas de desarrollo.

Orjuela Parrado (2019) en su estudio indicó diferencias significativas en los sitios, donde con el incremento de la altitud se observó un aumento en el tamaño de las partes corporales estudiadas en la cordillera oriental de Colombia, especialmente en las estructuras de vuelo: largo y ancho del ala delantera y ancho del ala trasera.

AALAAD alcanzo un promedio de 1.286 ± 0.20 mm con un cv de 13.99% indicando un cierto grado de heterogeneidad, por otro lado, Hernández Hernández, y Payró de la Cruz, E. (2021) reporto datos promedios de 3.09 mm. Para GARF.HA se encontró un valor de 21.038 ± 1.90 mm valor similar al reportado por Aytekin A., Terzo, M., Rasmont P (2007) de 20.65 mm en abejas *apis mellifera* y respectivamente el coeficiente de variación de esta característica resulto de 8.38%. LAALAPD obtuvo un valor de 5.425 ± 0.34 mm en cambio Orjuela Parrado, R. L. (2019). Reportó un valor promedio de 6.10 mm respectivamente el coeficiente de variación de esta característica resulto en un valor medio con un 5.26% denotando una buena uniformidad de esta variable.

La longitud promedio de AALAAPD fue de 1.222 ± 0.19 mm valor similar al reportado por Aytekin A., Terzo, M., Rasmont P (2007) de 1.63 mm el coeficiente de variación de dicha

característica registro un valor de 15.88% de variación alto, es decir de mayor heterogeneidad.

LOG TIB resulto con un valor de 2.555 ± 0.32 mientras que Orjuela Parrado, R. L. (2019) reportó valores de 3.07mm, por lo tanto. LOG FEM obtuvo un valor promedio de 1.892 ± 0.24 mm, magnitud inferior a las reportadas por Orjuela Parrado, R. L. (2019) de 2.21mm. El coeficiente de variación resulto de 10.08% Lo cual expresa una alta heterogeneidad para dicha característica. ACH4TER Resulto con un valor promedio de 9.288 ± 0.78 mm, valor inferior a los 22.07 reportados por Alqarni, (2011). Mientras que el CV resulto en un promedio de 6.93 presentando una homogeneidad media.

LAR4TE Se encontró un valor promedio de 2.716 ± 0.69 mm, valor semejante a los 2.05 mm, reportados por Gómez Leyva (2021), el coeficiente de variación resulto de 25.41 lo cual resulta con una alta variabilidad.

Cuadro 7. Matriz de correlaciones de los apiarios en los cuatro municipios de Managua, 2023

	Apiario	Colmena	LAALAAD	AALAAD	GARF.HA	LAALAPD	AALAPD	LOG.TIB	LOG.FEM	ACH4TER	LAR4TER	BTOM4TE	TOM4TE
Colmena	0.053												
	0.588												
LAALAAD	0.136	0.144											
	0.166	0.142											
AALAAD	0.040	-0.034	0.059										
	0.68	0.734	0.547										
GARF.HA	0.059	-0.090	0.108	0.106									
	0.548	0.364	0.271	0.284									
LAALAPD	-0.054	0.051	-0.017	0.079	0.022								
	0.583	0.603	0.860	0.426	0.825								
AALAPD	0.040	-0.034	0.059	1.000	0.106	0.079							
	0.682	0.734	0.547	*	0.284	0.426							
LOG.TIB	-0.278	-0.155	0.111	-0.057	0.169	0.043	-0.057						
	0.004	0.114	0.261	0.566	0.085	0.665	0.566						
LOG.FEM	-0.092	-0.218	-0.005	0.053	0.153	-0.153	0.053	0.470					
	0.348	0.026	0.959	0.589	0.120	0.119	0.589	0.000					
ACH4TER	0.059	-0.186	0.092	-0.078	0.087	-0.174	-0.078	0.248	0.151				
	0.551	0.058	0.350	0.427	0.378	0.076	0.427	0.011	0.124				
LAR4TER	0.076	-0.183	0.079	-0.071	0.027	-0.179	-0.078	0.248	0.116	0.396			
	0.439	0.062	0.422	0.473	0.787	0.068	0.473	0.068	0.240	0.000			
BTOM4TE	0.152	-0.032	0.110	-0.140	-0.054	-0.139	-0.140	0.046	-0.150	0.098	0.152		
	0.121	0.745	0.262	0.154	0.583	0.156	0.154	0.644	0.128	0.322	0.122		
TOM4TE	0.093	-0.010	0.112	-0.054	-0.082	0.013	-0.054	0.132	-0.040	0.249	0.394	0.138	
	0.345	0.919	0.257	0.584	0.403	0.894	0.584	0.178	0.686	0.010	0.000	0.161	

5.4. Nivel de relación entre las variables

Respecto a los valores de las 11 variables se encontró 7 variables con correlación correspondiente al 63.63% del total entre las que destacan LOG.TIB Y APIARIO, LOG.FEM Y COLMENA, LOG.FEM Y LOG.TIB, ACH4TER Y LOG.TIB, LAR4TER Y ACH4TER, TOMT4TE Y ACH4TER, LAR4TER CON TOMT4TE.

Se encontró relación positiva entre las variables LOG.TIB y la LONG.FEM, (0.470, P=0.001), Así mismo LAR4TER se correlaciona positivamente con ACH4TER (0.396, P=0.001), este también correlacionado positivamente con TOMT4TE (0.249, P=0.010), de igual forma LAR4TER se correlaciona positivamente con TOM4TER (0.394, P=0.001). Solamente las correlaciones entre LAALAPD, LOG.TIB, LOG.FEM, BTOM4TER Y TOM4TER resultaron negativas.

Serrano y Vaquero (2001) realizaron una discriminación entre medidas morfométricas de *apis melifera melifera* provenientes de España y Portugal, en sus resultados ellos destacan que comparados con otros autores sus medidas son sensiblemente menores a las de otros autores sin embargo ellos consideran que esto es debido a los métodos de medida que los demás autores utilizaron.

Orantes y Fernández (1995) en su estudio muestra datos similares para las variables LOG.FEM y LOG.TIB excepto para una localidad (Vadillo en la Sierra de Cazorla) esto hace mención de que se puede atribuir a polietismo morfológico. Johnson (2010) menciona que el tamaño de los individuos se correlaciona con las tareas que realizan por ejemplo las obreras encargadas de recolectar recursos como polen, agua y demás tienden a presentar extremidades más largas que las obreras encargadas de alimentar a las larvas

Al-Kahtani (2021) realizó un estudio de caracterización morfométrica en África y Arabia Saudita, lugar donde las abejas en estudio están adaptadas, en los resultados de esta investigación encontraron una correlación positiva también con respecto a las variables LOG.FEM, LOG.TIB y LAALAPD ellos mencionan que a mayor tamaño de las extremidades y las alas, las abejas tienen mayor capacidad en labores como búsqueda y recolección de recursos, consecuentemente esto aumenta la productividad de la colmena. Además, las medidas ACH4TER, TOMT4TE y BTOM4TER están correlacionadas directamente al tamaño del abdomen del espécimen y la

capacidad de almacenamiento de miel, por consiguiente, a mayor tamaño del abdomen es mayor la longitud de los tergitos y tomento

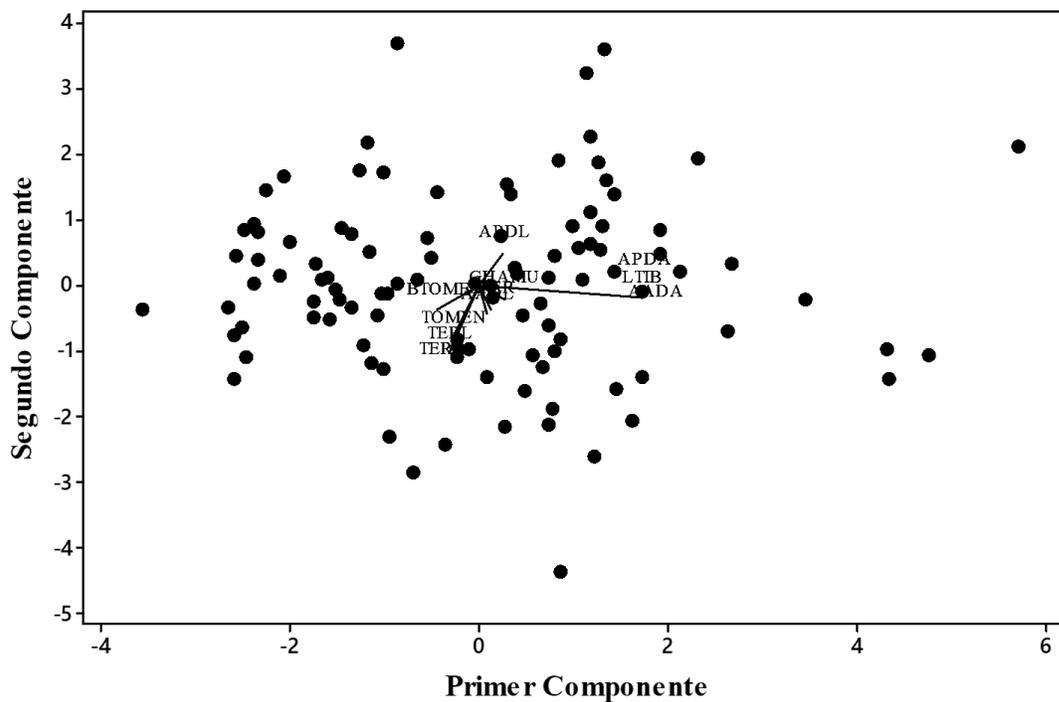
Destacando también que con respecto a las alas las abejas tienen mayor capacidad de vuelo cuando tienen una longitud alar grande, por ende, una mayor capacidad de supervivencia; Mostajeran y Edriss (2006) demostraron también que la producción meliaria de las colmenas se encuentra directamente correlacionada con las características morfométricas de las patas y las alas.

McMullan (2006) hizo una investigación en Irlanda y zonas cercanas donde tienen temperaturas de 10°C a 15°C que disminuyen según sube la altitud de la zona, esta se dio en una zona contraria al estudio antes mencionado ya que era boscosa con bastante vegetación a los alrededores, ellos evaluaron la influencia de las celdas en el tamaño de los especímenes, concluyendo así que el ambiente tiene influencia en algunas características morfométricas como en otras no. Además, con respecto a la variable TOMT4TE y BTOM4TER fueron angostos debido que también en los resultados muestran que el tamaño de las celdas pequeñas sí tuvo correlación con el tamaño de las abejas.

5.5. Análisis de componentes principales

Esta técnica permitió seccionar la información obtenida de las variables en estudio. Cada una explica una parte específica de la información y mediante combinación lineal de las variables originales otorgan la posibilidad de resumir la información total en pocas componentes que reducen la dimensión. La mayor aplicación de este está centrada en la de reducción de la dimensión del espacio de los datos, en hacer descripciones sintéticas y en simplificar el problema que se estudia. Gonzales y Llinas (2008).

Figura 1. Análisis de componentes principales



APDA (Ancho del ala posterior derecha), (LOG.TIB) Longitud de la tibia, (BTOME) Borde del tomento, (TERL) Largo del tergito, (TERA) Ancho del cuarto tergito.

En la Grafica 1 se realizó un análisis de componentes principales para determinar las medidas morfométricas que contribuyen a la explicación de la varianza. El primer componente explica el 66.3% de la variabilidad total, con respecto a al primer componente en las variables se pueden observar que AADA (0.559) APDA (0.559) y LTIB (0.558) estas explican una gran variabilidad correlacionadas entre ellas de una manera positiva.

Sin embargo, estas variables antes mencionadas están correlacionadas negativamente con las del segundo componente, destacando entre ellas TERA (-0.509) TERL (-0.558) TOME (-0.429) y en menor proporción, pero con valores similares destacan también las variables AADL (-0.233) y APDL (-0.262).

Este análisis muestra que tres componentes tienen un valor propio (Eigenvalue) mayor que 1.0, los cuales ya en conjunto muestran el 66.3% de la variabilidad de los datos originales en estudio, varios de estos factores fueron significativos en el primer componente y este tiene una correlación positiva con todas las variables morfométricas, sin embargo con el segundo componente expone una correlación negativa o nula, además con el tercer componente también muestra una correlación negativa con valores similares pero en menor proporción, Aunque solo se graficaron los dos primeros componentes para simplificar la interpretación.

5.6. Morfometría geométrica alar

Cuadro 8. Índices clásicos de la morfometría alar para los apiarios en los tres municipios de Managua, 2023

Apiarios	Índices					
	Ic	DE (±)	Td	DE(±)	Ih	DE(±)
Faca	2.38	0.42	2.2	2.93	0.952	0.041
Ticuantepe 1	2.25	0.305	-1.4	2.382	0.971	0.065
Ticuantepe 2	2.86	0.690	-1.1	2.982	7.49	22.75
El plantel	2.27	0.371	-0.45	2.357	0.953	0.090
Mateare	2.13	0.462	1.1	3.339	0.948	0.214

Ic: Índice cubital; Td: índice discoidal; Ih: índice hantel

En la tabla 8 se encuentran las medias de los índices calculados por el programa de Wingsmark los cuales son el índice cubital que es un análisis discriminante entre abejas negras (*Apis mellifera mellifera*) y abeja amarilla (*Apis mellifera italica*), con rangos de valores de 1.40 - 2.10 y 2.00 - 2.70 respectivamente (Garrido, 2019), para la *Apis mellifera carnica* y *lingüística* con valores de 2.4 - 3.0 y 2.0 - 2.7 respectivamente (Aguirre, 2016) El índice de desplazamiento discoidal se encarga de medir la forma y curvatura de las venas, si este índice es negativo pertenece a abejas negras (*Apis mellifera mellifera*) y si es positivo es procedente de un tronco racial. Rodrigues y Gomes

(2022) mencionan que este índice junto al índice hantel son utilizados para la crianza de reinas y la preservación de *apis mellifera*.

La medición de las características de las venas alares para establecer la raza y la pureza de cría en las abejas melíferas con la intención de utilizar los datos con fines de selección de cría en la selección de reinas.

El desplazamiento discoidal es un ángulo que muestra como unión venosa (punto discoidal) se desplaza hacia o desde la punta del ala en relación con otras uniones venosas (Cushman, 2022). Con respecto al índice cubital todos los apiarios presentan datos con los que concuerdan con los estándares de abejas amarillas (Aguirre, 2016; Ruttner, 1988a) con excepción de las colmenas de Ticuantepe 2; para el índice discoidal El Plantel, Ticuantepe 1 y 2 presentan valores negativos en las mediciones dentro del punto discoidal de la venación alar mientras que en FACA y Mateare los resultados fueron positivos relacionados así con las *Apis mellifera mellifera* y *Apis mellifera cárnica*.

En el caso del índice Hantel todos los apiarios presentaron datos dentro de los rangos determinados para la subespecie *Apis mellifera cárnica* (Stockholm, 2004). sin embargo Ticuantepe 2 presento datos no relacionados a ninguno de los rangos establecidos por las distintas subespecies

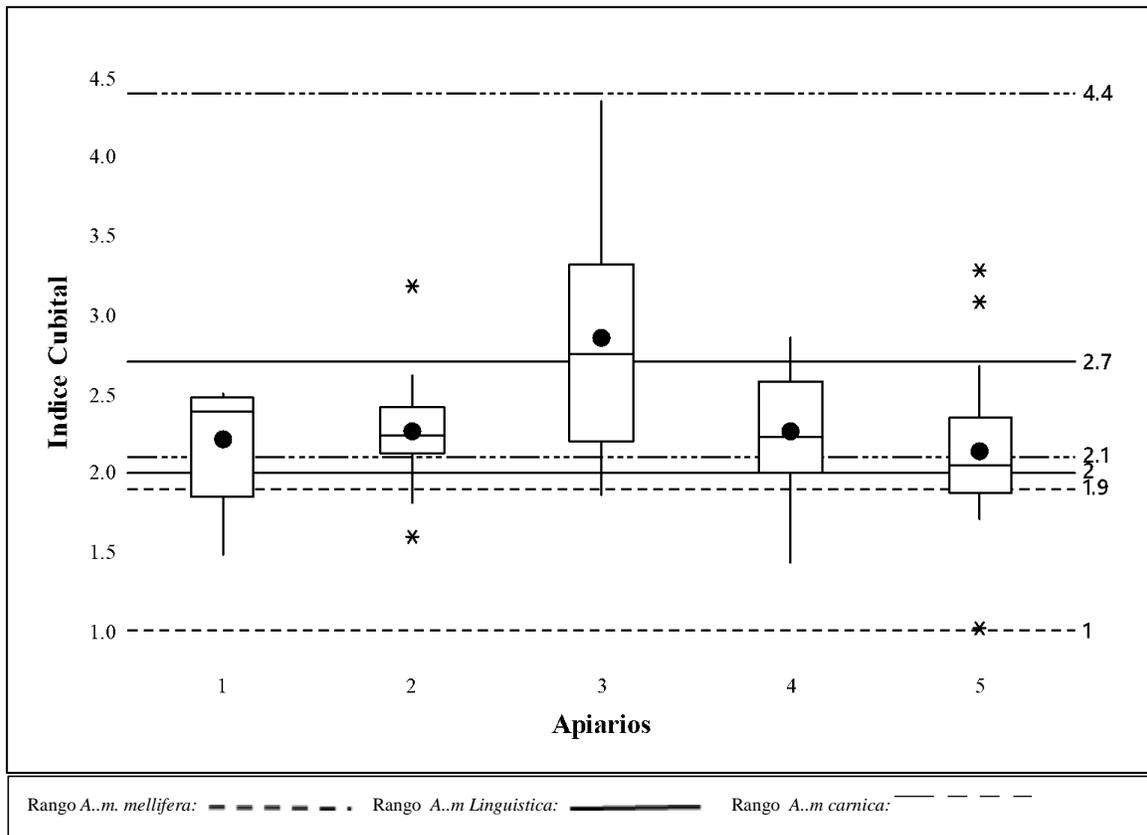
Aunque existen otros caracteres para la identificación a través de las venas alares con el propósito de la distinción entre razas (hantel, discoidal) el índice cubital, ya que provee mucha más información en comparación con los demás índices y cuyo valor ha sido demostrado a través de múltiples muestras (Ruttner, 1988)

Los resultados del análisis del índice cubital muestran que únicamente el Apiario de Faca presento datos dentro de los rangos ya establecidos para *Apis mellifera cárnica* mientras que los demás apiarios todos con resultados dentro de los estándares predeterminados para la subespecie *Apis mellifera mellifera*

Thompson (2015) en su estudio menciona que el índice cubital, el desplazamiento discoidal y el índice Hantel no están relacionados con el manejo que se les proporciona a las colmenas y estos están directamente relacionados al factor genético

N. V. Ostroverkhova (2015) en su investigación en varias localidades de Rusia reporta datos sobre el índice cubital desde 1.66 ± 0.04 a 2.37 ± 0.06 así mismo con respecto al índice Hantel tuvieron resultados que van desde 0.826 ± 0.009 a 0.931 ± 0.012 . De igual manera Ruttner (1995) reporto datos del índice cubital para colonias provenientes de varias regiones de Francia, Austria y España siendo estos entre 1.2 a 6.

Figura 2. Boxplot separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de los apiarios según el índice cubital



En la gráfica 2 se muestra los valores de los índices cubitales de los 5 apiarios, para conocer si existe diferencia estadística entre los apiarios se usó una separación de medias con la prueba de Tukey al 5% por cada muestra, el apiario 2 y 5 presentaron valores atípicos cercanos a los valores mínimos y máximos, de estos datos se puede atribuir a que la desviación estándar es relativamente baja así que no hay demasiada variabilidad dentro de los datos, sin embargo, el apiario 1 muestra datos asimétricos que presentan proporciones cercanas a los IC= 2.5, el apiario 2, 3 y 4 demuestra

datos más asimétricos y concentrados. Estos datos muestran referencia del índice cubital muestra que las las colonias de los apiarios 1,2,4, y 5 no representan grupos diferenciados en este carácter. Lo mismo ocurre al comparar las abejas del linaje C (*A. m. ligustica* +*A. m. carnica*) con las del linaje M (*A. m. mellifera*), lo que, debido al escaso número de muestras de *A. mellifera* Las medias de los cinco grupos difieren significativamente al nivel $p < .005$ según un ANOVA unidireccional [$F(8,91) = 30,96$, $p = 2,16e-08$]. Las comparaciones post hoc mediante la prueba Tukey HSD indicaron que los valores medios del índice cubital de apiario 3 ($M = 2,86$, $DE = 0,690$) eran significativamente diferentes de los demás apiarios, pero estas últimas no diferían entre sí. No obstante, no fue posible predecir con fiabilidad la pertenencia a un grupo basándose únicamente en el índice cubital de las obreras. Un análisis discriminante lineal de Fisher con las muestras de referencia arrojó una tasa de error de clasificación del 38.1%, 23.8% y del 21,0% para los índices cubital, discoidal y hantel respectivamente.

Siguiendo a los resultados obtenidos la *Apis Mellifera Lingüística* y *Apis Mellifera Carnica*, pertenecen a la línea o linaje A. En la actualidad estas subespecies son muy populares entre los apicultores y compiten con la abeja italiana *Apis Mellifera Linguistica*, las características principales de estas abejas es que presentan un comportamiento dócil y no tienen expresión defensiva muy notoria (Sušnik, Kozmus, Poklukar, & Meglic, 2004). Sin embargo el comportamiento de *Apis Mellifera Mellifera* perteneciente al linaje M, muestra un alto comportamiento de agresividad siendo esta la característica mas notoria de estas, pudiendo observar dicho comportamiento en el apiario de Mateares que presento una escala de 60% de abejas muy agresiva y variable en menor medida en los otros apiarios muestreados. Dicha especie muestran un estado de alerta permanente y disposición para la defensa de la colonia, además estas colonias siempre tienen una organización de defensa masiva bien organizada (Srinivasan, M. R. 2010), lo que sugiere cierto grado de hibridación dada la etología reproductiva específica de esta especie.

VI. CONCLUSIONES

Con respecto a las características morfométricas los rasgos que presentaron una correlación positiva fueron longitud de la tibia, longitud del fémur, y ala anterior derecha, también logramos apreciar en el cuadro 6 que hubo una alta heterogeneidad entre los apiarios muestreados con un coeficiente de variación media y alta.

El análisis de los índices clásicos mostró según los valores de rangos establecidos un morfotipo alar predominante de los linajes A y C encontrando parámetros de las subespecies *apis mellifera mellifera*, *apis mellifera cárnica* y *apis mellifera lingüística*.

Las colmenas muestreadas son altamente higiénicas determinado por la prueba de punción de pupas en dónde se obtuvo un resultado final de 86.64% para todas las colmenas muestreadas en los cuatro municipios del departamento de Managua. Los resultados grado de defensividad, demuestran que las abejas de los distintos apiarios muestreados presentan un grado de defensividad medio exceptuando el apiario de mateares que presento un grado de defensividad muy agresivas. Asi mismo las colmenas de los cuatro departamentos muestreados presentaron una fortaleza alta con un promedio de 42.86% pertenecen a categoría I es decir colmenas con fortaleza alta.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones que le den continuidad al presente estudio tomando en cuenta la inclusión de nuevas variables morfométricas, así como ampliar las zonas de estudios con diferentes factores medioambientales esto para determinar híbridos de *abejas Apis melíferas* en otras zonas de nuestro país.
- Promover en los apicultores el uso de programas de registro de manejo en las colmenas, para tener control sobre las conductas de las abejas y realizar periódicamente la prueba de conducta higiénica, para así llevar a cabo programas de prevención de plagas y enfermedades, así aumentar la productividad de las colmenas por medio de la selección de características productivas y conductas.
- Realizar investigaciones sobre genética molecular para obtener resultados discriminantes en la caracterización de subespecies.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aguirre Orantes, J. (2016). *Determinación del comportamiento higiénico en colonias de abejas Apis mellifera en el criadero de reinas las maravillas, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala)
- Al-Kahtani, S. N., & Taha, E. K. A. (2021). Morphometric study of Yemeni (*Apis mellifera jemenitica*) and Carniolan (*A. m. carnica*) honeybee workers in Saudi Arabia. Alqarni (2011). The indigenous honey bees of Saudi Arabia (Hymenoptera, Apidae, *Apis mellifera jemenitica* Ruttner): Their natural history and role in beekeeping.
- Andere, C., PALACIO, M., Delgado, P., Figini, E., RODRÍGUEZ, E., Colombani, M., & Bedascarrasbure, E. (2001). Relationship Between Defensive and Hygienic Behavior in a Honeybee (*Apis mellifera* L.)
- ANDERE, C.; PALACIO, M.; DELGADO, P.; FIGINI, E.; RODRÍGUEZ, E.; COLOMBANI, M.
- Andrea López Incera ,morgane nouvian ,katja ried ,Thomas Muller yHans J. Briegel. (2021).
Apicultura: Manejo, Nutrición, Sanidad y Flora Apícola, Universidad
- Araneda, X., Pérez, R., Castillo, C., & Medina, L. (2008). Evaluación del comportamiento higiénico de *Apis mellifera* L. en relación al nivel de infestación de *Varroa destructor* Anderson & Trueman.
- Autónoma de Campeche, Campeche
- Aytekin, M. A., Terzo, M., Rasmont, P., & Çağatay, N. (2007, January). Landmark based geometric morphometric analysis of wing shape in *Sibiricobombus* Vogt (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* Latreille).
- BEDASCARRASBURE, E. 2001. Relationship Between Defensive and Hygienic Behavior in a Honeybee (*Apis mellifera* L.).
Behavioral ecology and sociobiology.

- BENÍTEZ, R. Y MEDINA, L. 2001. Reinvasión del ácaro Varroa destructor en colonias de abejas africanizadas en Yucatán.
- Bocourt-Esmeiro, F. M., López-González, B., Álvarez-Castelló, M., Castro-Almarales, R. L., Rodríguez-Canosa, J. S., & Torres-Concepción, J. (2020). Caracterización de pacientes alérgicos a picadura de abeja que reciben inmunoterapia.
- Bonilla Murillo, J. C. (2008). *Manual básico para la producción de miel*. Cuenta Reto del Milenio, Managua (Nicaragua). Chemonics International, Managua (Nicaragua)
- Breed, MD, Williams, KR y Fewell, JH (1988). La cera de peine media en la adquisición de señales de reconocimiento de compañeros de nido en las abejas melíferas. *Procedimientos de la Academia Nacional de Ciencias*.
- Cushman, D. (2022, noviembre 30). Morphometry (Called Morphology in some parts of the world). *Dave-cushman.net*. <http://www.dave-cushman.net/bee/morphometry.html>
- DE LAYENS, G. Y BONNIER, G. 2001. Curso Completo de Apicultura Cuidado de un Colmenar Aislado. Editorial Omega.
- DE PAPA, U. P. D. C., & COMO, O. P. A. (1994). 46 (Vol. 5/6 REVISTA LATINOAMERICANA DE LA PAPA. *Revista Latinoamericana de la Papa*.
- Díaz Avalos, Alejandra Paola, Hurtado Mendoza, Carlos Alberto, Rodríguez Rodríguez, Roberto, Leiva Chimbor, Luis Andres, Rodríguez Soto, Juan Carlos, & Díaz Pretell, Luis Enrique. (2018). Determinación morfométría geométrica de Varroa sp. (Acari: Varroidae) ectoparásito de Apis mellifera L., costa norte del Perú, 2018
- García García, M., Ríos Osorio, L. A., & Álvarez del Castillo, J. (2016). La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura
- Gómez Leyva, J. F., Argüello Nájera, O., Vázquez Encino, P. J., Hernández Hernández, L. U., y Payró de la Cruz, E. (2021). Análisis morfométrico y molecular (ADNmt) de abejas melíferas (*Apis mellifera* L.).
- Guzmán-Novoa E, Correa BA, Espinosa MLG, et al. Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Vet Mex*. 2011.

- Hepburn, H. R., & Radloff, S. E. (1996). Morphometric and pheromonal analyses of *Apis mellifera* L along a transect from the Sahara to the Pyrenees
- Hunt, G. J. (2007). Flight and fight: A comparative view of the neurophysiology and genetics of honey bee defensive behavior.
- Janmaat, AF y Winston, ML (2000). Eliminación de crías infestadas de *Varroa jacobsoni* en colonias de abejas melíferas con diferentes depósitos de polen. *Apidologie*.
- Jiménez Vaquero, Flores Serrano, J. M., Valeiro Da Silva, M. J., Padilla-Alvarez, F., Puerta Puerta, F., y Bustos Ruiz, M. (2001). Estudio biométrico de poblaciones de abejas (*apis mellifera* L.) del centro de Portugal y de Madeira.
- Johnson, B. R. (2010). Division of labor in honeybees: form, function, and proximate mechanisms.
- Martínez-Pérez de Ayala L. R., Martínez-Puc J. F. y Cetzal-Ix W. R. (2017), *Apicultura: Manejo, Nutrición, Sanidad y Flora Apícola*, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche.
- McMullan, J. B., & Brown, M. J. (2006). The influence of small-cell brood combs on the morphometry of honeybees (*Apis mellifera*).
- Medina-Flores, C. A., Guzmán-Novoa, E., Aguilera Soto, J. I., López Carlos, M. A., & Medina-Cuéllar, S. E. (2019). Condiciones poblacionales y alimenticias de colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) en tres regiones del altiplano semiárido de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*.
- Mostajeran M, Edriss MA, Basiri MR. Analysis of colony and morphological characters in honeybees (*Apis mellifera meda*).
- Natalia Botero, G. M. (Ed.). (1995). *Revisat colombiana de entomologia* (Vol. 21, Número 3).
- Nates-Parra, G. (2011). GENÉTICA DEL COMPORTAMIENTO:: ABEJAS COMO MODELO. *Acta Biológica Colombiana*.
- Orantes-Bermejo, F. J., & García-Fernández, P. (1995). Morphological variability of *Apis mellifera* iberica in different apiaries of southern Spain.

- Orjuela Parrado, R. L. (2019). Variación morfométrica de abejas africanizadas en un gradiente altitudinal de la Cordillera Oriental (Colombia).
- Ostroverkhova, N. V., Konusova, O. L., Kucher, A. N., Kireeva, T. N., Vorotov, A. A., & Belikh, E. A. (2015). Genetic diversity of the locus COI-COII of mitochondrial DNA in honeybee populations (*Apis mellifera* L.) from the Tomsk region.
- Ramiro Vásquez, E., & Caballero, A. (2011). Inconsistencia del coeficiente de variación para expresar la variabilidad de un experimento en un modelo de análisis de varianza.
- Ruttner, F. (1988). Breeding techniques and selection for breeding of the honeybee. British Isles Bee Breeders' Association.
- Salazar, F. J. (2006). *Apicultura Básica*. Fondo de Desarrollo Agropecuario (FONDEAGRO), Managua (Nicaragua).
- Spivak M, Downey DL. Field assays for hygienic behaviour in honey bees (Hymenoptera: Apidae).
- Stockholm, P. T. (2004). New biometric method used in Sweden. *Cybis.Se*. <https://www.cybis.se/cbeewing/pertxt/index.htm>
- Torcida, S., & Perez, S. I. (2012). Análisis de Procrustes y el estudio de la variación morfológica.
- Weatherspark. (2023). El tiempo en Tipitapa Weather Spark. Weatherspark.com. <https://es.weatherspark.com/s/14364/1/Tiempo-promedio-en-el-verano-en-Tipitapa-Nicaragua>
- Salazar, F. J. (2006). *Apicultura Básica*. Fondo de Desarrollo Agropecuario (FONDEAGRO), Managua (Nicaragua).
- Infomiel, P. P. (2022, julio 2). Especies y subespecies de abejas. *Infomiel*. <https://infomiel.com/especies-y-subespecies-de-abejas>
- (Ayala Álvarez y Rojas Peralta, A. F 2012). *Evaluación de las características morfométricas y comportamiento higiénico de las abejas (Apis mellifera) de 6 municipios de Nicaragua, 2012*.
- Ruttner, F. (1988). Morphometric Analysis and Classification. En *Biogeography and Taxonomy of Honeybees* (pp. 66-78). Springer Berlin Heidelberg.

- Rothenbuhler, W. C. (1964). Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees. I. Responses of four inbred lines to disease-killed brood. *Animal behaviour*
- Chuquiyaury, Y., & Eleazar, J. (2021). *Correlación del comportamiento higiénico en Apis mellifera y la infestación de Varroa destructor en un Colmenar en Lima, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gramacho, K. P., & Spivak, M. (2003). Differences in olfactory sensitivity and behavioral responses among honey bees bred for hygienic behavior. *Behavioral ecology and sociobiology*, 54(5), 472-479. <https://doi.org/10.1007/s00265-003-0643-y>
- Dietsch, L. (2011). La apicultura: ¿Una alternativa de desarrollo rural sostenible para las laderas secas de Nicaragua? *Encuentro*, 89, 7-38. <https://doi.org/10.5377/encuentro.v44i89.550>
- Gordón-Mendoza, R., & Camargo-Buitrago, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía mesoamericana: organo divulgativo del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales*, 26(1), 56-63. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212015000100006
- Sušnik, S., Kozmus, P., Poklukar, J., & Meglic, V. (2004). Molecular characterisation of indigenous *Apis mellifera carnica* in Slovenia. *Apidologie*, 35(6), 623-636
- Srinivasan, M. R. (2010). Biodiversity of honeybees. *Department of Agricultural Entomology-Tamil Nadu Agricultural University*.

IX. ANEXOS



Anexo1: Resultado de pupas sacrificadas después de 24 horas.

Foto tomada por: Br. Julio Tinoco. **Fecha:** 17/08/2022



Anexo2: Selección de panal para la punción de pupas.

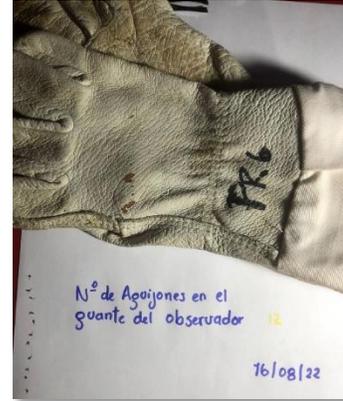
Foto tomada por: Br. Julio Tinoco.

Formato de campo para medir conducta Higiénica

Nombre del apiario: Santa Rosa
 Departamento: Managua Municipio: Sabana Grande
 Propietario: Universidad Nacional Agraria.

No. De colmenas	Fecha de evaluación	Conducta Higiénica					% de higienización
		Número de celdas picadas	Número de celdas removidas	Número de celdas operculadas	No. De panales con miel y polen	No. De panales con miel y polen	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Anexo3: Formato de campo para conducta higiénica



Anexo4: Conteo de Aguijones en el guante del observador.

Foto tomada por: Br. Roxana Benavidez.

Fecha: 16/08/2022



Anexo5: Prueba de agresividad.

Foto tomada por: Br. Julio Tinoco.

Formato de campo para medir comportamiento defensivo

Nombre del apiario: Santa Rosa
 Departamento: Managua Municipio: Sabana Grande
 Propietario: Universidad Nacional Agraria.

No. De colmenas	Fecha de evaluación	Comportamiento Defensivo						
		TAPP	PAFC	Tiempo que dejan de picar el guante	Tiempo total	NPGO	NPP	DAO Mts
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Dónde:
 TAPP: Periodo anterior a la primera picadura. NPP: Número de picaduras en la pelota.
 PAFC: Periodo antes de convertirse en una feroz colonia. DAO: Distancia que las abejas siguieron al observador.
 NPGO: Número de picaduras en el guante del observador.

Anexo6: Formato de campo para comportamiento defensivo.



Anexo7: Fortaleza de la colmena.

Foto tomada por: Br. Roxana Benavidez.

Fecha: 17/08/2022



Anexo10: Disección de alas.

Foto tomada por: Br. Roxana Benavidez.

Fecha: 23/02/2023



Anexo8: Montaje de alas.

Foto tomada por: Br. Julio Tinoco



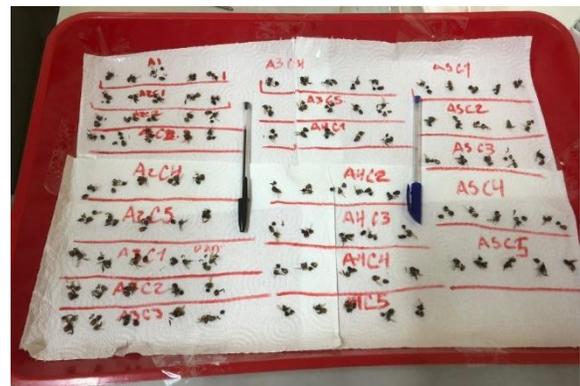
Anexo11: Pesa Analítica.

Foto tomada por: Br. Roxana Benavidez **Fecha:** 23/02/2023



Anexo9: Almacenamiento del cuerpo de las abejas.

Foto tomada por: Br. Julio Tinoco



Anexo12: Secado de Cabeza, Tórax, Fémur y abdomen de abejas.

Foto tomada por: Br. Julio Tinoco **Fecha:** 23/02/2023