



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE ORELLANA

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA ZOOTECNIA

**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DEL ALA DE
ESPECIES DE ABEJAS NATIVAS SIN AGUIJÓN EN LA
AMAZONÍA ECUATORIANA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTORA:

ALINA TATIANA LALANGUI BUSTAMANTE

El Coca- Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

SEDE ORELLANA

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA ZOOTECNIA

**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DEL ALA DE
ESPECIES DE ABEJAS NATIVAS SIN AGUIJÓN EN LA
AMAZONÍA ECUATORIANA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTORA: ALINA TATIANA LALANGUI BUSTAMANTE

DIRECTOR: Ing. DIEGO ARMANDO MASAQUIZA MOPOSITA PhD.

El Coca - Ecuador

2023

©2023 Alina Tatiana Lalangui Bustamante

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo citas bibliográficas del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Alina Tatiana Lalangui Bustamante, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El Coca, 29 de mayo del 2023



Alina Tatiana Lalangui Bustamante
2200059836

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE ORELLANA
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA ZOOTECNIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación. **CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DEL ALA DE ESPECIES DE ABEJAS NATIVAS SIN AGUIJÓN EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA.** realizado por **ALINA TATIANA LALANGUI BUSTAMNATE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Francisco Javier Oñate Mancero Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-05-29
Ing. Diego Armando Masaquiza Moposita PhD DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-29
MVZ. Santiago Alexander Guamán Rivera PhD ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-29

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Cristóbal Lalangui y Julia Bustamante quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. A mis hermanos Viviana Lalangui y Marcelo Yugcha por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias, los amo. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas. A mi querida sobrina Scarlett Alarcón a quien adoro y llena mi vida de alegría, a mis abuelos que desde el cielo han sido esa luz que me daba fuerzas para continuar. Me gustaría expresar mi sincero agradecimiento a mi director de tesis, al Ing. MSc Diego Armando Masaquiza Moposita PhD, por su orientación experta, su dedicación constante y su inestimable sabiduría. Su compromiso con mi crecimiento académico y profesional ha sido fundamental en cada etapa de este proceso. Su paciencia, conocimiento y visión crítica me han permitido superar obstáculos y alcanzar resultados significativos. Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amigas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Alina

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas. A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron. Mami, gracias por todo el esfuerzo, el apoyo y por la confianza que depositaste en mí, gracias porque siempre, haz estado a mi lado. Te amo mucho. Papi, este es un logro que quiero compartir contigo, gracias por ser mi papá y por creer en mí, quiero que sepas que ocupas un lugar especial. A mis hermanos, gracias por ser mi fuente constante de motivación y amor. Su apoyo emocional y confianza en mí han sido el motor que me ha impulsado a superar los desafíos y alcanzar mis metas. También agradezco a mis seres queridos que, a pesar de la distancia, siempre estuvieron presentes en cada paso de este camino académico. Quiero agradecer muy profundamente a mi tutor el Ing. MSc Diego Armando Masaquiza Moposita PhD, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional, gracias por su confianza y amistad. De igual manera mis agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a toda la Facultad de Ciencias Pecuarias, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad. No puedo olvidar mencionar a todas las personas que participaron como colaboradores, voluntarios o participantes en este estudio. Su tiempo, disposición y aportes fueron esenciales para la recolección de datos y la obtención de resultados significativos. Agradezco sinceramente su participación y su contribución, ya que, sin su valiosa colaboración, este proyecto no habría sido tan enriquecedor y significativo. También, quiero agradecer por el cariño brindado a mi mascota Roki, quien en su momento de vida me alegró todos los días y permanecía a mi lado como mi compañero fiel, dándome su compañía, tu espíritu siempre vivirá en mi corazón.

Alina

ÍNDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2. Apicultura a nivel internacional.....	4
1.2.1. <i>La apicultura en Ecuador</i>.....	6
1.2.2. <i>Dificultades en el sector apícola</i>.....	8
1.3. La Meliponicultura.....	14
1.3.1. <i>Beneficios de la meliponicultura</i>.....	15
1.3.2. <i>La meliponicultura en Ecuador</i>.....	16
1.3.3. <i>Ventajas de la meliponicultura tecnificada</i>.....	17
1.4. Abeja sin aguijón o Melipona.....	17
1.4.1. <i>Beneficios que ofrecen las abejas nativas</i>.....	19
1.4.2. <i>Uso de la miel</i>.....	19
1.4.3. <i>Impacto ambiental, económico y social de la implementación de abejas</i>.....	21
1.4.3.1 <i>Impacto ambiental</i>.....	21
1.4.3.2 <i>Impacto económico</i>.....	22
1.4.3.3 <i>Impacto social</i>.....	22
1.4.4. <i>Planes de conservación</i>.....	23
1.5. Técnicas de identificación.....	25
1.5.1. <i>Identificación de especies de abejas</i>.....	25
1.5.2. <i>Análisis morfométricos</i>.....	25
1.5.3 <i>Morfometría tradicional</i>.....	26
1.5.4 <i>Morfometría geométrica</i>.....	27
1.5.5. <i>Técnicas moleculares</i>.....	29
1.5.6. <i>Distancia de Mahalanobis</i>.....	29

CAPÍTULO II

2.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
2.1	Localización y duración	31
2.2.	Materiales	31
2.3.	Técnicas de recolección de datos y muestreo	33
2.3.1.	<i>Muestreo con trampas de agua</i>	33
2.3.2.	<i>Muestreo con red entomológica</i>	33
2.4	Procedimientos experimentales	34
2.5	Análisis morfométrico	35
2.6	Análisis estadístico	35

CAPÍTULO III

3.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	37
3.1	Superposición de Procrustes	37
3.2	Análisis de componentes principales (ACP)	38
3.3	Comparación con gráficos de deformación	41
3.4	Análisis de Variables Canónicas	42
3.5	Análisis de función discriminante y prueba de validación cruzada	45
3.6	Distancias de Mahalanobis y procrustes	49

	CONCLUSIONES	54
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	55
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Principales países exportadores	5
Tabla 1-2: Principales países importadores de miel.....	6
Tabla 1-3: Comparación entre la tribu Apis y Meliponini	18
Tabla 3-1: Variables canónicas, % de varianza y % de varianza acumulada obtenidas del AVC de las coordenadas cartesianas de los PAR	42
Tabla 3-2: Porcentaje de clasificación acertado de los individuos en la prueba de Función discriminante	47
Tabla 3-3: Porcentaje de clasificación acertado de los individuos en la prueba de validación cruzada.....	48
Tabla 3-4: Distancias de Procrustes y Mahalanobis (por encima y por debajo de la diagonal) entre poblaciones, obtenidas con los datos del AVC de las coordenadas cartesianas de los 19 PAR del ala delantera izquierda de las abejas melíferas de los nueve CGR.	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1–1: Principales países productores de miel a nivel mundial en 2020	5
Ilustración 1–2: Apicultores certifican su actividad con apoyo del MAG	7
Ilustración 1–3: Deforestación en la Amazonia	9
Ilustración 1–4: Diez cantones de Ecuador que más deforestación registraron entre 2001 y 2020.....	10
Ilustración 1–5: Vías de exposición de las abejas a los plaguicidas agrícolas	11
Ilustración 1–6: Plaguicidas relacionados con la muerte de las abejas	12
Ilustración 1–7: Ácaro <i>Varroa destructor</i>	13
Ilustración 1–8: Entrada de un nido de abejas Meliponas	16
Ilustración 1–9: Esquema del impacto potencial del cambio climático en la apicultura.....	21
Ilustración 1–10: Morfometría geométrica del ala	27
Ilustración 2–1: Mapa de la parroquia La Belleza.....	31
Ilustración 2–2: Materiales	32
Ilustración 2–3: Muestreo con trampas de agua	33
Ilustración 2–4: Muestreo con red entomológica	34
Ilustración 2–5: Extirpación del ala superior izquierda.....	35
Ilustración 2–6: Localización de los 13 puntos de referencia ubicados en las intersecciones venales del ala delantera izquierda	35
Ilustración 3–1: Superposición de Procustes de los 13 PAR en las intersecciones de las venas del ala delantera izquierda de abejas nativas sin aguijón.....	37
Ilustración 3-2: Gráfico de deformación de CP 1 y CP 2	38
Ilustración 3-3: Diagrama sobre el porcentaje de varianza total de valores de los 15 componentes principales.....	39
Ilustración 3-4: Gráfico de dispersión del ACP de configuraciones de los PAR de los individuos (n=112)	40
Ilustración 3-5: Comparación de los Wireframe Graph de los distintos géneros de abejas nativas.	42
Ilustración 3-6: Diagrama de dispersión según los puntos de referencia del ala delantera izquierda de abejas nativas sin aguijón, considerando géneros específicos	44
Ilustración 3-7: Diagrama de dispersión según los puntos de referencia del ala delantera izquierda de abejas nativas sin aguijón, considerando géneros específicos	45
Ilustración 3-8: Fenograma UPGMA basado en las distancias de Mahalanobis calculadas a partir del análisis de variables canónicas mostrando las relaciones fenéticas entre poblaciones de abejas estudiadas	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

ANEXO B: ANÁLISIS DE VARIABLES CANÓNICAS

ANEXO C: ANÁLISIS DE FUNCIÓN DISCRIMINANTE

ANEXO D: ANÁLISIS DE VALIDACIÓN CRUZADA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACP	Análisis de componentes principales
AFD	Análisis de función discriminante
ANSA	Abejas nativas sin aguijón
AVC	Análisis de variables canónicas
CP	Componente principal
D²	Distancia de Mahalanobis
FABIS	Sistema de rápida identificación de abejas africanizadas
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MG	Morfometría geométrica
MT	Morfometría tradicional
PAR	Puntos anatómicos de referencia
UPGMA	Medias aritméticas por grupo no ponderadas

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar mediante morfometría geométrica del ala especies de abejas nativas sin aguijón en la Amazonía ecuatoriana, esta se condujo durante el año 2022, desde el mes de noviembre hasta finales de febrero del año 2023, en el cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, parroquia La Belleza, para el estudio se realizó un muestreo con trampas de agua y con red entomológica, en el laboratorio se le extirpó el ala delantera izquierda con la ayuda de pinzas entomológicas, lo más cercano a la base del tórax, para posteriormente ser colocadas sobre los marcos de diapositivas para ser escaneados con el escáner (Plustek OpticFilm 8100 Film Scanner), sobre las imágenes se ubicaron 13 puntos de referencia en las intersecciones venales del ala con el software TPSdig2 versión 2.16 y los archivos TPS se prepararon con el software TPSUtil versión 1.46, Los datos obtenidos en TPSDig, que representan la posición de las coordenadas de cada, puntos anatómicos referenciales (PAR) en un plano cartesiano, se exportaron al software MORPHOJ versión 1.4; luego de aplicar el análisis de funciones discriminantes, todos los individuos fueron asignados a su grupo original, identificándose el 100% sin embargo, al aplicar la prueba de validación cruzada reconoció acertadamente el 71.12 %. *Geotrigona mombuca*, *Tetragona clavipes*, *Scaptotrigona mexicana*, *Trigona silvestriana*, *Oxytrigona mellicolor*, *Plebeia* sp., *Lestrimelitta* sp., y *Tetragonisca angustula*. Concluyendo que la morfometría geométrica sirve como una herramienta precisa para poder discriminar género de abejas nativas, tanto a nivel exploratorio como a nivel confirmatorio, con la cual se logró identificar 8 géneros de abejas nativas en la Amazonía ecuatoriana. Se recomienda ampliar la zona de estudio, debido a que en esta zona solo se encontró flora exclusiva del área ganadera.

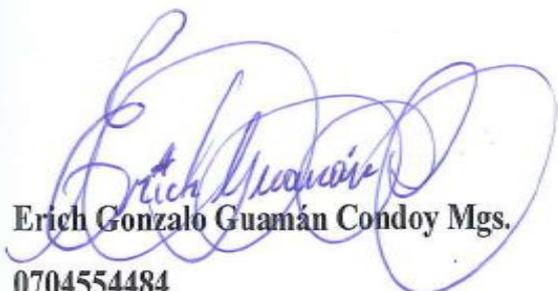
Palabras clave: <MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA>, < FRANCISCO DE ORELLANA (PROVINCIA)>, < ABEJAS NATIVAS>, <TRAMPAS DE AGUA>, <RED ENTOMOLÓGICA>, <PUNTOS ANATÓMICOS>.



ABSTRACT

The objective of the present investigation was to characterize by means of geometric morphometry of the wing, species of native stingless bees in the Ecuadorian Amazon, this was conducted during the year 2022, from November to February 2023, in Francisco de Orellana, Orellana province, La Belleza parish, for the study a sampling with water traps and entomological net was carried out in the laboratory, the left front wing was removed with the help of entomological forceps, as close as possible to the base of the thorax, to be later placed on slide frames to be scanned with the scanner (Plustek OpticFilm 8100 Film Scanner), 13 reference points were placed on the images at the venal intersections of the wing with the software TPSdig2 version 2.16 and the TPS files were prepared with the software TPSUtil version 1.46. The data obtained in TPSDig, which represents the position of the coordinates of each, anatomical points referential (PAR) in a Cartesian plane, were exported to the software MORPHOJ version 1.4; after applying the discriminant function analysis, all individuals were assigned to their original group, identifying 100%, however, when applying the cross-validation test, 71.12% were correctly recognized. *Geotrigona mombuca*, *Tetragona clavipes*, *captotrigona mexicana*, *Trigona silvestriana*, *Oxytrigona mellicolor*, *Plebeia* sp., *Lestrimelitta* sp., and *Tetragonisca angustula*. In conclusion, geometric morphometry serves as an accurate tool to discriminate native bee species, both at the exploratory and confirmatory levels, with which we were able to identify 8 species of native bees in the Ecuadorian Amazon. It is recommended to expand the study area, because in this area only flora exclusive to the livestock area was found.

Key words: <GEOMETRIC MORPHOMETRY>, <FRANCISCO DE ORELLANA (PROVINCE)>, <NATIVE BEE>, <WATER TRAPS>, <ENTOMOLOGICAL NETWORK>, <ANATOMICAL POINTS>.



Erich Gonzalo Guamán Condoy Mgs.
0704554484

INTRODUCCIÓN

Los polinizadores contribuyen directamente a la seguridad alimentaria, según los expertos en abejas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), un tercio de la producción mundial de alimentos depende de las abejas. Las abejas forman parte de la biodiversidad de la que todos dependemos para sobrevivir, proporcionan alimentos de alta calidad miel, jalea real y polen y otros productos como la cera de abeja, el propóleo y el veneno de abeja. (UNEP, 2022)

La polinización es un proceso fundamental para la supervivencia de los ecosistemas, esencial para la producción y reproducción de muchos cultivos y plantas silvestres. Casi el 90% de las plantas con flores dependen de la polinización para reproducirse; asimismo, el 75% de los cultivos alimentarios del mundo dependen en cierta medida de la polinización y el 35% de las tierras agrícolas mundiales. Los polinizadores no solo contribuyen directamente a la seguridad alimentaria, sino que además son indispensables para conservar la biodiversidad (Nitola Duitama, Alvarez Lara, & Useche de Vega, 2021, p. 1)

Alguna de las causas de desaparición de las abejas es el Síndrome de Despoblamiento de Colmenas (SDC) se refiere a la desaparición inexplicable en un corto período de tiempo de la mayor parte de la población de obreras adultas de una colmena. Caracterizándose por la ausencia total de cuerpos tanto en el interior como en el exterior de ésta y por la presencia de cantidades normales de cría operculada y reservas de alimento. Esto suele ocurrir en primavera, tras la invernada, y, en etapas finales, sólo queda la reina con una corte de unas pocas abejas recién nacidas (Pizarro & Montenegro, 2012, p. 2). No es algo que venga ocurriendo desde este año en el mundo, ya en el año 2007 se comenzaban a percibir pérdidas de colonias de abejas que abarcaban hasta el 90% en algunos estados de estados Unidos (Pino Garrido, 2018, p. 9).

El uso desmedido de pesticidas puede afectar drásticamente la productividad de las cosechas debido al daño colateral en las abejas (uno de sus principales polinizadores). La exposición a dichos agroquímicos podría resultar en diversas consecuencias incluyendo la muerte inmediata a múltiples efectos adversos a nivel fisiológico en las abejas. Además, a nivel ecológico el daño se puede extender al debilitamiento de las colmenas, reducción de las áreas de forrajeo y deterioro del hábitat (Martin-Culma & Arenas-Suárez, 2018, p. 7)

Algunos Parásitos como los pertenecientes al género *Varroa*, u hongos como *Nosema ceranae*, entre otros, pueden provocar importantes mortandades en las colmenas afectadas, llegando incluso a provocar su desaparición (Krupke, Hunt, Eitzer, Andino, & Given, 2012)

La contaminación del aire reduce la potencia de los mensajes químicos que emiten las flores y a las abejas y otros insectos les cuesta más localizarlas, según un estudio de la revista (*Atmospheric Environment*). Sería un círculo vicioso: si no encuentran las flores no comen bien, mientras que las flores no se reproducen al no polinizarse (Muerza, 2016)

El cambio climático, cuando cambia la temperatura los procesos que realizan las plantas o flores se modifican. Esto puede ocasionar que cuando llegue la abeja para polinizarla no esté lista para hacerlo (Telese, 2019)

El cambio climático está provocando ciclos inusuales de temperatura, fuertes precipitaciones o sequías prolongadas en determinadas épocas del año y en regiones. Todo esto altera el ciclo de la planta y el período de floración, y tiene un impacto directo en la actividad y declive de las abejas. (Krupke et al., 2012)

Otro factor es la deforestación provocada por la industria maderera y la expansión agrícola y pecuaria, que reducen los bosques. Esas actividades destruyen nidos y áreas para su construcción, y reducen la oferta de alimentos para las abejas (Dias, 2017, p. 2)

La abeja doméstica es considerada un polinizador super generalista (visita muchas especies de plantas) compite con el resto de polinizadores nativos por los recursos florales (néctar y polen) y los desplaza (Valido, Rodríguez-Rodríguez, & Jordano, 2019, p. 2)

El primer objetivo de la apicultura es proporcionar productos apícolas de calidad y servicios de polinización con la máxima eficiencia. Un factor importante para alcanzar este objetivo es la ejecución de un programa de mejoramiento genético orientado a características económicas, comportamentales y adaptativas (Falconer, 2000)

Dentro de los planes de conservación y mejoramiento genético se busca reducir costos de producción, mejorar la eficiencia de la producción y, en consecuencia, la rentabilidad de la actividad; ya que de esta manera se obtienen abejas con mayor instinto de pecoreo, se reduce la posibilidad del ataque de enfermedades y parásitos y, por tanto, la necesidad de controlarlas mediante el uso de costosos productos químicos, potenciales contaminantes de la miel (Antonio & Antonio, 2008, p. 2)

En base a estos antecedentes se plantea que en Ecuador se han realizado pocos estudios sobre los procesos de identificación de abejas sin aguijón y se desconoce la biodiversidad real de tal grupo. Por ello, para esta investigación se pretende utilizar morfometría geométrica del ala, ya que demostró ser un método sencillo y efectivo para la identificación de especímenes de grupos taxonómicos concretos de abejas sin aguijón a diferentes niveles. La sencillez y el reducido costo económico supone una ventaja frente a métodos moleculares de mayor costo y complejidad, y permite que sea una primera aproximación para caracterizar la biodiversidad de un grupo. (García-Olivares, Zaragoza-Trello, Ramirez, Guerrero-Peñaranda, & Ruiz, 2015, p. 2)

Debido a la reducción de polinizadores se busca planes de conservación debido que, si no existieran las abejas melíferas el ambiente estaría cubierto de polen, producto que es perjudicial para la vida del ser humano. Las abejas nos benefician con la polinización, polinizan el 90 % de las plantas de alimento humano para vivir, como en el caso de los cítricos, frutales, girasol, cucurbitáceas, aromáticas, verduras, como así también forrajeras y granos que sirven de alimento de animales: alfalfa, tréboles, pertenecientes a la familia de las fabáceas (leguminosas) monte nativo para tener mayor fecundación. Son responsables del equilibrio de los ecosistemas (Arce, 2018). Por tal motivo, la presente investigación pretende identificarán y clasificarán las distintas especies de abejas sin aguijón mediante la aplicación de morfometría geométrica del ala, el cual clasificara en base a las distintas subespecies.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Caracterizar mediante morfometría geométrica del ala especies de abejas nativas sin aguijón en la Amazonía ecuatoriana.

Objetivos específicos

- Aplicar morfometría geométrica del ala en abejas sin aguijón
- Identificar diferentes especies de abejas nativas presentes en la zona.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

A nivel internacional existe gran preocupación por las tasas actuales de extinción de especies de abejas, las cuales alcanzan son de 100 a 1.000 veces más altas de lo normal debido al impacto del cambio climático. Casi el 35 % de los polinizadores invertebrados, principalmente abejas y las mariposas, y alrededor del 17% de los polinizadores vertebrados, como los murciélagos, están muy cerca de desaparecer. De todos ellos, la abeja es la especie más preocupante debido a su alta reducción en poco tiempo por causas como: cultivos extensivos, plaguicidas, especies exóticas invasoras, el aumento de temperaturas o la falta de agua (García, 2022).

Adicionalmente, tres cuartas partes de los cultivos de los que se alimenta el hombre dependen de la polinización para producir frutos. Se calcula que sin los polinizadores no se podría tener uno de cada tres bocados de comida que se consume, además, cultivos como la alfalfa del que depende mucha de la producción de carne, necesitan polinizadores para producir semillas; se ha calculado que el valor de los polinizadores para la economía en países como Estados Unidos es de 400 mil millones de dólares por año. Aunque estas cifras son difíciles de estimar en una interacción que involucra alrededor de 400 mil especies en todo el mundo, nos hablan de la importancia que reviste preservar este proceso para el ser humano (Arizmendi, 2009, p. 2).

A partir de la perspectiva socioeconómico, la apicultura necesita ser identificada como una actividad económica verde (por su baja o nula emisión de gases de impacto invernadero), que da servicios del medio ambiente y culturales en su operación; además representa un beneficio económico para las familias que se dedican a esta actividad, debido a que promueve el fortalecimiento de los sistemas de vida en las sociedades (Becerril García & Hernández Cuevas, 2020, p. 3).

1.2. Apicultura a nivel internacional

A lo largo de la última década, el número de colmenas productoras de miel experimentó un constante incremento en todo el mundo; así tenemos que en el 2010 fueron 80 millones y una década después alrededor de 95 millones. Una tendencia que se debería, en enorme medida, a la buena acogida que el líquido dulce y viscoso producido en ellas parece tener entre la población. De esta manera, la medida del mercado universal de la miel se aproximó a los 8.600 millones de dólares estadounidenses en 2021 y se cree que supere los 13.500 millones para 2030. Así mismo,

respecto a los países con mayor producción tenemos a Turquía e Irán (Ilustración 1), quienes se ubican en segunda y tercera postura respectivamente después de China, el grande asiático tuvo una producción de miel de 458.100 toneladas métricas (Orús, 2022).

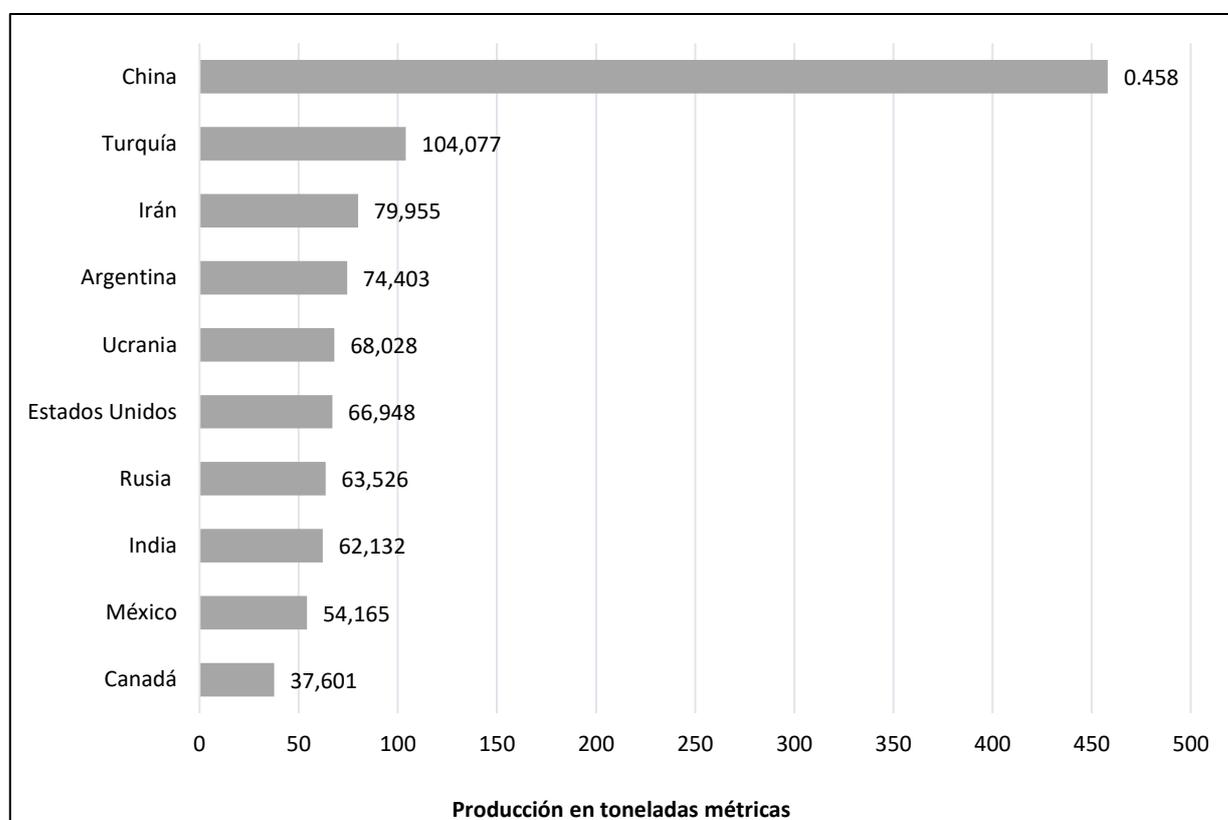


Ilustración 1–1: Principales países productores de miel a nivel mundial en 2020

Fuente: (Orús, 2022).

Realizado por: Alina Lalangui, 2023

Los principales países exportadores de miel durante los últimos 4 años, son Nueva Zelanda, China, Argentina, Brasil y Alemania los 5 principales a nivel mundial, mientras que Ecuador se ubica en el puesto 138 (TradeMap, 2021a).

Tabla 1-1: Principales países exportadores

Exportadores	V.E en 2017	V.E. en 2018	V.E. en 2019	V.E. en 2020	V.E. en 2021
Mundo	2.391.744	2.264.578	1.988.243	2.320.105	2.717.309
Nueva Zelanda	269.135	245.567	228.775	328.641	327.153
China	270.705	249.251	235.015	253.997	260.047
Argentina	183.718	169.991	142.086	164.086	214.078
Brasil	121.298	95.420	67.879	98.560	163.341
Alemania	140.213	141.229	133.016	149.758	147.403

Ucrania	133.943	97.985	101.078	138.787	144.858
India	104.080	101.986	100.872	83.406	136.655
España	110.744	105.647	88.467	112.438	128.644
Hungría	97.278	90.622	84.805	95.989	95.764
México	104.717	120.405	63.231	62.874	93.294

*V.E.: Valor Exportado

Fuente: (TradeMap, 2021a).

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Según TradeMap los principales países importadores de miel en los últimos 5 años son: Estados Unidos, Alemania, Japón, entre otros, ubicándose Ecuador en el puesto 206 (TradeMap, 2021b).

Tabla 1-2: Principales países importadores de miel

Importadores	V.I. en 2017	V.I. en 2018	V.I. en 2019	V.I. en 2020	V.I. en 2021
Mundo	2.375.637	2.271.845	2.037.192	2.267.989	2.686.787
Estados Unidos de América	568.731	483.752	416.895	441.475	666.567
Alemania	313.984	307.096	255.409	279.454	311.820
Japón	143.003	145.537	144.524	173.744	169.851
Reino Unido	130.779	128.606	111.100	121.313	134.514
Francia	130.878	130.133	118.725	129.213	120.858
China	91.235	70.129	84.850	88.913	105.225
Italia	82.153	100.944	79.846	81.004	102.673
Polonia	53.837	62.418	61.775	79.039	91.354
Arabia Saudita	66.128	76.977	72.990	105.066	86.232
Bélgica	79.615	73.314	64.297	70.360	85.484

* V.I.: Valor Importado

Fuente: (TradeMap, 2021b)

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

1.2.1. La apicultura en Ecuador

La apicultura en Ecuador comenzó en 1870 con las primeras colmenas traídas de Francia por los hermanos cristianos, Cuenca fue un importante centro apícola desde el cual se extendió a todas las regiones del país; tradicionalmente, en nuestro país se ha manejado la abeja melífera italiana (*Apis mellifera ligústica*) (Cabrera, 2012, p. 1).

Así mismo, antes de la llegada de las abejas europeas a nuestro país, existían "abejas sin aguijón", llamadas meliponas, cultivadas por nuestros indígenas y también por los primeros mestizos. La llegada de las abejas europeas tuvo un gran impacto en la supervivencia de las abejas autóctonas, que, al ser más grandes y numerosas, eran sus competidoras directas y las impulsaban a retirarse de sus hábitats. Nuestro país no ha mostrado mucho interés por estas especies ya que estos insectos están asociados a comunidades rurales que hacen uso de la miel, cera y resina que producen estas abejas (Cabrera, 2012, p. 1).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en el año 2019, para promover la apicultura en la provincia de Orellana entregó 12 kits apícolas con el fin de incentivar a más personas a la actividad, el reto a nivel nacional es incrementar la producción de miel, en esta provincia se estima que la producción es de 8 toneladas por año, de esta manera se puede satisfacer parte de la demanda de miel que requiere el país (MAG, 2019).

Actualmente el MAG está fomentando el consumo de alimentos derivados de las abejas, además de otorgar certificaciones "Apicultor Básico" otorgada por parte del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP), de la misma manera reconoce a los productores que realizan la actividad con conocimiento técnico y aplicación de buenas prácticas apícolas (Ilustración 1-2). La certificación es parte de un proceso iniciado por el MAG para promover la apicultura en el Ecuador; hasta el momento hay más de 160 apicultores certificados a nivel nacional (MAG, 2022)



Ilustración 1–2: Apicultores certifican su actividad con apoyo del MAG

Fuente: (MAG, 2022)

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

La productividad apícola en el país alcanza en promedio 10,2 kilogramos de miel por colmena al año, según (MAG, 2018) en Ecuador existen 1 760 apicultores y 19 155 colmenas, que proveen al mercado nacional de miel de abeja, polen, propóleo y cera; las provincias donde la apicultura

tiene más influencia son: Loja con 325 apicultores registrados y 2429 colmenas registradas; Manabí con 146 apicultores registrados y 1820 colmenas registradas; Santa Elena cuenta con 144 apicultores y 828 colmenas; Azuay tiene 118 apicultores y 854 colmenas registradas, mientras que en Chimborazo hay 1190 colmenas registradas pertenecientes a 114 apicultores. Sin embargo, para el año 2020 la productividad apícola en el Ecuador se incrementó, alcanzando 2.034 apicultores, 22.631 colmenas y 31 asociaciones de apicultores, quienes han incrementado el promedio nacional de miel de abeja de 10,5 kilogramos por hectárea por año (kg/ha/año) a 15,5 kg/ha/año (MAG, 2020a) en donde la mayoría de apicultores son personas de avanzada edad con un promedio de 50 años, notándose claramente la ausencia de jóvenes que quieran incursionar en la actividad.

Un aspecto de mucha relevancia a nivel nacional en el año 2020 y 2021 es la presencia de asociatividad con empresas privadas para que los productores puedan vender directamente sus productos alcanzando que las toneladas métricas de miel oscilen entre 5.500 y 6.000 dólares, haciendo que los apicultores obtengan fluidez económica, y evitando intermediarios y miel falsa; considerando que existen 31 asociaciones registradas en el país y uno de los proyectos del MAG es trabajar en asociatividad (Bernal, 2021).

La miel de abeja es el producto que mayor representación tiene en la apicultura ecuatoriana con un 85%, la cera de abeja se produce en un 5%, polen en un 3%, propóleo 6%, jalea real 1%, y Apitoxina 0.1%. Del 100% de explotaciones apícolas a nivel nacional aproximadamente el 90% ocurre en sectores rurales, el cual es propicio para la agricultura y el 10% restante en zonas urbanas (Granda Ojeda, 2017, p. 3).

1.2.2. Dificultades en el sector apícola

Se estima que en el mundo cerca del 36,5% de la superficie terrestre se utiliza para campos de cultivo o para ganadería, mientras que en Ecuador se estima cerca del 21,8% (BM, 2020), varios ecosistemas son transformados en zonas urbanas. Otras causas de la pérdida de biodiversidad y que afectan a los polinizadores son la perturbación del hábitat de la vida silvestre, la contaminación, el uso de plaguicidas y las especies exóticas. Además, el cambio climático y algunas veces fenómenos naturales como los huracanes afectan la diversidad de los polinizadores como son las abejas nativas silvestres (Ramírez, Ayala, & González, 2016, p. 3).

Sin embargo, “la producción también se ha desplomado, y se cree que se debe al cambio climático, que se ha traducido en tormentas inusuales y heladas tempranas que no favorecen las condiciones para el desarrollo óptimo de la flora de las abejas”(Contreras-Escareño et al., 2013, p. 8). Todos estos

factores aportan a la reducción de polinizadores, consecuentemente a la producción de miel, los mismos que sumados a la realidad nacional, condiciones sociales (pobreza, desigualdad, conflicto por cambio de uso de suelo), aspectos técnicos (falta de capacitación, baja productividad), económicos (acceso a mercados con estándares más estrictos, mercadeo) y ambientales como la presencia de ácaros, deforestación, impactos del cambio climático (Becerril García & Hernández Cuevas, 2020, p. 3) afectan el desarrollo de la actividad apícola.

De la misma manera la deforestación es uno de los factores predisponentes para la reducción de polinizadores, por lo que los bosques y selvas están siendo deforestados intensamente, con la apertura de nuevas áreas para la agricultura, ganadería y grandes proyectos inmobiliarios o turísticos, cuya urbanización se acelera, destruyendo los lugares de anidación y alimentación de muchas abejas nativas (Quezada-euán, 2010, p. 12).



Ilustración 1–3: Deforestación en la Amazonia

Fuente: (EFE, 2022)

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

En Ecuador la Amazonía representa el 1.6% del bioma amazónico total, pero casi la mitad de la superficie total del país. Según datos analizados por Mapbiomas Amazonía, representada por la Fundación EcoCiencia en Ecuador, entre 2001 y 2020 el país tuvo una tasa de deforestación de 623.510 hectáreas, esto equivale a un promedio anual de unas 31.000 hectáreas (Paz, 2022).

Las principales causas que impulsan la deforestación en esta nación sudamericana son la expansión de la frontera agrícola y ganadera, el desarrollo de infraestructura, la explotación minera y de hidrocarburos y la extracción de recursos madereros. Solo diez cantones concentran el 50 % del total de la deforestación de la región amazónica del país entre 2001 y 2020: Orellana (8.17 %), Lago Agrio (7.35 %), Pastaza (5.90 %), Shushufindi (5.06 %), Loreto (4.38 %), Taisha (4.05 %), Morona (3.81 %), Tena (3.74 %), La Joya de los Sacha (3.54 %) y Gualaquiza (3.54 %) (Paz, 2022).

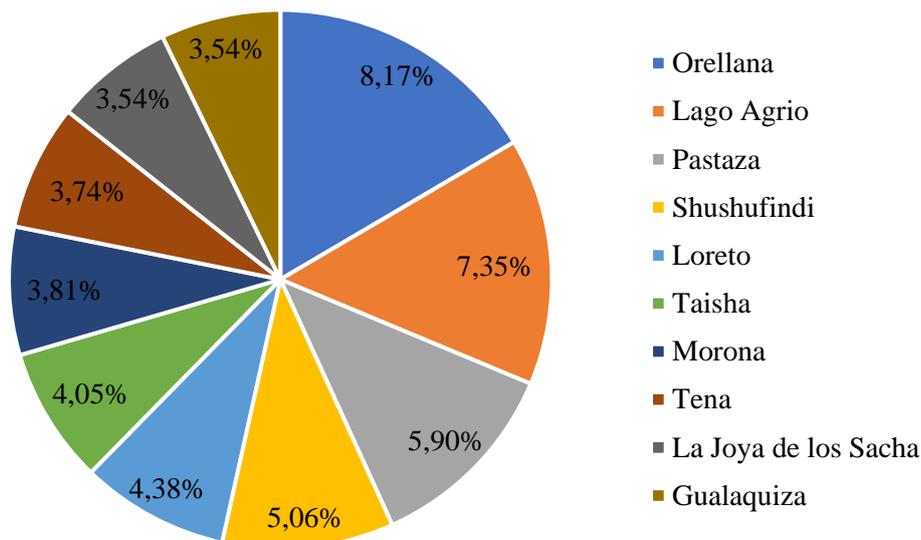


Ilustración 1–4: Diez cantones de Ecuador que más deforestación registraron entre 2001 y 2020

Fuente: (Paz, 2022)

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

El uso de plaguicidas se considera como una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad en los entornos agrícolas; en concreto, los insectos polinizadores son muy susceptibles a la acción de ciertos compuestos fitosanitarios (Brittain, Vighi, Bommarco, Settele, & Potts, 2010). Un gran número de estudios científicos indican que el uso de insecticidas como neonicotinoides y del fenil pirazol fipronil son una amenaza para la salud de las abejas (Blacquiere, Smaghe, Van Gestel, & Mommaerts, 2012).

Un aspecto importante de los plaguicidas es el hecho de que generalmente son sustancias emitidas al ambiente voluntariamente para producir un efecto tóxico sobre algunos organismos. Son utilizados para controlar plagas, enfermedades, y malezas no deseadas. Se manejan varios términos para plaguicidas dependiendo el área de su aplicación, como agroquímicos, productos fitosanitarios, medicamentos veterinarios o biocidas. (Castillo et al., 2012, p. 13).

Los polinizadores pueden estar expuestos a los plaguicidas a través de una variedad de rutas: por contacto directo con aerosoles y partículas suspendidas en el aire o en superficies de plantas tratadas, por la ingestión de polen, néctar y agua contaminada con estos compuestos, o por inhalación de plaguicidas volátiles (Ilustración 1-5), siendo ésta última una forma de exposición menor (Botías & Sánchez-Bayo, 2018, p. 2).

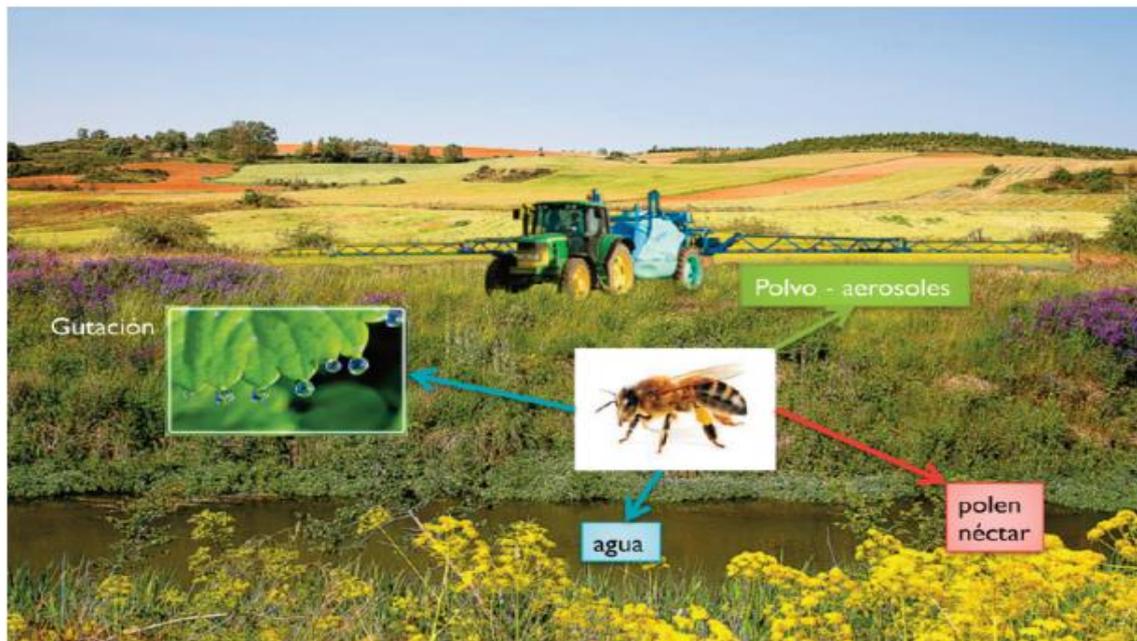


Ilustración 1–5: Vías de exposición de las abejas a los plaguicidas agrícolas

Fuente: (Botías & Sánchez-Bayo, 2018)

Realizado por: Alina Lalangui, 2023

Un problema común que afecta a los polinizadores es la destrucción de su hábitat, lo que incide directamente en la diversidad de plantas de las cuales se alimentan. Estudios recientes indican que la pérdida de colonias es mayor en áreas cubiertas por monocultivos, apoyando la propuesta de que el estrés nutricional es un factor importante en la disminución de las poblaciones de abejas. De esta manera, aunque la disminución de las poblaciones de abejas es probablemente el resultado de la combinación de numerosos factores, existe suficiente evidencia para proponer que la desnutrición de las abejas es una de las causas primarias de este fenómeno y puede constituir la piedra angular para tratar de solucionar este problema (de Morelos, 2015, p. 1).

Parece evidente que las abejas sufren mucho por este cambio climático, ya que su hábitat natural se está destruyendo gradualmente, como consecuencia de los grandes incendios forestales que asolan muchos países cada año, junto con las inundaciones y las sequías importantes. De hecho, se observa una disminución de las especies vegetales y una mala floración, que inciden directamente en la alimentación de las abejas, debilitando considerablemente su sistema inmunitario y su capacidad de resistir a las enfermedades y las plagas (Sainclair, 2021, p. 18).

Malas prácticas agrícolas: industrialización de la producción agrícola y mala planificación, trayendo consigo la destrucción de grandes extensiones de tierra para el cultivo. Esto conduce a la pérdida y fragmentación del hábitat de estos animales, eliminando oportunidades de anidación y, además, resulta en una reducción o eliminación de la diversidad de especies vegetales de las que obtienen su alimento (Castellanos, 2021).

En la actualidad la utilización de plaguicidas (Ilustración 1-6) causa alteraciones en el comportamiento de las abejas (Bommuraj, Chen, Birenboim, Barel, & Shimshoni, 2021) entre estas tenemos: se reduce la actividad pecoreadora de la abeja, disminución de la longevidad (Bird, Wilson, Williams, & Hardy, 2021, p. 2), trastornos termorreguladores (Saleem, Huang, & Milbrath, 2020) aprendizaje (Colin et al., 2020) y muerte (Bommuraj et al., 2021) . La presencia de estos plaguicidas se encuentra en productos de la colmena como la miel y la cera (Calatayud-Vernich, Calatayud, Simó, & Picó, 2018).



Ilustración 1–6: Plaguicidas relacionados con la muerte de las abejas

Fuente: (Correa, 2019)

Realizado por: Alina Lalangui

Según (Tirado, Simon, & Johnston, 2013, p. 4) los insecticidas representan el riesgo más directo para los polinizadores, como su nombre indica, se trata de sustancias químicas diseñadas para matar insectos. Por lo general, se emplean ampliamente en el medio ambiente en torno a los cultivos. Aunque el papel relativo de los insecticidas en el declive global de las poblaciones de polinizadores sigue estando poco definido, es cada vez más evidente que algunos, en concentraciones aplicadas hoy en día de forma habitual en la agricultura intensiva, ejercen claros efectos negativos en la salud de los polinizadores, a nivel individual y de colonia. Los efectos subletales observados para dosis bajas de insecticidas en las abejas se pueden clasificar en 4:

- 1) Efectos fisiológicos de distintos niveles. Por ejemplo, se han medido en términos de tasas de desarrollo (es decir, el tiempo requerido para alcanzar la edad adulta) y malformaciones (como en las celdillas de los panales).
- 2) Alteración del patrón de pecoreo. Por ejemplo, efectos evidentes en el aprendizaje y la orientación.
- 3) Interferencias en el comportamiento alimentario, mediante efectos repelentes, que inhiben la

alimentación o de reducción de la capacidad olfativa.

4) Impacto de los plaguicidas neurotóxicos en los procesos de aprendizaje. Por ejemplo, se han constatado problemas en el reconocimiento de flores y colmenas, de orientación espacial, que son muy relevantes y han sido estudiados y ampliamente identificados.

Las abejas no solo tienen que enfrentarse a la amenaza de sus depredadores naturales, que consisten en varios tipos de aves, como los abejarucos, y sobre todo otros insectos, sino que también existen virus, hongos y ácaros que contribuyen a reducir considerablemente su número de población, destacando principalmente por la mortalidad provocada por *la Varroa destructor* (Ilustración 1-7) o Síndrome de Despoblación de la Colmena, ocasionado por el microsporidio *Nosema Ceranae* (Jiménez, 2018, p. 7).

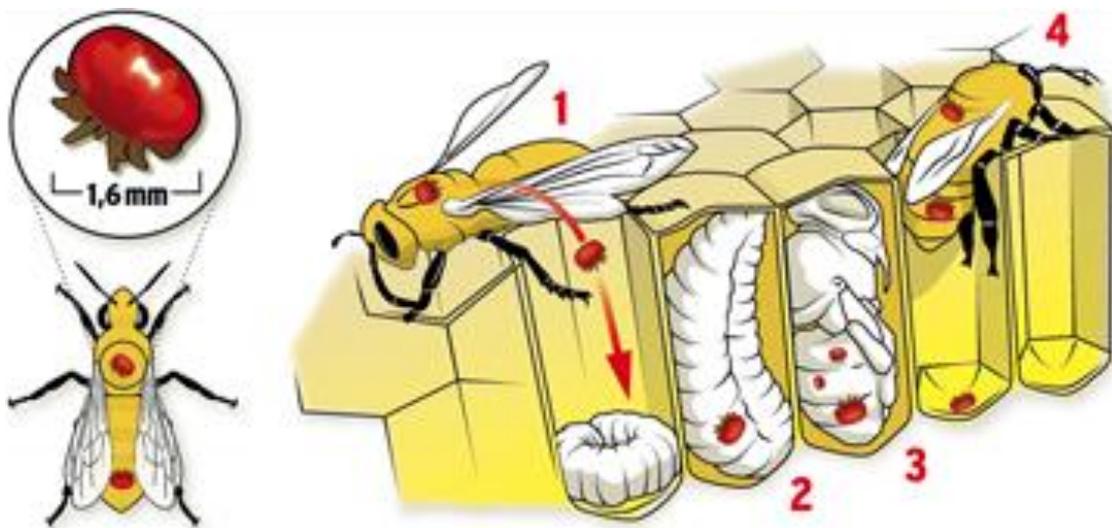


Ilustración 1-7: Ácaro *Varroa destructor*

Fuente: Corona apicultores (2013)

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

- Menor producción de productos como la miel y las frutas, ya que por un lado se reduce el número de abejas productoras de miel y, por otro lado, al producir menos polinización unos de los mayores afectados son los árboles frutales que dependen de insectos como estos, lo que resulta en menos frutas.
- Pérdidas económicas, ya que la labor de polinización que realizan las abejas y otros insectos similares se estima en unos 265.000 millones de euros anuales para la agricultura mundial.
- Se reducirían las poblaciones de animales que se alimentan de ellas o de la miel, como las avispas asiáticas o los osos.
- El número de algunas especies de plantas se reduciría o incluso estaría en peligro y podría extinguirse en un tiempo relativamente corto.

- Los humanos perderíamos una gran cantidad de alimentos, dejando sin alimentar a parte de la población mundial (un problema que ya existía se agudizaría intensamente), se reduciría la producción natural de oxígeno, nos costaría respirar, habría más contaminación, y habría pérdidas económicas. (Juste, 2020).

1.3. La Meliponicultura

Meliponicultura o práctica de la crianza de abejas sin aguijón, se remonta a los años 2,000 A.C. en la civilización Maya, fueron los pioneros en meliponicultura, que ahora ha evolucionado en mantener Meliponas en colmenas artificiales para la producción de miel y polinización, a diferencia de la abeja de la miel (*Apis mellifera*) que fue introducida por los conquistadores durante el siglo XVI (Díaz, 2015).

La meliponicultura es la crianza de abejas sin aguijón que pertenecen a un grupo que los científicos llaman Meliponinas, el lugar donde se encuentran varias colmenas se llama meliponario y quien cuida de ellas es conocido como Meliponicultor. La meliponicultura es una forma de preservar las abejas nativas sin aguijón las cuales están disminuyendo a medida que va pasando el tiempo, es por esa razón que es cada vez más difícil encontrarlas en su hábitat natural, su disminución tiene varios motivos y el principal responsable es el hombre (Gennari, 2019, p. 21).

La miel, en comunidades nativas es suministrada por ancianos que no desean perder la tradición heredada de sus antepasados, y la obtienen de enjambres silvestres que aún se encuentran en el bosque; con su producción cubren las necesidades inmediatas de la entidad. No obstante, el hábitat de estos pequeños insectos se encuentra seriamente amenazado por los cambios en el uso del suelo, la depredación de los bosques y la actividad petrolera, que en últimas fechas se ha reactivado en la zona. Al desaparecer los árboles y las flores, escaseará el néctar y el polen; de igual forma, cada vez son menos los árboles huecos donde las abejas forman sus colonias (Castro et al., 2012).

(Kremen et al., 2007, p. 1) estiman que la meliponicultura es considerada como patrimonio biocultural por ser una actividad fundamental para el mantenimiento de la biodiversidad. Estiman que entre el 60 y el 90% de las plantas necesitan polinizadores y las abejas son los insectos que realizan esta función.

Asimismo, el desarrollo de prácticas socioculturales locales que promuevan la reproducción de la meliponicultura ayuda a conservar y superar la biodiversidad de un entorno particular. Las

correlaciones nativas entre humanos, abejas y su crianza implican redes de conocimiento y perspicacia que son parte de la cosmovisión de un pueblo.

1.3.1. Beneficios de la meliponicultura

La meliponicultura permite obtener los productos de la colmena como miel, polen, cera y propóleo. Las personas en algunas comunidades utilizan todos estos productos y en algunos casos los comercializan, principalmente la miel. Existe una demanda local por este producto dada la atribución de beneficios terapéuticos, hecho que eleva su precio considerablemente en comparación con el de la miel de *Apis mellifera* (DE INVESTIGADORES, p. 6).

Considerando que no es una actividad que necesite de mucho tiempo para ser llevada a cabo, la meliponicultura representa una importante alternativa económica para comunidades rurales que pueden ser beneficiadas si hubiera un mercado nacional o internacional para la comercialización de la miel y otros productos de la colmena de abejas sin aguijón (Reyes-González & Morelia, p. 6).

Igualmente puede ser una fuente alternativa de alimento de buena calidad atribuyéndole bondades medicinales, sin embargo, otros beneficios que nos ofrecen las abejas nativas es su función polinizadora de las flores, asegurando la producción de frutos y semillas de varias plantas y especies forestales, por consiguiente son buenas opciones en los sistemas agroforestales y de reforestación (López Tenorio & Gutiérrez Galindo, 2016, p. 19).

Algunas de las ventajas de la meliponicultura, según (Corea Pino, Galeano Gontol, & Espinoza Dolmus, 2012, p. 7).

- Económicamente viable, muy sencilla y de fácil implementación.
- Mantenimiento dentro de los sistemas de producción campesinos o urbanos.
- Bajo costo de implementación, mantenimiento, equipos e insumos.
- El «pie de cría» inicial puede obtenerse directamente del medio y, posteriormente, multiplicarse en cautiverio.
- Se requieren pocas herramientas de manejo y pueden utilizarse materiales locales para la construcción de colmenas y meliponarios.
- Baja inversión en tiempo y mano de obra.
- El cuidado de meliponarios puede ser realizado por cualquier miembro de la familia.
- Fuente de ingresos complementaria productiva.
- Docilidad y fácil manejo.
- Las colmenas pueden mantenerse cerca de la casa sin riesgo.

- Sostenible ambientalmente, además de prestar servicios a los agroecosistemas a través de la polinización.

1.3.2. La meliponicultura en Ecuador

La meliponicultura se refiere a la cría y manejo de abejas sin aguijón y recibe este nombre debido a que a este tipo de abejas se clasifica taxonómicamente dentro de la tribu Meliponini (*Hymenoptera, Apoidea*), que corresponde a uno de los muchos grupos de abejas nativas de América. Las abejas sin aguijón anidan tanto en cavidades disponibles (agujeros en árboles o muros, nidos abandonados o vivos o de otros insectos), como en espacios abiertos (Ilustración 1-8). La entrada a la colmena es muy distintiva para cada especie: puede ser desde un tubo recto hasta una abertura por la que solo puede pasar una sola abeja (Rosso & Nates, 2005).



Ilustración 0–1: Entrada de un nido de abejas Meliponas

Fuente: (Bernasconi, 2013)

Realizado por: Alina Lalangui

En Ecuador la producción de abejas Meliponas es poco desarrollada e investigada como actividad económica, aunque las abejas sin aguijón producen menos miel en comparación con las abejas *Apis mellifera*; pero las propiedades medicinales de la miel de abejas locales la posicionan muy bien en el mercado, cuadruplicando el valor por $\frac{1}{4}$ de litro respecto al valor de la conocida miel de abeja. La crianza de las abejas nativas es atractiva para los productores debido a su docilidad, su fácil manejo, y bajo requerimiento de equipos e insumos (Ocaña & Román, 2022).

Esta actividad ha sido desarrollada tradicionalmente por algunos pueblos, especialmente en zonas estacionalmente secas como Manabí, Guayas, Loja y El Oro. De la misma, se demuestra que varias personas se dedican a la meliponicultura como actividad cultural, es decir, en la provincia

de Loja estas abejas se utilizan para obtener miel para consumo personal, pero no con fines comerciales (Espinosa, 2018).

La meliponicultura a nivel nacional es apoyada por el MAG, con asesoramiento técnico, talleres teórico – prácticos, especialmente en la región Sur; las especies de abejas manejadas son *Scaptotrigona postica*, *Melipona indecisa* y *Melipona mimetica* involucrando a un total de 355 agricultores que tienen abejas en sus hogares, además de la participación de 12 organizaciones y tres planes de inversión por un monto de 25.000 dólares (MAG, 2020b).

1.3.3. Ventajas de la meliponicultura tecnificada

Es una alternativa para mejorar la explotación de las abejas sin aguijón es el uso de las cajas racionales o tecnificadas que permiten obtener mejores resultados en la conservación y reproducción de las colonias, así como facilitar la cosecha de la miel (D. A. López, 2002, p. 8).

1.4. Abeja sin aguijón o Melipona

Están representadas por el único género *Melipona* y distribuidas en la región Neotropical de América (Sudamérica, Centroamérica e Islas del Caribe) y no tienen presencia en otros continentes. Existen varias especies con diferentes características, pues se trata de abejas grandes, las más grandes dentro de los melipónidos o ANSA, con un tamaño medio de 10 milímetros, un poco menor al de las abejas melíferas (15 milímetros). Existen especies que son extremadamente tímidas, evasivas o mansas y otras que son defensivas y atacan mordiendo con sus mandíbulas a los intrusos cuando se sienten amenazadas por quién se acerca a sus colonias, o al momento de manipular las mismas. El material que utilizan para sus entradas es barro con o sin el agregado de otros materiales como resinas, propóleos o cera, suelen tener diseños irradiados desde el orificio de entrada (Gennari, 2019, p. 9).

En Ecuador existen pocos estudios sobre la diversidad de especies de ANSA, especialmente aquellas de potencial uso en meliponicultura. Desde una perspectiva etnoentomológica kichuwa, la miel de las abejas nativas sin aguijón tiene valor medicinal, pero el intercambio de conocimientos entre generaciones está disminuyendo. Se desconoce el número preciso de especies de abejas meliponinas, sin embargo, se estima que hay un aproximado de 22 géneros y 160 especies, y los principales géneros de abejas productoras de miel en el país son *Melipona*, *Trigona* y *Geotrigona*, por otro lado, en la Amazonía Ecuatoriana, no se tiene datos específicos sobre el número de ANSA (Paredes Bracho, 2022, p. 16).

El comportamiento defensivo de estas especies de abejas es que no pican y muchas son mansas, tienen otras estrategias defensivas para evitar el ataque de posibles predadores, también se defienden con pautas de comportamiento y permanentemente hay guardianas vigilando las entradas de los nidos. Cuando se sienten atacadas, reaccionan de forma masiva, ya sea escondiéndose en el nido o saliendo a enfrentar al agresor además untan resinas pegajosas o se enredan en el pelo (Baquero & Stamatti, 2007, p. 12).

Las tribus Apini y Meliponas son categorías que contienen a las abejas más comunes, ambas tribus cumplen funciones ambientales similares, no obstante, la (Tabla 1-3) explica algunas de las diferencias más importantes.

Tabla 1-3: Comparación entre la tribu Apis y Meliponini

Características	Apini	Meliponas
Quienes fecundan	La abeja reina	No solamente la reina, sino que ella mantiene cierto número de reinas vírgenes.
Funciones del zángano	Fecundación	Fecundación y recolección del néctar.
Mecanismo de defensa	Piquete con su aguijón	Mandíbulas fuertes o elaboración de ácido fórmico irritante.
Crianza de abejas	Apicultura	Meliponicultura
Niveles de producción	Bajo, mediano y gran escala	Baja escala
Estructura física de los panales	Apiario estructura vertical con celdas hexagonales.	Meliponarios estructura horizontal o en racimos de uvas.
Manejo de panales	Dificultad media o alta, las colmenas no pueden permanecer cerca de casas.	Baja dificultad, docilidad y fácil manejo. Las colmenas pueden mantenerse cerca de la casa sin riesgo.
Inversión en la actividad	Nivel medio de inversión, por la necesidad de mecanismos de protección y de extracción de producto mayor.	Baja inversión en tiempo y mano de obra; el cuidado de meliponarios puede ser realizado por cualquier miembro de la familia.

Distribución nacional	Se las encuentra en las 3 regiones del país, son pocas las colonias de Apis que viven fuera de los panales construidos dentro de las prácticas de apicultura.	La meliponicultura empieza a crecer en regiones como Loja y la Zona Norte de la Amazonía, no obstante, las abejas nativas son en su mayoría silvestres y garantizan polinización en todas las regiones del país.
------------------------------	---	--

Fuente: (Naranjo, Recalde, & Bravo, 2019)

Elaborado por: Alina Lalangui

1.4.1. Beneficios que ofrecen las abejas nativas

Los campesinos utilizan la miel como alimento y principalmente como medicamento para tratar diversas afecciones respiratorias, digestivas y oculares, para bajar la fiebre en los niños y como suplemento dietético. También utilizan otras partes de la colmena (cera, polen, discos de cría) con fines alimentarios y medicinales. En comparación con otros insectos productores de miel (*Apis mellifera* y avispas nativas).

Esto es muy importante para las personas que no cuentan con un centro de salud local y deben viajar largas distancias para recibir asistencia médica. Estos beneficios para la salud están en parte relacionados con las propiedades fisicoquímicas de estas mieles, que dependen tanto de las abejas como de las plantas utilizadas para producirlas. A la vez, estas abejas son buenas polinizadores de muchas plantas del bosque nativo, de cultivos y huerta, favoreciendo la producción de frutos que luego se utilizan como alimento para la familia y forraje para el ganado (L. López, 2020).

1.4.2. Uso de la miel

La miel de meliponas o abejas sin aguijón es bastante diferente de la producida por la abeja melífera, la miel es muy líquida y se fermenta rápido, por lo que hay que conservarla en la heladera; posee mayor acidez y su sabor es variable según la especie: las hay poco apetecibles, pero otras son suaves y dulces, como la de la abeja yateí o rubiecita (*Tetragonisca angustula*). Esta especie suele producir entre 350g y 500g de miel por colmena y por año; otras producen aún menos y alguna especie mucho más (7 litros anuales) (Vossler, 2019, p. 4).

El uso de la miel de abeja sin aguijón como un agente terapéutico ha continuado dentro de la medicina popular hasta nuestros días, los actuales usos de la miel en la medicina tradicional son: como terapia para piernas ulcerosas infectadas, dolor de oídos, tratamiento tópico de la rubeola y sarampión, úlceras gástricas y dolor de garganta. Hoy se sabe que el poder antibacteriano de la

miel se debe principalmente a las inhibinas, también se ha demostrado que la miel sirve como una fuente natural de antioxidantes, los cuales son efectivos para reducir el riesgo de enfermedades del corazón, sistema inmune, cataratas y diferentes procesos inflamatorios (Ulloa, MONDRAGON CORTEZ, Rodríguez Rodríguez, Reséndiz Vázquez, & Rosas Ulloa, 2010, p. 2). La miel de abeja tienen valor cultural en muchas sociedades y pueden ser usados en rituales para nacimientos, casamientos, funerales y ceremonias religiosas (Marín Palma, 2018, p. 38).

La miel tiene un alto valor lucrativo con relación a peso y cantidad. Almacenada correctamente es un producto no-perecedero. Es de transporte económico y fácil. Estas características hacen que la miel sea una cosecha atractiva para productores aislados y de pequeña escala. En regiones del mundo donde la apicultura está bien desarrollada, existen mercados para el polen y el propóleo (una resina de árboles cosechada por las abejas para uso en la colmena) (Villegas & Ventura, 2020, p. 25).

Es importante mencionar que la miel de abejas sin aguijón no está incluida en los estándares de calidad nacionales e internacionales debido a la variabilidad de las propiedades fisicoquímicas dependiendo del origen geográfico, botánico y entomológico (Nordin, Sainik, Chowdhury, Saim, & Idrus, 2018, p. 2).

Sin embargo, países como Brasil, México, Costa Rica, Panamá, Trinidad y Tobago, Surinam y Venezuela han tratado de establecer parámetros de calidad de acuerdo a los lineamientos internacionales de la Comisión del Codex Alimentarius (Souza et al., 2006).

La fabricación de cremas para la piel es un producto muy extendido desarrollado por pequeñas empresas apícolas. Esta crema ha tenido una buena acogida en el mercado como producto cosmético, la crema es un producto cosmético utilizado para la hidratación y regeneración de la piel como una nueva alternativa de belleza. Esto permite proteger la piel de factores externos como el viento, el polvo, el frío, entre otros. Además, tiene la propiedad de suavizar la piel debido a la acción emoliente de la cera. Así mismo ayuda en el proceso de devolver la humedad a la piel y, en muchos casos, se usa para eliminar las imperfecciones de la cara o en varias partes del cuerpo (Garry, Parada Gómez, & Salido Marcos, 2017, p. 49).

La cera tiene muchas aplicaciones tradicionales; en algunos países de Asia y África es utilizada en la fabricación de diversas prendas coloridas, donde es aplicada en algunas zonas de la tela para evitar que sean teñidas, también es utilizado artesanalmente como agente impermeabilizante para madera, el cuero y para el refuerzo de hilos. En algunas culturas antiguas, la cera era transformada en velas para ser usadas durante rituales y ceremonias religiosas. Uno de los usos más importantes

de la cera de abeja es la construcción de figurillas y esculturas a base de metales (bronce, plata y oro). Igualmente es usada como ingrediente en la restauración de imágenes, como material para pulir instrumentos musicales y pisos, y como aditivo en pinturas (Ayora-Talavera et al., 2016, p. 176).

1.4.3. Impacto ambiental, económico y social de la implementación de abejas

1.4.3.1 Impacto ambiental

La polinización por abejas representa entre el 73 y el 88% de la polinización entomófila. Más del 80% de las especies vegetales del planeta dependen de ellas para su supervivencia y desarrollo. El valor estimado de sus servicios es de \$ 40 mil millones anuales, más de un tercio de la producción de alimentos en muchos países. Debe considerarse, que el cambio climático puede alterar la relación planta-polinizador y su codependencia verse afectada (Ilustración 4), esto no solo impacta directamente en la ecología, sino también y de forma indirecta, en el volumen de producción obtenido (Sandoval, Palacio, & Ruffinengo, 2021, p. 3).

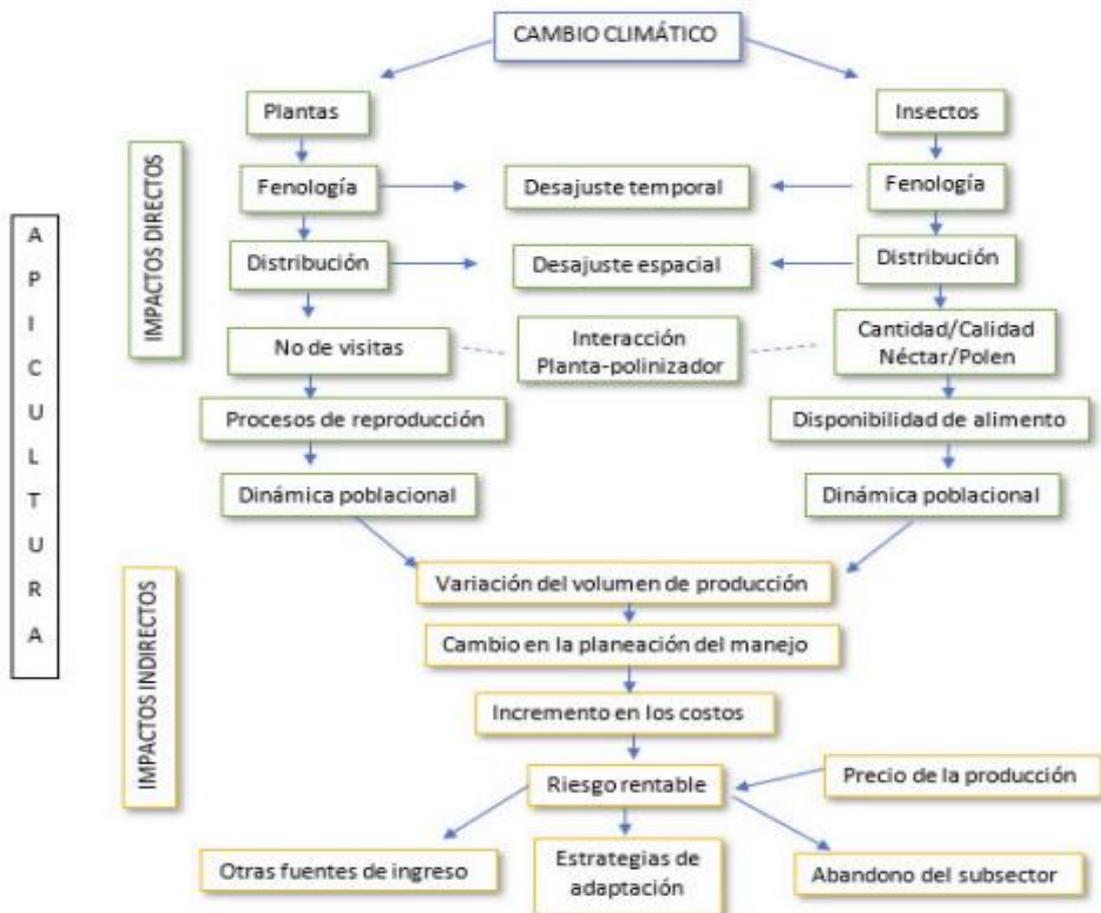


Ilustración 0-1: Esquema del impacto potencial del cambio climático en la apicultura

Fuente: Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático (2016)

Elaborado por: Alina Lalanguí, 2023

Colaborar en iniciativas de apoyo a las abejas ya que existen diversos colectivos ambientalistas y de apicultores han puesto en marcha iniciativas populares para llamar la atención sobre el problema de las abejas y recabar el apoyo de los ciudadanos: la campaña «Salvemos a las abejas» de la ONG ecologista Greenpeace lleva más de 260.000 firmas para solicitar a las autoridades españolas que protejan a estos insectos; la Fundación Amigos de las Abejas organiza charlas, cursos de apicultura, visitas a colmenares, etc. para sensibilizar a la sociedad y las instituciones; el proyecto Ecocolmena propone apadrinar una colmena desde casa y poder visitarla; etc. (Muerza, 2016).

La polinización es un servicio de regulación, y este tipo de servicios mantienen los procesos y funciones naturales de los ecosistemas al regular las condiciones del ambiente. Los polinizadores son animales clave en los ecosistemas y para la humanidad, en la conservación de la biodiversidad, la producción agrícola, la adaptación al cambio climático, y para todos los demás servicios de los ecosistemas, e incluso en la restauración ecológica (Christmann, 2019, p. 1).

1.4.3.2 Impacto económico

Gran parte de los alimentos que se consumen y comercializan en la actualidad dependen directa o indirectamente de la polinización de las abejas. Por ejemplo, se estima que la contribución de los insectos polinizadores a la producción agrícola a nivel mundial es de aproximadamente \$190.000 millones anuales, mientras que en Estados Unidos las abejas son responsables de casi \$3 billones en frutas y verduras producidas cada año. En este país, el 30% de todos los alimentos para el consumo humano depende en alguna medida de la polinización por insectos, principalmente abejas, tanto sociales como solitarias (Sandoz, 2016, p. 3).

El valor económico de las abejas no radica principalmente en la miel o la cera que producen, sino en la polinización que permite la supervivencia de la biosfera terrestre. Si nuestros principales alimentos vegetales pierden la capacidad de reproducirse, seguidos de nuestros alimentos cárnicos, del conjunto de la fauna y de la flora y, por último, de nosotros mismos, no tendremos planeta de recambio. Sin embargo, en términos del PIB anual de la Tierra (alrededor de \$ 60 mil millones en actividad comercial total), la polinización de abejas representa un tercio del PIB agrícola. Curiosamente, la polinización vale entre 790 y 5000 veces el valor comercial de la miel y la cera que producen cada año (Boutang Moulrier, 2010, p. 30).

1.4.3.3 Impacto social

La polinización es un beneficio de la naturaleza que aporta a la sociedad y que mejoran la salud, economía y calidad de vida de las personas. De hecho, algunos cultivos son muy dependientes

de polinizadores como la almendra, manzana, melón, pepino, entre otros (Ratoni, Barreiro, & Dáttilo, 2022). La falta de abejas provocaría un efecto en cascada: si no tenemos semillas no tendríamos pasto, ni flores, ni frutas, ni animales que se alimentan de frutas.

La pérdida de las abejas no solo impacta a nivel ecológico, en el ámbito económico la pérdidas serían gigantescas, también el costo de los alimentos sufrirían una alza de manera drástica que podría generar problemas de impacto social (Castellanos, 2021).

Se cree que la polinización por insectos aumenta el rendimiento de frutas y verduras en todo el mundo en un 75%. En otras palabras, sin la función de los polinizadores, la productividad de los cultivos se reduciría en 3 cuartas partes; después de todo, la producción de alimentos depende de la polinización, de los insectos. La polinización también puede reducir el tiempo entre la floración y la formación de los frutos, lo que reduce el riesgo de exponer la fruta a plagas, enfermedades, mal tiempo, productos agroquímicos y supone ahorro en agua (Ortiz-García, 2014, p. 4).

La polinización es considerada un servicio de los ecosistemas muy importante, estos servicios pueden definirse como las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas, y las especies que los conforman, sostienen y sustentan a la vida humana. También, se puede decir que son los componentes de la naturaleza que son directamente consumidos o utilizados por la sociedad y que contribuyen al bienestar humano (V. Meléndez, Santos, & Salas, 2020, p. 7).

1.4.4. Planes de conservación

La conservación de la especie *Melipona* y la producción de su miel se está impulsando mediante diversos proyectos por parte de organizaciones e instituciones, ya que en varias décadas fue abandonada la meliponicultura debido a la sobreexplotación: muy pocas personas se dedicaban a la crianza de estas abejas, por la poca cantidad de miel que producen comparada con las abejas con agujón (*Apis mellifera*) por lo que económicamente no era atractiva dicha actividad, pero sobre todo porque culturalmente, en varios lugares, se estaban dejando de usar sus productos (G. M. Meléndez et al., 2019, p. 122).

Implementar jardines de polinizadores en los campos de cultivo, estos jardines son pequeños cúmulos de flores variadas, dentro o en los bordes de los cultivos, que proveen un refugio y fuente de alimentación saludable para los polinizadores, también pueden ser implementados en zonas urbanas (Ocampo & Santa Catarina, 2019, p. 5).

Se debe profundizar en el conocimiento de la biología de estos organismos y de las interacciones entre el medio ambiente, los polinizadores silvestres y las abejas domesticadas para proponer y desarrollar planes y estrategias de manejo y conservación adecuados a cada especie y situación (Greenleaf & Kremen, 2006). Asimismo, la educación del agricultor y/o consumidor sobre el proceso de polinización debe considerarse como parte del proceso de conservación, ya que podría ser un punto clave para reducir los costos de producción de alimentos en el camino hacia la seguridad alimentaria (Mallinger & Gratton, 2015, p. 7).

Entre las soluciones para salvar a las abejas, la más eficaz es adoptar la agricultura ecológica para conseguir una producción sostenible, uso adecuado de pesticidas (en pequeñas cantidades), prohibición del uso de pesticidas tóxicos, adoptar fuentes de energía renovables como lucha contra el cambio climático, emplear una serie de campañas de polinizadores, mejorar la conservación de hábitats aumentando la biodiversidad en zonas de cultivo, y aumentar la financiación para proyectos de investigación (Miguel Márquez Mateos, 2019, p. 16).

La amazonia cuenta con varias especies de abejas nativas con potencial para la producción de miel, la cual al momento es aprovechada con la implementación de proyectos que buscan conservar estas especies y a la vez buscar una fuente de recursos económicos con la producción de miel y sus derivados. Las abejas meliponinas son las únicas en América con comportamiento social y cuyas colonias perennes se reproducen por enjambres (Paredes Bracho, 2022, p. 15).

En estas especies se suelen tener en cuenta características diferenciadoras como la agresividad que muestran; la localización del nido; forma del tubo de entrada al nido; características de la morfología externa y que en muchas ocasiones permiten la clasificación de cada especie con una precisión comparable a la de una clasificación taxonómica especializada. Sin embargo, en la actualidad, se suman a estos sistemas de clasificaciones tradicionales y locales los trabajos realizados con técnicas de genética molecular que contribuyen a ampliar conocimientos sobre la taxonomía y filogenia de este grupo o las técnicas de morfometría geométrica alar (Martínez-Fortún Martínez, 2015, p. 31).

Hay especies que tienen características específicas como son el olor a limón o a extraños perfumes; de la misma manera existen de color negro, amarillo, anaranjado, marrón, con o sin rayitas en el abdomen y, por lo general, con pocos pelos en el cuerpo, excepto las del género *Melipona* en América y algunas del *Meliponula* en África, cuyo tórax es bien peludo (Vossler, 2019, p. 3) Existen especies que son extremadamente tímidas, evasivas o mansas y otras que son defensivas y atacan mordiendo con sus mandíbulas a los intrusos cuando se sienten amenazadas por quién se acerca a sus colonias (Gennari, 2019, p. 9).

1.5. Técnicas de identificación

1.5.1. Identificación de especies de abejas

Las técnicas utilizadas en los estudios se pueden dividir en técnicas morfométricas y moleculares. Inicialmente el único método para describir la diversidad de las abejas fue la morfometría tradicional, denominada morfometría clásica. Posteriormente se desarrollaron métodos bioquímicos, como aloenzimas e isoenzimas, y marcadores moleculares de ADN nuclear o mitocondrial (Charistos, Hatjina, Bouga, Mladenovic, & Maistros, 2014, p. 1).

1.5.2. Análisis morfométricos

En sus comienzos, la morfología se centró en la descripción de la estructura observada: tejidos, células, órganos, dimensiones, formas, relaciones entre ellos, etc. Las comparaciones entre grupos o poblaciones estaban basadas en el análisis de las diferencias de sus dimensiones lineales y la forma era considerada una cualidad de la estructura, la cual, aunque podía ser detalladamente descrita, no podía ser analizada cuantitativamente. Con el avance de las tecnologías y la estadística, la descripción pasó a la cuantificación y adquirió términos de mayor complejidad, donde no sólo se buscaba comparar parámetros entre grupos de estudio y control, sino que además se intentó buscar relaciones entre éstos, de manera de encontrar asociaciones que permitieran explicar las diferencias observadas (Toro Ibacache, Manriquez Soto, & Suazo Galdames, 2010, p. 1).

En el área de la biología el estudio de la variación morfológica se ha basado, fundamentalmente, en el empleo de métodos cuantitativos que pretenden caracterizar el tamaño y la forma de los organismos: las llamadas técnicas morfométricas (Torcida & Perez, 2012, p. 1).

En el campo de la apicultura, el concepto de morfometría se desarrolló tras la introducción del concepto de taxonomía numérica de la abeja melífera por DuPraw en los años 1964 y 1965 (Meixner et al., 2013, p. 6), que fue el primero en utilizar un conjunto de características cuantitativas para la venación de alas (Charistos et al., 2014, p. 2), y fue desarrollado a fondo por Ruttner y col. en 1978, permitiendo diferenciar entre subespecies de *Apis mellifera*.

La diferenciación de subespecies se basa en características morfométricas, las cuales muestran cambios graduales entre rangos, principalmente entre subespecies que a menudo difieren solo ligeramente en los valores medios de varios caracteres corporales. Las partes del cuerpo más utilizadas en los análisis morfométricos se pueden dividir en cuatro categorías principales:

caracteres de tamaño corporal, patrones de coloración, características de venación de ala (ángulos y distancias definidas por los puntos de intersección de las venas) y características de pilosidad. De todos los caracteres descritos en la literatura, un conjunto de 36 caracteres distintivos basados en la aplicación de la taxonomía numérica descrita por Ruttner en 1988 contiene medidas denominadas morfometría clásica. Este autor ha proporcionado la única compilación completa y bien documentada de datos sobre las características morfológicas de la mayoría de las subespecies de *Apis mellifera* (Meixner et al., 2013, p. 8).

1.5.3 Morfometría tradicional

La morfometría clásica o tradicional alcanzó gran desarrollo en la segunda mitad del siglo XX por la creciente disponibilidad de computadoras y programas para análisis estadísticos multivariados. En este sentido (Abizanda, 2018, p. 18) explica que estos primeros estudios morfométricos combinaron el empleo de medidas lineales entre puntos anatómicos con técnicas estadísticas uni y multivariadas para el análisis de las diferencias de tamaño y de forma.

Los datos obtenidos en estudios de morfometría clásica son de excelente calidad y se emplean para la identificación de abejas africanizadas (híbridos entre la subespecie africana *Apis mellifera scutellata* con otras de *Apis mellifera*) sin embargo, estos datos no son adecuados para inferir relaciones filogenéticas entre subespecies (Miguel et al., 2011) y aunque es eficiente, la clasificación con tales características es muy lenta (Silva, 2015, p. 24).

El inicio de las mediciones digitales surgió como un método mejorado del anterior, el cual llevó al desarrollo del software Fast Africanized Bee Identification System (FABIS) o Sistema de Rápida Identificación de Abejas Africanizadas, para la identificación preliminar en el campo; este método utiliza 25 medidas morfométricas de cinco partes de cada abeja montadas en bálsamo e introducidas manualmente en un programa informático. Aunque tiene una buena precisión, requiere personal especializado, varias horas de preparación y análisis por cada muestra (Sylvester & Rinderer, 1987, p. 1).

Estas limitaciones y la continua reducción de los costos de la tecnología de biología molecular, convirtieron a los sistemas de reconocimiento de ADN en una alternativa más atractiva que la morfometría (Francoy et al., 2008, p. 3). A pesar de esto, los métodos morfométricos se siguieron desarrollando y avanzando (Ángel-Beamonte et al., 2018).

La morfometría tradicional incluía tanto caracteres alares como del cuerpo que proporcionaron una comprensión sustancial y buena discriminación entre las subespecies y poblaciones de abejas

(Diniz-Filho, Hepburn, Radloff, & Fuchs, 2000). En la búsqueda de optimizar el método se emplearon 10 caracteres de los descritos por Ruttner en 1988 (Meixner et al., 2013). La eficiencia de esta clasificación está en la elección de caracteres relevantes que eviten información errónea (da Silva, Sella, Franco, & Costa, 2015). Los métodos morfométricos clásicos fueron empleados para caracterizar subespecies en Cuba (Pérez, 2014).

1.5.4 Morfometría geométrica

La morfometría geométrica se basa en la teoría de la forma, utiliza el Análisis de Procrustes para estudiar las coordenadas cartesianas de los puntos anatómicos. Este análisis se utiliza para obtener variables de tamaño y de forma a partir de las coordenadas cartesianas de puntos (Ilustración 1-10) y analizarlas posteriormente mediante el empleo de técnicas estadísticas multivariadas (Torcida & Perez, 2012).

Esta provee un conjunto de técnicas analíticas muy poderosas para cuantificar la variación morfológica, a partir de un conjunto de mediciones los análisis permiten obtener nuevas variables que describen la conformación de una estructura biológica, la cual es libre de la variación no biológica (relacionada con la escala, la posición y la orientación de la estructura morfológica en el espacio) y resulta de la historia evolutiva particular del conjunto de organismos que la comparten (Jaramillo-O).

El enfoque más extendido en la morfometría geométrica es representar cada espécimen por las posiciones relativas de los puntos de referencia morfológicos que se pueden ubicar con precisión y establecer una correspondencia uno a uno entre todos los individuos (Klingenberg, 2011).

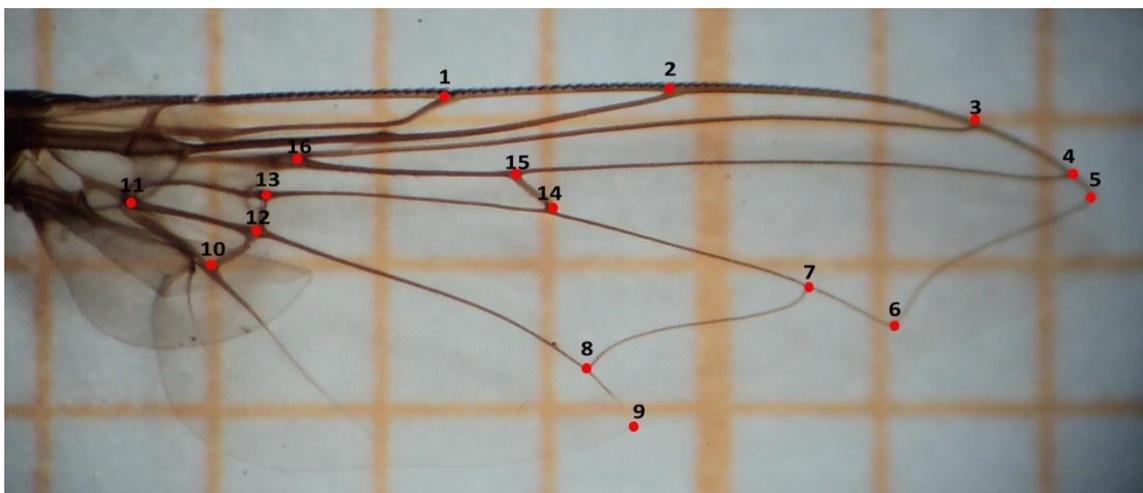


Ilustración 0-1: Morfometría geométrica del ala

Fuente: Corona apicultores (2013)

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Las alas son consideradas como la parte morfológica más confiable para la identificación de insectos, y en consecuencia la evaluación de su estructura ha sido recomendada para la identificación de subespecies de abejas melíferas (Buescu, Gurau, & Danes, 2018, p. 1).

Este es un método rápido y económico basado en la variación de la forma de las alas. Numerosos estudios han demostrado que la morfometría geométrica de las alas es una herramienta fiable y efectiva para resolver incógnitas taxonómicas. Los resultados de la morfometría geométrica normalmente son coherentes con los resultados de los marcadores moleculares. (Hurtado-Burillo, 2015, p. 1).

Es posible identificar especies de insectos utilizando únicamente la morfometría del ala, ya que su variabilidad entre especies es mayor que dentro de una misma especie, las diferencias también permiten distinguir entre subespecies. Las alas de los insectos son membranosas y tienen venas o nervaduras visibles, lo que permite hacer un diagrama claro de su estructura. (Figuroa-Mata et al., 2016, p. 3).

Las guías para clasificación de abejas generalmente usan características fáciles de observar en el espécimen, la forma de las celdas en las alas, el largo de las alas tomando dos puntos de referencia en la misma y las proporciones entre estas distancias, por ejemplo. El número de celdas en las alas y su posición es similar entre algunos grupos, por ejemplo, las abejas y avispas. Además, como en las abejas sin aguijón la venación es reducida, la clasificación hasta nivel de especie es complicada (Prendas-Rojas, 2015, p. 10).

Actualmente se sabe que las venaciones de las alas de las abejas melíferas desempeñan una función crucial durante el vuelo, especialmente las venas de los bordes, ya que contribuyen a la estabilidad del ala (Combes & Daniel, 2003, p. 4). Existen varios factores que pueden afectar el desarrollo normal del patrón de venación alar, y por consiguiente, la estructura del ala de la abeja mellifera (H. F. Abou-Shaara, 2013, p. 3). Los factores ambientales, como las condiciones climáticas, principalmente la temperatura y la humedad, pueden potencialmente dar forma a los patrones de constitución del ala (Bonatti, Simões, Franco, & Francoy, 2014, p. 18; Debat, Béagin, Legout, & David, 2003; Liu, Ma, & Hua, 2016; Perrard, Baylac, Carpenter, & Villemant, 2014; Pitchers, Pool, & Dworkin, 2013).

El software MorphoJ combina la superposición de Procrustes con una amplia gama de métodos para el análisis de formas en diferentes contextos biológicos. El programa ofrece un entorno integrado y fácil de usar para análisis multivariados estándar, como componentes principales, análisis discriminante y regresión multivariante, así como aplicaciones especializadas que incluyen filogenia, genética cuantitativa y análisis de modularidad en datos de formas (Klingenberg,

2011). Este programa es el normalmente utilizado por los autores tras obtener las coordenadas de las uniones venosas (Charistos et al., 2014, p. 4).

Los beneficios fundamentales de la morfometría geométrica sobre los enfoques tradicionales incluyen: la forma en que se puede medir la diferencia entre las formas (F James Rohlf, 2000, p. 1); la elucidación de las propiedades del espacio de forma multidimensional definido por este coeficiente de distancia, el desarrollo de métodos estadísticos especializados para estudiar la forma y el desarrollo de nuevas técnicas para la representación gráfica de los resultados (Mendes, Franco, Nunes-Silva, Menezes, & Imperatriz-Fonseca, 2007, p. 4).

1.5.5. Técnicas moleculares

El estudio del polimorfismo enzimático surgió entre las décadas de los 60 y los 70, aplicándose a la caracterización de innumerables especies. En el caso del orden social de Hymenoptera la variabilidad genética detectada permaneció desesperadamente baja. Solo se introducción 17 lograron avances significativos con la introducción de las tecnologías del ADN, el ADNmt primero y luego los marcadores nucleares, como el ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD) o los microsatélites (Garnery et al., 1998, p. 3).

Los análisis llevados a cabo en *A. mellifera* se han basado en la variación de dos tipos de marcadores: las aloenzimas y los basados en el ADN nuclear (RFLP, RAPD, AFLP y microsatélites). Las aloenzimas y los microsatélites han sido los marcadores más utilizados en las poblaciones de abejas europeas. Además, los microsatélites también han sido ampliamente utilizados en las poblaciones de abejas africanas. El resto de marcadores nucleares se han usado principalmente en estudios sobre el proceso de africanización en el continente americano (Muñoz, 2013, p. 1; Péntek-Zakar, Oleksa, Borowik, & Kusza, 2015)(Muñoz, 2013; Péntek-Zakar y col., 2015).

1.5.6. Distancia de Mahalanobis

En estadística, la Distancia de Mahalanobis es una medida de distancia introducida por Mahalanobis en 1936. Su utilidad radica en que es una forma de determinar la similitud entre dos variables aleatorias multidimensionales. Se diferencia de la distancia euclídea en que tiene en cuenta la correlación entre las variables aleatorias (Portillo & Plata, 2008, p. 2), debe cumplir con tres propiedades, necesarias para ser una distancia, estas son: a) semipositividad, b) simetría y, c) desigualdad triangular.(Lorenzo, 2019, p. 2).

La distancia de Mahalanobis (MD) es la distancia entre dos puntos en un espacio multivariado. En un espacio euclidiano regular, las variables (por ejemplo, x , y , z) se representan mediante ejes trazados en ángulo recto entre sí; la distancia entre dos puntos cualesquiera se puede medir con una regla. Para variables no correlacionadas, la distancia euclidiana es igual a la MD. Sin embargo, si dos o más variables están correlacionadas, los ejes ya no están en ángulo recto y las mediciones se vuelven imposibles con una regla, MD resuelve este problema de medición, ya que mide distancias entre puntos, incluso puntos correlacionados para múltiples variables (Benites, 2022).

El enfoque estadístico de Mahalanobis en la actualidad ha posibilitado, el uso de su métrica a la solución de problemas en los que se busca conocer no solo la distancia entre las variables, sino su correlación, superando las limitaciones de la distancia Euclídea. Aumentando el número de variables en la distancia de Mahalanobis, se incrementa el poder de discriminación entre los objetos, individuos o poblaciones, pero las distancias disminuyen a medida que aumenta la correlación entre las variables (Matiz Agudelo, p. 109).

- Pinzas Entomológicas
- Red entomológica
- Alcohol
- Frascos de vidrio
- Escáner (Plustek OpticFilm 8200)

Materiales y equipos de oficina

- Computador
- Esfero
- Cámara fotográfica

Software

- TPSdig (Versión gratis; <https://es.freedownloadmanager.org/Windows-PC/tpsDig2.html>)
- TPSutil (Versión gratis; <https://www.sbmorphometrics.org/soft-utility.html>)
- MORPHOJ (Versión gratis; https://morphometrics.uk/MorphoJ_page.html)
- MEGA 7 (Versión gratis, <https://www.megasoftware.net/>)



Ilustración 0–1: Materiales
 Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

2.3. Técnicas de recolección de datos y muestreo

2.3.1. Muestreo con trampas de agua

Para el estudio se investigó en la finca experimental de la belleza, se realizó un muestreo no probabilístico exploratorio de acuerdo a la metodología indicada por (Kuznik, 2010, p.4) el muestreo de abejas nativas con trampas de agua, ya que esta técnica no tiene un efecto negativo duradero en las poblaciones de abejas nativas. Las trampas miden (28 cm de diámetro y 6,5 cm de altura) y se pintaron con azul, amarillo o blanco de manera equitativa (Ilustración 2-3). En el caso del azul y amarillo se utilizó pintura fluorescente con el objetivo de incrementar la eficiencia del muestreo y se almacenaron en frasco con alcohol.



Ilustración 0–1: Muestreo con trampas de agua

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

2.3.2. Muestreo con red entomológica

También se realizó el muestreo con red entomológica, con un tiempo de 30 minutos en la finca, en la mañana y tarde, los individuos se conservaron en frasco de matanza con etanol (alcohol), cada frasco fue identificado con la fecha, para posteriormente guardarlos hasta su posterior análisis en el laboratorio. (Ilustración 2-4).



Ilustración 0–2: Muestreo con red entomológica
Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

2.4 Procedimientos experimentales

Al tratarse de un estudio de tipo morfométrico no se consideró variables continuas no obstante previa autorización del comité de bioética y experimentación animal de la ESPOCH (Oficio Nro. ESPOCH-CIBE-2021-0055).

Se le extirpó el ala delantera izquierda con la ayuda de pinzas entomológicas de puntas afiladas, lo más cercano a la base del tórax, siempre evitando dañar las intersecciones de las venas, como se muestra en la (Ilustración 2-5) y luego se hidrataron progresivamente haciéndolas pasar por una serie de distintas disoluciones etanol-agua con menor concentración en volumen de etanol en cada paso (90:10, 70:30, 50:50), y finalmente agua destilada, luego se retiró el agua sobrante de la superficie de las alas con papel de filtro, para posteriormente ser colocadas sobre los marcos de diapositivas para ser escaneados con el escáner (Plustek OpticFilm 8100 Film Scanner).

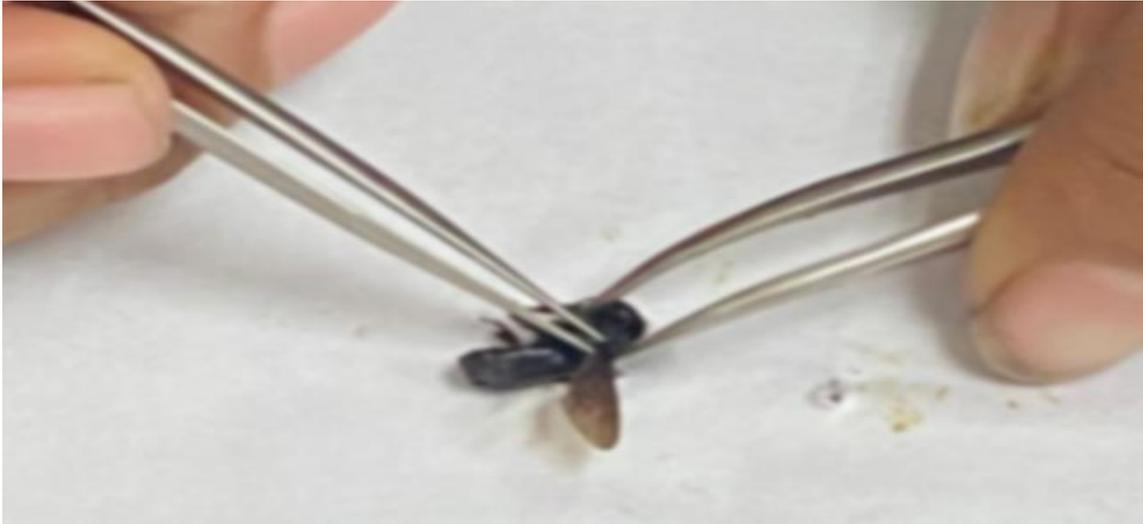


Ilustración 0-1: Extirpación del ala superior izquierda

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

2.5 Análisis morfométrico

En la digitalización de la imagen se utilizó un escáner especializado para películas con resolución óptica de 7200 ppp (Plustek OpticFilm 8100 Film Scanner). Sobre las imágenes se ubicaron 13 puntos de referencia en las intersecciones venales del ala (Ilustración 13) de acuerdo con (Francoy et al., 2008) con el software TPSdig2 versión 2.16 y los archivos TPS se prepararon con el software TPSUtil versión 1.46 (F. Rohlf, 2008).

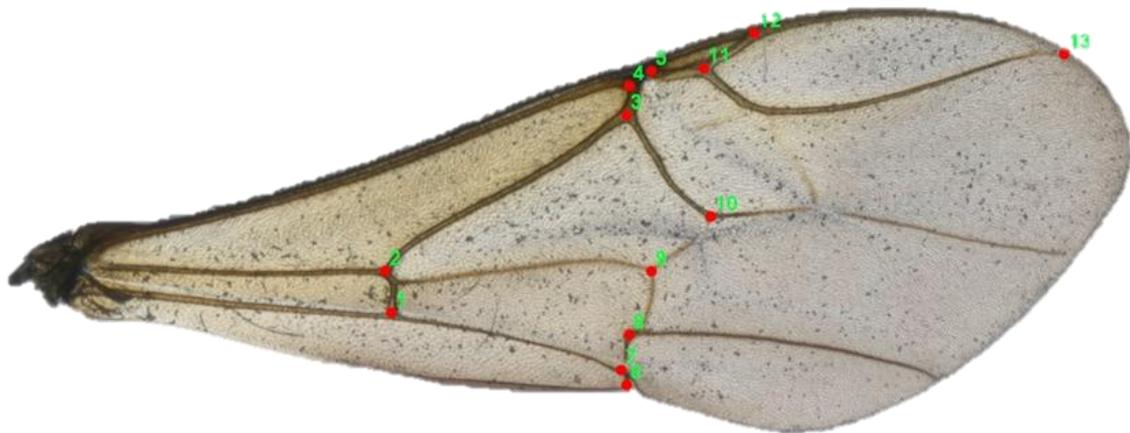


Ilustración 0-1: Localización de los 13 puntos de referencia ubicados en las intersecciones venales del ala delantera izquierda

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023.

2.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos en TPSDig, que representan la posición de las coordenadas de cada PAR en un plano cartesiano, se exportaron al software MORPHOJ versión 1.4 (Klingenberg, 2011), para el

análisis morfométrico las coordenadas de los PAR fueron registradas mediante un análisis generalizado de Procrustes (F James Rohlf, 1990). Las imágenes de las alas se escalaron y las distancias entre los PAR homólogos se minimizaron mediante traslaciones y rotaciones para lograr un PAR de alineación óptimo o configuración consenso (Bookstein, 1991; Zelditch, 2004).

Se generó un conjunto de datos globales con las coordenadas cartesianas X e Y brutas de cada PAR, lo que permitió cuantificar la variación entre las alas alineadas. Después de calcular la matriz de covarianza de las coordenadas de forma a partir del análisis de Procrustes de los 13 PAR con MorphoJ, se realizaron análisis estadísticos multivariados para evaluar la variación entre las poblaciones en estudio.

A partir de los resultados del AVC se pudo obtener los diagramas de dispersión de los especímenes a lo largo de los dos primeros ejes canónicos, que fueron los que mayor por ciento de variación representaron en la muestra en estudio. Las diferencias en las formas del ala entre los diferentes grupos de abejas se observaron mediante el empleo de las gradillas de deformación, de acuerdo con la metodología propuesta por (Ferreira, 2017). Las distancias de Mahalanobis (D) se emplearon en el análisis clúster UPGMA (F.J Rohlf, 2004), para confeccionar un fenograma basado en el método de la distancia de Mahalanobis al cuadrado mediante a la metodología propuesta por (Kandemir, Özkan, & Fuchs, 2011), empleando el programa Mega versión 7.0.18 (Kumar, Stecher, & Tamura, 2016).

CAPÍTULO III

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1 Superposición de Procrustes

Después de realizar la superposición de Procrustes para los Puntos Anatómicos de referencia (PAR) de las alas, y eliminar las diferencias de tamaño, rotar y trasladar las configuraciones, se obtuvo la configuración para cada individuo, así como la configuración consenso, (Ilustración 3-1).

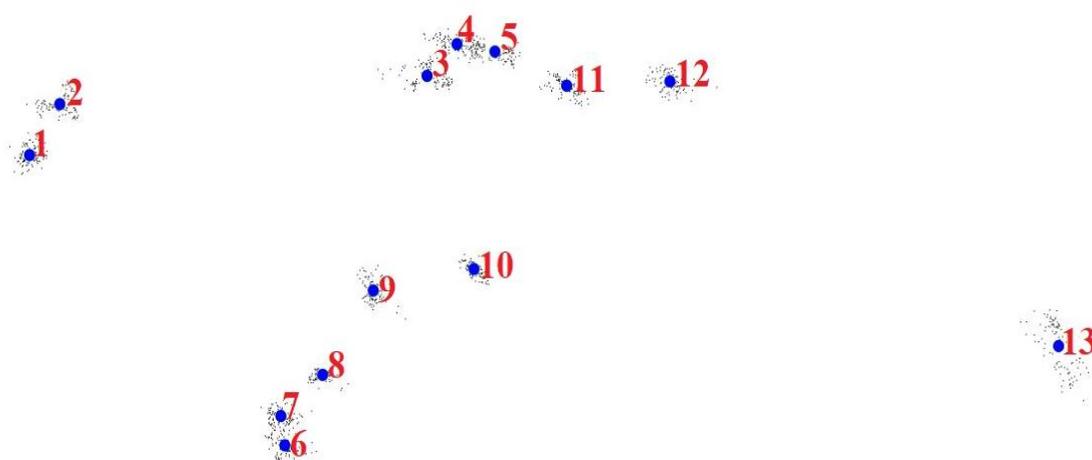


Ilustración 3–1: Superposición de Procrustes de los 13 PAR en las intersecciones de las venas del ala delantera izquierda de abejas nativas sin aguijón

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Los puntos azules representan la posición media del punto de referencia (configuración consenso) y los pequeños puntos negros que forman una nube representan las posiciones para las configuraciones individuales en la muestra. El número de cada punto de referencia se indica con los números de color rojo.

Las investigaciones realizadas por (Moretti, 2014) y (Ferreira, 2017), indican que las diferencias observadas en la distribución de las configuraciones individuales alrededor de la configuración consenso del patrón de venación alar, puede deberse a diferencias aleatorias entre individuos y/o a variaciones producidas por el operador al marcar los PAR en las intersecciones de las venas, así como también a posibles rasgos bajo selección.

3.2 Análisis de componentes principales (ACP)

El ACP de las configuraciones de PAR de los individuos en estudio, permitió observar la variación dentro y entre las diferentes especies e identificar las principales características de variación, mediante el empleo del gráfico de deformación, el cual ilustró las diferencias en cuanto al tamaño y la forma del ala; además permitió identificar los principales PAR responsables de la variación (Ilustración 15 A y B), como son el doce, trece en el CP1 y en el CP2 uno, dos, diez y trece; la varianza total fue de 0.00257246.

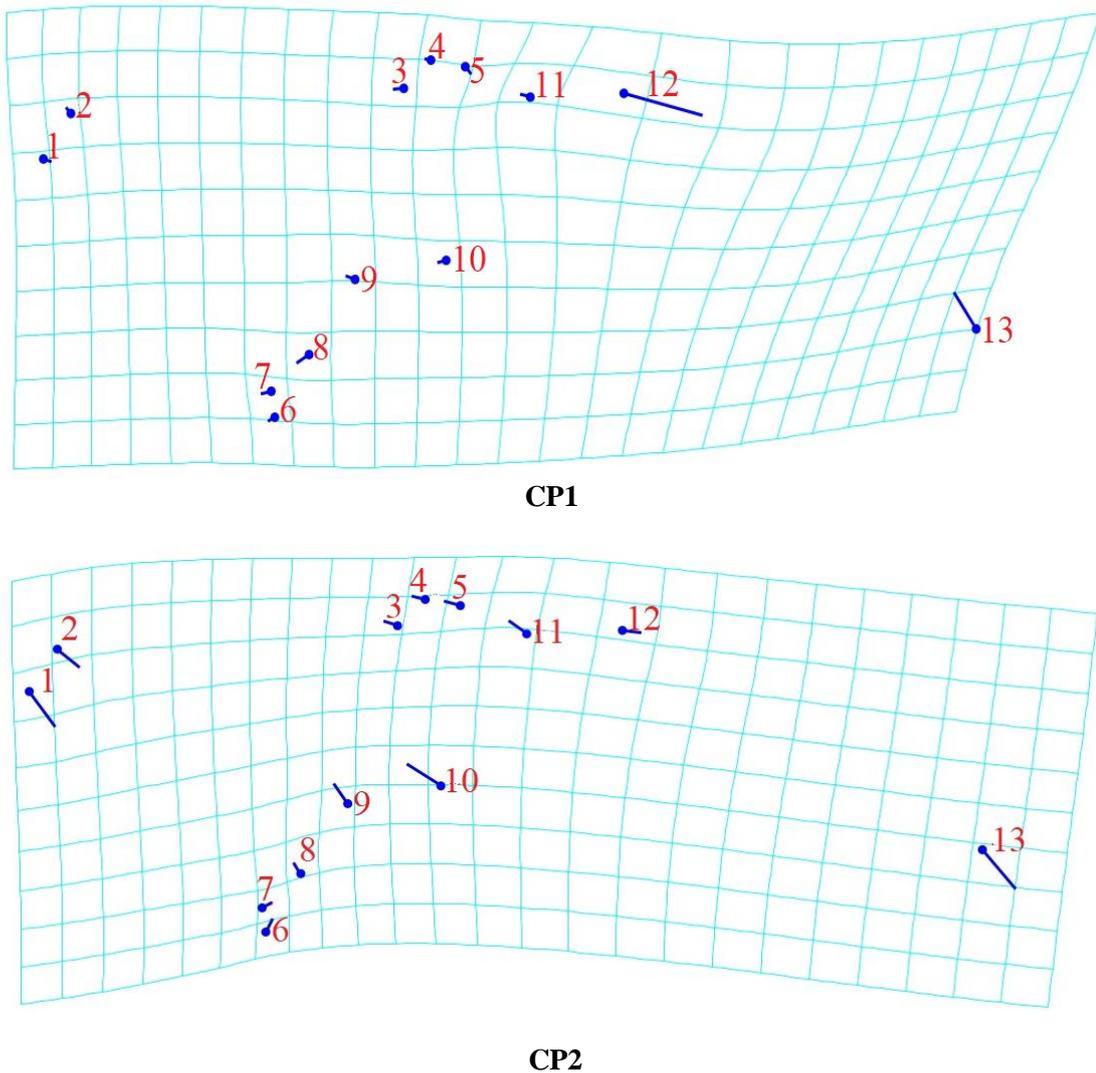


Ilustración 3-1: Gráfico de deformación de CP 1 y CP 2

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Cada línea comienza con un punto en la posición del PAR medio (configuración consenso), la diferencia en la longitud y la dirección de la variación en función del PAR medio hasta la forma del individuo se los muestra con líneas rectas.

El ACP generó 15 medidas de deformaciones relativas, y cada componente principal mostró progresivamente menos varianza. Los dos primeros componentes son responsables del 60% de la varianza total, siendo el CP 1 y el CP 2 los que representaron el mayor porcentaje de variación en la muestra (Ilustración 3-3).

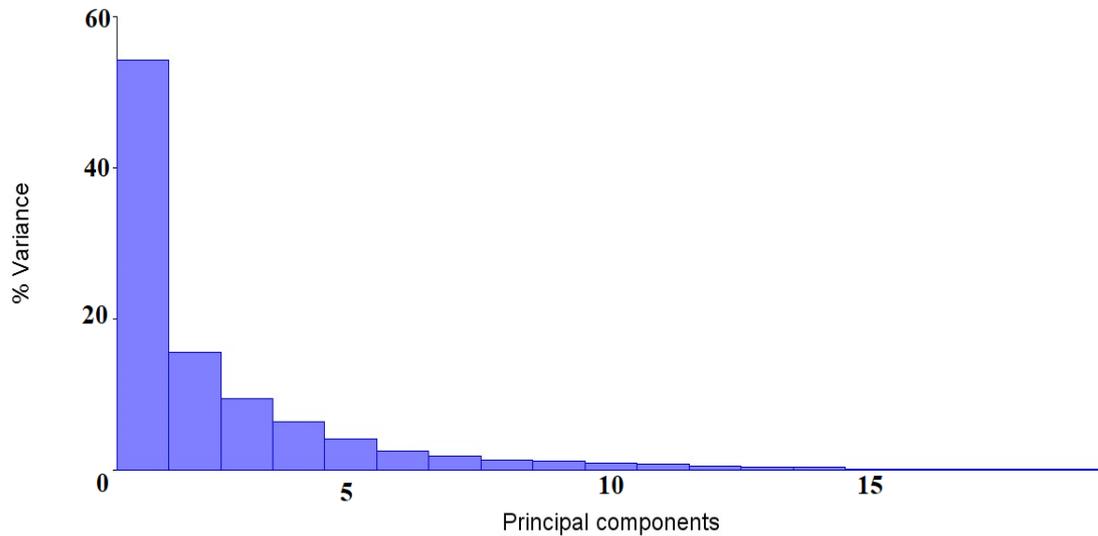


Ilustración 3-2: Diagrama sobre el porcentaje de varianza total de valores de los 15 componentes principales

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Por su parte (Combey, Quandahor, & Mensah, 2018) refieren, que la distribución de las configuraciones individuales alrededor de la configuración consenso, tiene una fuerte correlación con las condiciones ambientales en las que se desarrollan los individuos en los diferentes ambientes. De igual forma (Choukri Barour, Tahar, & Baylac, 2011) informan que el grado de adaptación a nivel local, al clima y la vegetación, tienen una gran influencia en el diseño del patrón de venación alar, aunque la magnitud de variación para cada uno de estos puntos y subespecies es distinta (Abizanda, 2018).

El gráfico de dispersión del CP1 y CP2 de configuraciones de PAR para la población de abejas nativas, utilizado como una técnica exploratoria, permitió observar las tendencias de variación entre y dentro de las muestras y reducir la dimensionalidad de los datos y así mostrar las diferencias entre las poblaciones que se agruparon, logrando una separación por grupos evidente (Ilustración 3-4).

El inminente cambio climático, las malas prácticas ganaderas, agrícolas, además de las vulneraciones que presentan estas especies de abejas, requieren de la búsqueda de nuevas herramientas y estrategias que permitan el estudio rápido de la biodiversidad en las distintas zonas del país, con el fin de plantear planes de conservación de las abejas nativas sin aguijón.

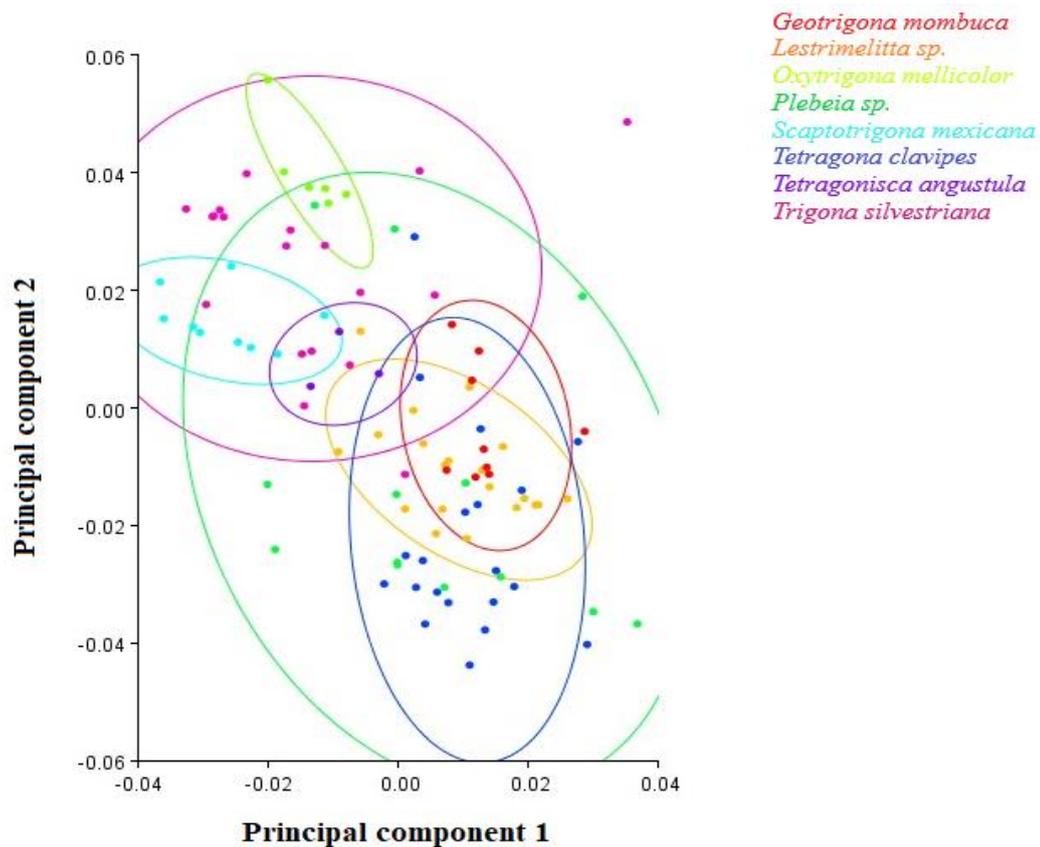


Ilustración 3-3: Gráfico de dispersión del ACP de configuraciones de los PAR de los individuos (n=112)

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

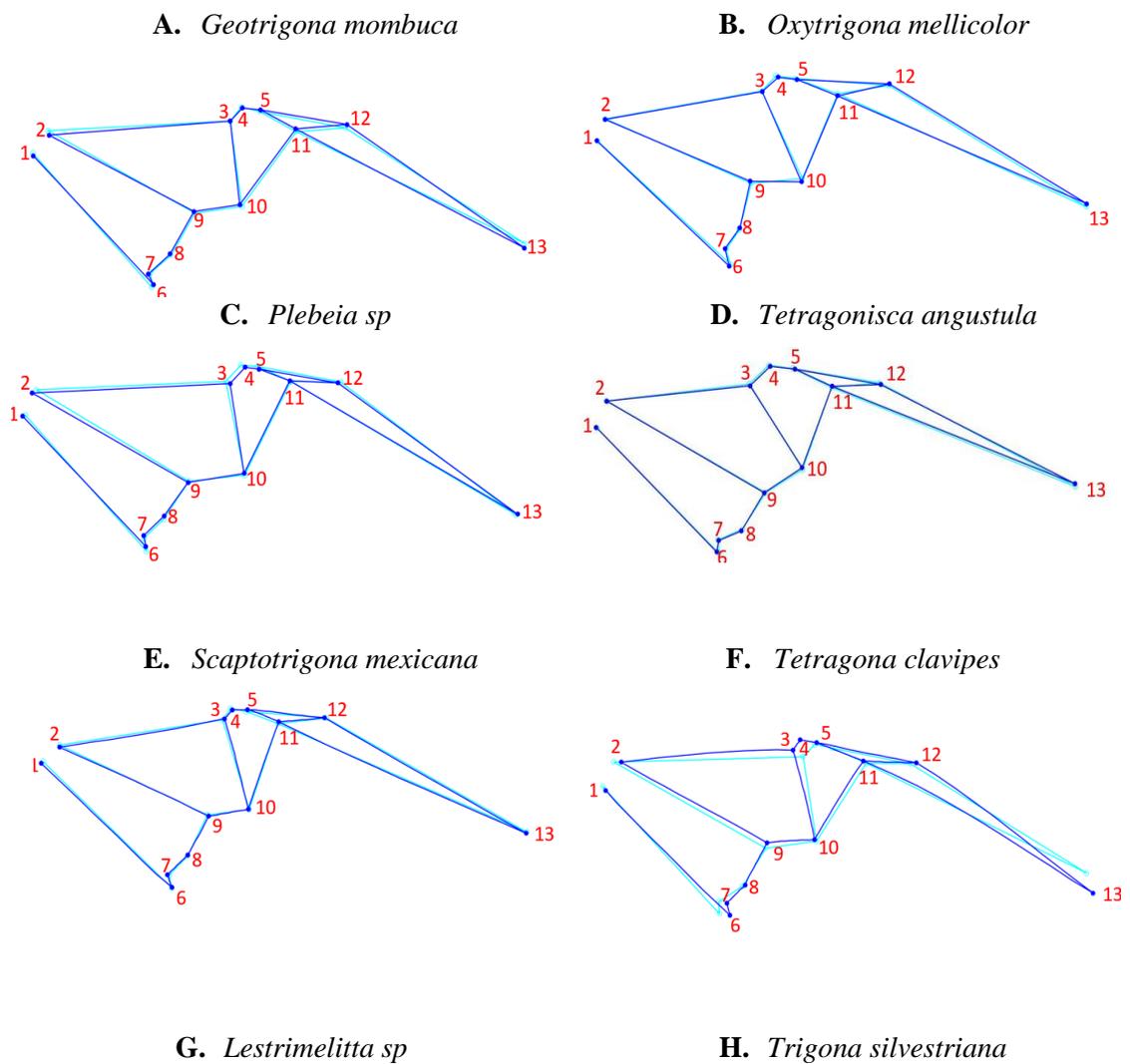
Los diversos estudios de caracterización de especies con la utilización de la morfometría geométrica permiten determinar la validez y precisión de esta herramienta, estudios que han permitido de clasificación e identificación de especies de *Apis mellifera* como también de sus híbridos. Así mismo (Combey et al., 2018) evidencian que las diferentes poblaciones investigadas en Ganha, se distribuyeron cercanamente al centroide del grupo, y se logra la separación de los individuos en función de la región geográfica de origen, aunque existió la tendencia de algunas poblaciones a diferenciarse de la posición del centroide.

(Moretti, 2014) corroboró que no existían grandes diferencias de acuerdo con el clima, ni por la localización geográfica, al representar gráficamente las poblaciones de diferentes localidades de Brasil. (Choukri Barour et al., 2011) no hallaron valores atípicos en la población de *Apis mellifera intermissa*, a nivel de la región, apiarios y colmenas muestreadas en Argelia luego de representar por medio del gráfico de dispersión los resultados del ACP.

3.3 Comparación con gráficos de deformación

El análisis morfométrico permitió visualizar las diferencias entre los géneros, al ser representados como vectores en gráficos de deformación, donde la deformación identifica las regiones que más contribuyen a la discriminación, y se observan expansiones o contracciones de la cuadrícula en función de mayor o menor similitud entre las subespecies (Kandemir et al., 2011).

Las muestras corroboraron las diferencias entre cada género, todos los cambios en las Wireframe graph fueron analizados en función de la descomposición de los componentes no afines o no uniformes, en relación a los PAR responsables de la variación, como son el uno, dos, diez, doce y trece (Ilustración 3-5).



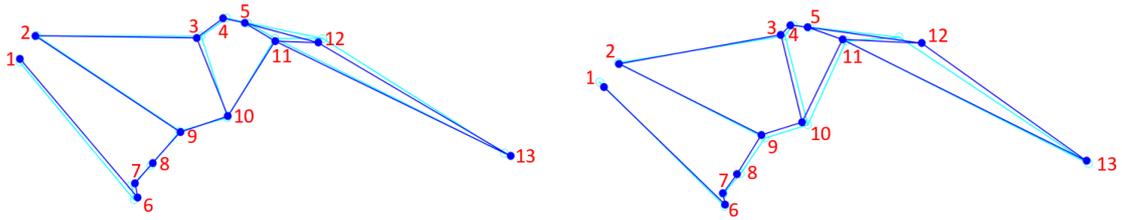


Ilustración 3-1: Comparación de los Wireframe Graph de los distintos géneros de abejas nativas.
 Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Los puntos y líneas azules corresponden a la forma promedio y las líneas azul claro indican la magnitud de variación y la dirección entre el ala promedio y el ala de los géneros de abejas nativas. (Tofilski, 2008) sugirió que la discriminación de subespecies mediante el empleo de las gradillas de deformación es relativamente fácil, y logró diferenciar tres subespecies *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* y *Apis mellifera caucasica*. Al respecto, (Kandemir et al., 2011) argumentan que las diferencias entre los linajes pueden ser ilustradas mediante los gráficos de deformación y determinaron las mayores diferencias entre el linaje C y el resto de los linajes de *Apis mellifera*. Por su parte (H. Abou-Shaara & Al-Ghamdi, 2012) discriminaron a las subespecies *Apis mellifera carnica* y *Apis mellifera jemenitica* y dieron a conocer la variación entre las alas delanteras de las dos subespecies al representarlas en gráficos de deformación.

La utilización de trece puntos de referencia en las intersecciones venales del ala permitió identificar ocho géneros de abejas nativas, confirmando el alto valor discriminatorio para clasificar los distintos géneros de abejas en la Amazonía ecuatoriana.

3.4 Análisis de Variables Canónicas

Después de realizar el AVC como técnica confirmatoria, para lograr maximizar la separación entre grupos y determinar las características de forma que mejor distinguen entre las diferentes poblaciones, debido a que los ejes canónicos permiten diferenciar que tan alejados están los grupos en el espacio morfométrico; las siete variables canónicas explicaron el 100 % de la variación total de las características de forma y tamaño del ala

Tabla 3-1: Variables canónicas, % de varianza y % de varianza acumulada obtenidas del AVC de las coordenadas cartesianas de los PAR

Variable Canónica	% de varianza	% de varianza acumulada
1.	41.046	41.046
2.	24.243	65.288
3.	16.312	81.600
4.	10.245	91.845
5.	4.448	96.293
6.	2.857	99.150
7.	0.850	100.000

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Aunque las diferencias se pueden observar al representar las variables canónicas uno (41.04 %) y dos (24.24 %) que son las que mayor por ciento de variación aportan en la muestra.

(Koka & Kandemir, 2013) por medio del AVC detectaron diferencias significativas cuando compararon la población de grupos de abejas de diferentes regiones de Turquía e identificaron cinco grupos. (Oleksa & Tofilski, 2015) compararon la efectividad de la MG, los microsatélites y MT alcanzando valores similares en la discriminación de *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* y los híbridos entre estas subespecies. También son semejantes a los de (Rašić, Mladenović, & Stanisavljević, 2015) que diferenciaron a nivel de líneas de crías seleccionadas de *Apis mellifera carnica* en Serbia y Monte Negro.

De igual forma, (Chourki Barour & Baylac, 2016) lograron diferenciar entre poblaciones de subespecies africanas *Apis mellifera intermissa*, *Apis mellifera sahariensis* y *Apis mellifera capensis*, por otra parte (Miguel et al., 2016) ilustraron la separación entre las poblaciones de las Islas Canarias y las abejas africanas y además, identificaron la relación existente entre las abejas Canarias, Ibéricas y el linaje M; el valor de la D^2 de 3,87, confirmó que las poblaciones de La Palma y Tenerife fueron las más similares. (Abizanda, 2018; Yániz, Ángel, Ramos, Sales, & Santolaria, 2016) discriminaron a la subespecie *Apis mellifera iberiensis* de la provincia de Huesca en España, del resto de las poblaciones de *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera carnica* y la subespecie sintética Buckfast. Al comparar los grupos de individuos por géneros, más del 80 % de la variación de las muestras evaluadas fue explicada por las primeras tres variables canónicas 41.04 %, 65.28 % y 81.6 % (varianza acumulada). En esta primera clasificación se pudo determinar en base al análisis la presencia de los géneros *Tetragonisca* y *Lestrimelitta*, *Oxitrigona mellicolor* y *Plebeia* sp., en lo que respecta al resto de géneros se pudo observar un solapamiento entre estos (Ilustración 3-6).

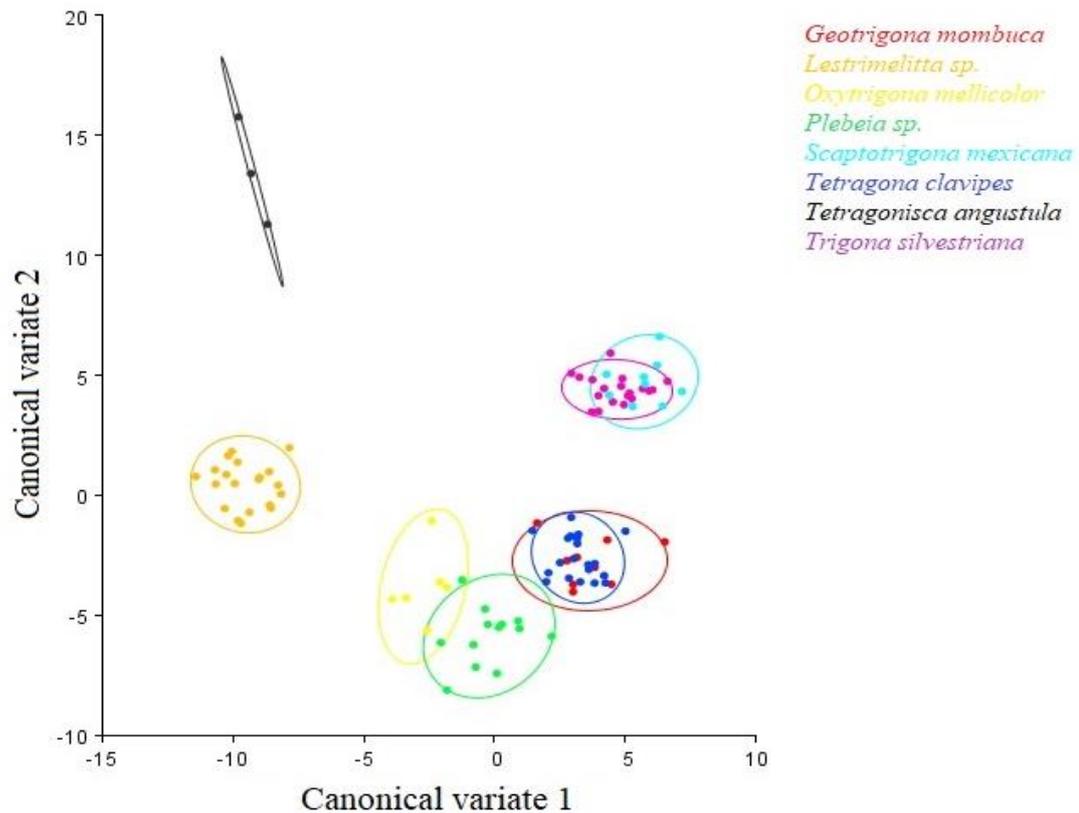


Ilustración 3-1: Diagrama de dispersión según los puntos de referencia del ala delantera izquierda de abejas nativas sin aguijón, considerando géneros específicos

Elaborado por: Alina Lalanguí, 2023

Análisis de variables canónicas (variable 1 explica el 41.04 % y variable 2 el 24.24 %). *Las elipses están dibujadas con un 90 % de probabilidad. Géneros: Rojo – *Geotrigona mombuca*; Naranja – *Lestrimelitta* sp.; Amarillo - *Oxytrigona mellicolor*; Verde – *Plebeia* sp.; Celeste – *Scaptotrigona mexicana*; Azul – *Tetragona clavipes*; Negro – *Tetragonisca angustula*; Morado – *Trigona silvestriana*.

De la misma manera se procedió a realizar otro análisis con el objetivo de evitar el solapamiento, en el cual fueron incluidos 4 géneros de las especies involucradas (Ilustración 3-7), en donde las primeras dos variables canónicas explicaron el 88.46 % de la variación.

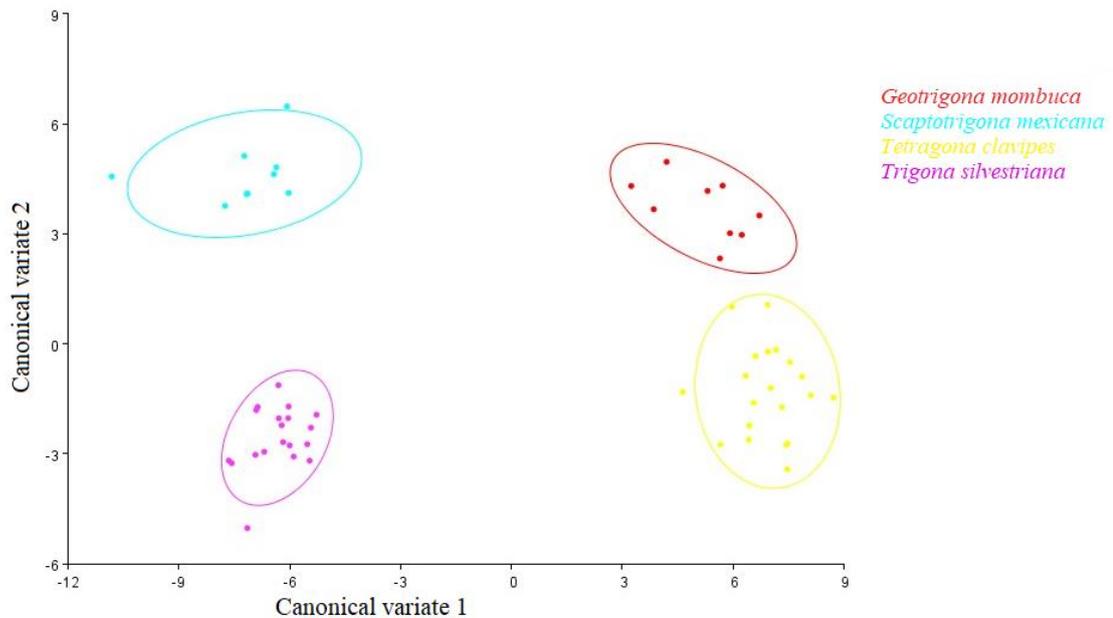


Ilustración 3-2: Diagrama de dispersión según los puntos de referencia del ala delantera izquierda de abejas nativas sin aguijón, considerando géneros específicos

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Análisis de variables canónicas (variable 1 explica el 74.045 % y variable 2 el 14.42%). *Las elipses están dibujadas con un 90 % de probabilidad. Generos: Rojo – *Geotrigona mombuca*; Celeste – *Scaptotrigona mexicana*; Amarillo – *Tetragona clavipes*; Morado – *Trigona silvestriana*.

El nuevo análisis permitió diferenciar claramente 4 géneros en su morfoespacio, los cuales corresponden a: *Oxytrigona mellicolor*, *Scaptotrigona mexicana*, *Tetragona clavipes* y *Trigona silvestriana*.

3.5 Análisis de función discriminante y prueba de validación cruzada

Luego de aplicar el análisis de funciones discriminantes, todos los individuos fueron asignados a su grupo original, identificándose el 100 %; sin embargo, al aplicar la prueba de validación cruzada reconoció acertadamente el 71.12 % como se indica en la Tabla 5 y 6.

Estos resultados son inferiores a los acotados por Kandemir et al. (2011) que determinaron la clasificación de cuatro linajes y 24 subespecies de *Apis mellifera*, alcanzando niveles de clasificación de 89.9 %, 95.2 % y 100 % a nivel individual, de colmenas y subespecies respectivamente.

Por otra parte, (Oleksa & Tofilski, 2015) identificaron híbridos entre las subespecies de *Apis mellifera mellifera* y *Apis mellifera carnica* en Polonia y lograron niveles de clasificación de 75.86 % a nivel de individuos contrastados con subespecies. Rafie *et al.* (2014) establecieron las diferencias de las poblaciones de *Apis mellifera meda* de diferentes localidades de Irán y alcanzaron valores de clasificación acertada de 83.8 %. Por su parte (Gomeh, Rafie, & Modaber, 2016) seleccionaron cinco áreas de Irán como los principales puntos geográficos del norte, oeste, este, centro y sur, para realizar la caracterización de poblaciones de *Apis mellifera*, y clasificaron acertadamente el 77.5 % de la población y encontraron diferencias entre las poblaciones del sur, este y oeste, todos estos valores son inferiores a los reportados en este estudio.

Tabla 3-2: Porcentaje de clasificación acertado de los individuos en la prueba de Función discriminante
FUNCIÓN DISCRIMANTE

Clasificación conocida	# alas	<i>Geotrigona</i> <i>mombuca</i>	<i>Lestrimelitta</i> sp.	<i>Oxytrigona</i> <i>mellicolor</i>	<i>Plebeia</i> sp.	<i>Scaptotrigona</i> <i>mexicana</i>	<i>Tetragona</i> <i>clavipes</i>	<i>Tetragonisca</i> <i>angustula</i>	<i>Trigona</i> <i>silvestriana</i>
<i>Geotrigona mombuca</i>	9	9	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lestrimelitta</i> sp.	20	0	20	0	0	0	0	0	0
<i>Oxytrigona mellicolor</i>	6	0	0	6	0	0	0	0	0
<i>Plebeia</i> sp.	13	0	0	0	13	0	0	0	0
<i>Scaptotrigona mexicana</i>	9	0	0	0	0	9	0	0	0
<i>Tetragona clavipes</i>	20	0	0	0	0	0	20	0	0
<i>Tetragonisca angustula</i>	3	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Trigona silvestriana</i>	19	0	0	0	0	0	0	0	19

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Tabla 3-3. Porcentaje de clasificación acertado de los individuos en la prueba de validación cruzada.

VALIDACIÓN CRUZADA

Clasificación conocida	# alas	<i>Geotrigona mombuca</i>	<i>Lestrimelitta</i> sp.	<i>Oxytrigona mellicolor</i>	<i>Plebeia</i> sp.	<i>Scaptotrigona mexicana</i>	<i>Tetragona clavipes</i>	<i>Tetragonisca angustula</i>	<i>Trigona silvestriana</i>
<i>Geotrigona mombuca</i>	9	6	0	0	0	1	0	0	2
<i>Lestrimelitta</i> sp.	20	0	19	1	0	0	0	0	0
<i>Oxytrigona mellicolor</i>	6	0	1	4	0	0	1	0	0
<i>Plebeia</i> sp.	13	0	0	3	9	0	1	0	0
<i>Scaptotrigona mexicana</i>	9	0	1	0	0	7	2	0	3
<i>Tetragona clavipes</i>	20	0	0	2	0	1	4	0	1
<i>Tetragonisca angustula</i>	3	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Trigona silvestriana</i>	19	1	0	2	0	2	0	1	14

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

3.6 Distancias de Mahalanobis y procrustes

Las distancias de Mahalanobis y Procrustes se calcularon utilizando los datos de AVC y se muestran en la Tabla 3-4. Al analizar la distancia de Procrustes y la distancia de Mahalanobis se pueden establecer las similitudes y diferencias entre los miembros de la muestra bajo estudio. Las mayores D^2 se obtuvieron para las comparaciones entre *Tetragonisca angustula* y el resto de generos con distancias de: *Geotrigona mombuca* (24.48), *Lestrimelitta* sp. (19.2), *Oxytrigona mellicolor* (22.6), *Plebeia* sp. (24.81), *Scaptotrigona mexicana* (22.25), *Tetragona clavipes* (22.47), *Trigona silvestriana* (22.01). Sin embargo las distancias de Procrustes muestran una tendencia de menor vínculo entre la *Tetragonisca angustula* y: *Geotrigona mombuca* (0.10), *Lestrimelitta* sp. (0.08), *Plebeia* sp. (0.10), *Tetragona clavipes* (0.11), *Trigona silvestriana* (0.07); *Oxytrigona mellicolor* y, *Geotrigona mombuca* (0.09), *Lestrimelitta* sp. (0.08); *Tetragona clavipes* y: *Oxytrigona mellicolor* (0.10), *Scaptotrigona mexicana* (0.08); *Plebeia* sp., y: *Oxytrigona mellicolor* (0.09); *Tetragona clavipes* y: *Trigona silvestriana* (0.08).

De igual forma, la menor distancia de Mahalanobis se apreció entre: *Tetragona clavipes* y *Geotrigona mombuca* (5.65), *Oxytrigona mellicolor* y *Plebeia* sp. (8.08), *Trigona silvestriana* y *Scaptotrigona mexicana* (7.7).

Tabla 3-4: Distancias de Procrustes y Mahalanobis (por encima y por debajo de la diagonal) entre poblaciones, obtenidas con los datos del AVC de las coordenadas cartesianas de los 19 PAR del ala delantera izquierda de las abejas melíferas de los nueve CGR.

Procrustes Mahalanobis	<i>Geotrigona</i>		<i>Oxytrigona</i>		<i>Scaptotrigona</i>	<i>Tetragona</i>	<i>Tetragonisca</i>	<i>Trigona</i>
	<i>mombuca</i>	<i>Lestrimelitta</i> sp.	<i>mellicolor</i>	<i>Plebeia</i> sp.	<i>mexicana</i>	<i>clavipes</i>	<i>angustula</i>	<i>silvestriana</i>
<i>Geotrigona</i>								
<i>mombuca</i>	-	0.0475	0.0901	0.0449	0.0724	0.0283	0.1022	0.0685
<i>Lestrimelitta</i>								
sp.	14.4739	-	0.0897	0.0483	0.0747	0.0544	0.0895	0.0678
<i>Oxytrigona</i>								
<i>mellicolor</i>	14.1598	13.4224	-	0.0907	0.0527	0.1068	0.0737	0.0518
<i>Plebeia</i>								
sp.	11.2683	13.0673	8.084	-	0.0754	0.0407	0.1071	0.0615
<i>Scaptotrigona</i>								
<i>mexicana</i>	11.4279	16.6952	15.2241	14.0157	-	0.084	0.0714	0.0394
<i>Tetragona</i>								
<i>clavipes</i>	5.6553	14.3276	13.4103	10.135	10.8823	-	0.1109	0.0824
<i>Tetragonisca</i>								
<i>angustula</i>	24.4808	19.2095	22.6041	24.8197	22.2583	22.471	-	0.0796
<i>Trigona</i>								
<i>silvestriana</i>	10.8651	15.4267	14.0942	12.1587	7.7051	11.1799	22.0147	-

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

El árbol filogenético resultante basado en el carácter morfométrico fue dibujado mediante el método UPGMA para comparar las relaciones filogenéticas, donde las relaciones fenéticas entre géneros, fueron basadas en las distancias de Mahalanobis,

El fenograma dio como resultado cinco principales clústeres, al ubicar una línea de Phenom a 8 (Ilustración 3-8); el primero está formado por individuos del género *Geotrigona mombuca* y *Tetragona clavipes*; el segundo está constituido por miembros del género *Scaptotrigona Mexicana* y *Trigona silvestriana*; el tercero conformado por integrantes del género *Oxytrigona mellicolor* y *Plebeia* sp., el cuarto representado por el género *Lestrimelitta* sp., y el quinto por *Tetragonisca angustula*.

Las relaciones fenéticas basados en la distancia de Mahalanobis permitió determinar resultados adecuados parcialmente con los obtenidos en datos moleculares (Rasmussen & Cameron, 2010) Sin embargo, el dendograma mostró ciertas particularidades, como en el género *Oxytrigona*, que presento relaciones fenéticas con géneros filogenéticamente cercanos. Estas deficiencias en las relaciones fenéticas, puede ser debido a varios factores, entre los que tenemos la precisión del operador en el momento del marcado de los landmarck; como también puede deberse a que las alas de las abejas están sujetas a presiones selectivas que producirían inferencias filogenéticas erróneas (Klingenberg & Gidaszewski, 2010).

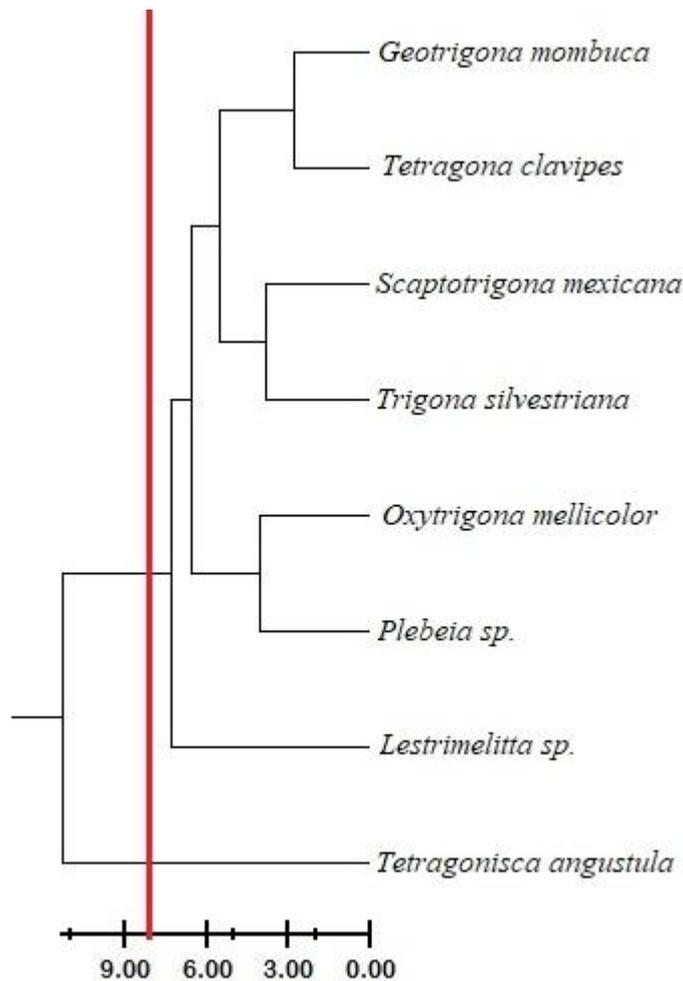


Ilustración 3-1: Fenograma UPGMA basado en las distancias de Mahalanobis calculadas a partir del análisis de variables canónicas mostrando las relaciones fenéticas entre poblaciones de abejas estudiadas

Elaborado por: Alina Lalangui, 2023

Método: Pairwise distance UPGMA. Los análisis y la visualización se realizaron en el software MEGA 7. Géneros de abejas nativas: *Geotrigona mombuca*, *Tetragona clavipes*, *Scaptotrigona mexicana*, *Trigona silvestriana*, *Oxytrigona mellicolor*, *Plebeia sp.*, *Lestrimelitta sp.*, y *Tetragonisca angustula*. Línea roja=fenon. Las distancias de Mahalanobis se calcularon a partir del análisis de variables canónicas.

Dolati, Rafie, and Khalesro (2013) evaluaron las relaciones geográficas de las poblaciones Iraníes, el dendrograma resultante del análisis clúster UPGMA, mostró que las dos poblaciones de Zanjan (Hajarash, (Nikpey) resultaran similares, y el análisis de conglomerados dividió a las poblaciones en tres grupos principales. (Rafie, 2014) mostró que las dos poblaciones Iraníes de Sanandaj y Qurve eran semejantes y las poblaciones de Dehgolan estaban completamente separadas de otras. (Rahimi, Mirmoayedi, Kahrizi, Zarei, & Jamali, 2017) encontraron que el árbol filogenético mostró que 29 subespecies de abejas melíferas se podían dividir en cinco grupos distintos.

(Kekeçoğlu, 2018) demostró que las abejas nativas ancestrales de las zonas aisladas y las abejas de colmenares comunes, en Turquía, formaban dos grupos principales distintos. (Ferreira, 2017) mediante el dendograma de proximidad morfológica construido con las distancias cuadradas de Mahalanobis, ilustró que se formaron tres grandes grupos, que parecían estar estrechamente relacionados con la ubicación geográfica de las islas.

Francisco de Orellana, es una provincia muy diversa con varios sistemas antrópicos de producción en donde por manipulación del hombre se han creado micro-habitats, que permiten la presencia de distintos géneros y especies de abejas; en la investigación actual se realizó un muestreo de una área ganadera en donde existe baja presencia de especies de abejas debido a la reducida flora presente en estas áreas, sin embargo se logró identificar una pequeña muestra de la biodiversidad (8 géneros), de una forma rápida pero con resultados precisos.

CONCLUSIONES

La morfometría geométrica sirve como una herramienta precisa para poder discriminar género de abejas nativas, tanto a nivel exploratorio como a nivel confirmatorio, con la cual se logró identificar 8 géneros de abejas nativas en la Amazonía ecuatoriana.

El uso de la morfometría geométrica permitió con mucha precisión y a bajo costo discriminar en abejas sin aguijón géneros y especies tales como, *Geotrigona mombuca*, *Tetragona clavipes*, *Scaptotrigona mexicana*, *Trigona silvestriana*, *Oxytrigona mellicolor*, *Plebeia* sp., *Lestrimelitta* sp., y *Tetragonisca angustula*.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar la zona de estudio, debido a que en esta zona solo se encontró flora exclusiva del área ganadera, sin embargo, al ampliarse a zonas de uso agrícola la apifauna podría incrementarse.

Se recomienda publicar las imágenes de las alas de los distintos géneros en un repositorio de acceso abierto como es Zenodo, con el nombre de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, esto con la finalidad de que otros investigadores puedan ingresar a esta base y contrastarla con los géneros de otras áreas geográficas.

BIBLIOGRAFÍA

ABIZANDA, C. Caracterización morfométrica y molecular de las abejas melíferas en la provincia de Huesca. Trabajo Fin de Máster), Universidad de Zaragoza, Escuela Politécnica Superior, España. Retrieved on March, 2018, vol. 12, p. 2019.

ABOU-SHAARA, H. F.; AL-GHAMDI, A. A. "Studies on wings symmetry and honey bee races discrimination by using standard and geometric morphometrics". *Biotechnology in animal husbandry*, 2012, vol. 28, no 3, p. 575-584.

ABOU-SHAARA, Hossam F. "Wing venation characters of honey bees". *Journal of Apiculture*, 2013, vol. 28, no 2, p. 79-86.

ÁNGEL-BEAMONTE, Ernesto, et al. "Automatic determination of landmark coordinates for honey bee forewing venation using a new MATLAB-based tool". *Journal of Apicultural Research*, 2018, vol. 57, no 5, p. 605-610.

ANTONIO, Parra Galindo Miguel; ANTONIO, Sau Navarro Marco. Generalidades del mejoramiento genético de las abejas. 2008.

ARCE, Fermín. *¿Por qué mueren las abejas? Causas y consecuencias* [blog]. 2018. [Consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: <http://www.elsemiarido.com/por-que-mueren-las-abejas-causas-y-consecuencias/>

ARIZMENDI, Coro. La crisis de los polinizadores. *Biodiversitas*, 2009, vol. 85, p. 1-5.

AYORA-TALAVERA, T. del R., et al. Usos y beneficios de los subproductos de la miel. Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación, 2016, p. 166-189.

BAQUERO, Leonardo; STAMATTI, Guillermo. Cría y manejo de abejas sin aguijón. Fundación ProYungas, Ediciones del Subtrópico, 2007.

BAROUR, Choukri; BAYLAC, Michel. "Geometric morphometric discrimination of the three African honeybee subspecies *Apis mellifera intermissa*, *A. m. sahariensis* and *A. m. capensis*

(Hymenoptera, Apidae): Fore wing and hind wing landmark configurations". *Journal of Hymenoptera Research*, 2016, vol. 52, p. 61-70.

BAROUR, Choukri; TAHAR, Ali; BAYLAC, Michel. Forewing shape variation in Algerian honey bee populations of *Apis mellifera intermissa* (Buttel-Reepen, 1906)(Hymenoptera: Apidae): a landmark-based geometric morphometrics analysis. *African Entomology*, 2011, vol. 19, no 1, p. 11-22.

BECERRIL GARCÍA, Javier; HERNÁNDEZ CUEVAS, Francisco Iván. Apicultura: su contribución al ingreso de los hogares rurales del sur de Yucatán. *Península*, 2020, vol. 15, no 2, p. 9-29.

BENITES, Luis. *Distancia de Mahalanobis: definición simple, ejemplos* [blog]. 2022. [Consulta: 15 febrero 2023]. Disponible en: <https://statologos.com/distancia-mahalanobis/>

BERNAL, Marlene. *Ecuador ya cuenta con 2034 apicultores en 23 provincias.* *El Productor* [en línea]. 2021 [consulta: 10 de febrero 2023]. Disponible en: <https://elproductor.com/2021/03/ecuador-ya-cuenta-con-2034-apicultores-en-23-provincias/>

BERNASCONI, María Rosa. Cría de abejas sin aguijón. *Todo Agro* [en línea]. 2013 [consultado el 4 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.todoagro.com.ar/cria-de-abejas-sin-aguijon/>

BIRD, Gwendolyn, et al. "Parasites and pesticides act antagonistically on honey bee health". *Journal of Applied Ecology* [en línea], 2021, vol. 58, no 5, p. 997-1005. [Consulta: 20 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13811>

BLACQUIERE, Tjeerd, et al. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*, 2012, vol. 21, p. 973-992.

BM. Tierras agrícolas (% del área de tierra) - Ecuador, World. World Bank Open Data [en línea]. 2020 [consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: [https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.AGRI.ZS?locations=EC-1W&most recent value desc=false](https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.AGRI.ZS?locations=EC-1W&most%20recent%20value%20desc=false)

BOMMURAJ, Vijayakumar, et al. Concentration-and time-dependent toxicity of commonly encountered pesticides and pesticide mixtures to honeybees (*Apis mellifera* L.). *Chemosphere*, 2021, vol. 266, p. 128974.

BONATTI, Vanessa, et al. "Evidence of at least two evolutionary lineages in *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) suggested by mtDNA variability and geometric morphometrics of forewings". *Naturwissenschaften*, 2014, vol. 101, p. 17-24.

BOOKSTEIN, F. L. Morphometric tools for landmark data Cambridge University Press. New York, 1991.

BOTÍAS, Cristina; SÁNCHEZ-BAYO, Francisco. "Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizadores". *Ecosistemas*, vol. 27, no 2 (2018), p. 34-41.

BOUTANG, Yann Moulrier. *La abeja y el economista*. Traficantes de sueños, 2012.

BRITAIN, Claire A., et al. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology*, 2010, vol. 11, no 2, p. 106-115.

Buescu, E., Gurau, M. R., & Danes, D. (2018). *Identification Of The Honeybee Subspecies From Some Romanian Counties Using A Semiautomatic System For Analyzing Wings*. Paper presented at the CBU International Conference Proceedings.

BUESCU, Elena; GURAU, Maria Rodica; DANES, Doina. Identification Of The Honeybee Subspecies From Some Romanian Counties Using A Semiautomatic System For Analyzing Wings. En CBU International Conference Proceedings. 2018. p. 1124-1128.

CABRERA, J. *La apicultura en el Ecuador: Antecedentes históricos*. Laboratorios La Melífera, Quito–Ecuador, 2012.

CALATAYUD-VERNICH, Pau, et al. Pesticide residues in honey bees, pollen and beeswax: Assessing beehive exposure. *Environmental Pollution*, 2018, vol. 241, p. 106-114.

CASTELLANOS, Adrian. *Abejas en peligro de extinción, causas y consecuencias*. Animales y biología [en línea]. 2021 [consultado el 22 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://animalesbiologia.com/invertebrados/informacion-noticias/abejas-en-peligro-de-extincion>

CASTILLO, Luisa Eugenia, et al. Plaguicidas y otros contaminantes. 2012.

CASTRO, B. A. A., Juárez, J. R., Acuña, M. I. M., Flores, A. G., Sánchez, R. M., & Carvajal, I. B. C. "Estrategia para la miel melipona". El ecoetiquetado *REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA*, vol. XXV. no 2 (2012), p. 23-28

CHARISTOS, Leonidas, et al. "Morphological discrimination of Greek honey bee populations based on geometric morphometrics analysis of wing shape". *Journal of Apicultural Science* [en línea], 2014, vol. 58, no 1, p. 75-84. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/jas-2014-0007>

CHRISTMANN, Stefanie. "Do we realize the full impact of pollinator loss on other ecosystem services and the challenges for any restoration in terrestrial areas?". *Restoration Ecology* [en línea], 2019, vol. 27, no 4, p. 720-725. [Consulta: 20 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/rec.12950>

COLIN, Theotime, et al. "The miticide thymol in combination with trace levels of the neonicotinoid imidacloprid reduces visual learning performance in honey bees (*Apis mellifera*)". *Apidologie* [en línea], 2020, vol. 51, p. 499-509. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00737-6>

COMBES, Stacey A.; DANIEL, T. L. "Flexural stiffness in insect wings I. Scaling and the influence of wing venation". *Journal of experimental biology* [en línea], 2003, vol. 206, no 17, p. 2979-2987. [Consulta: 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1242/jeb.00523>

COMBEY, Rofela; QUANDAHOR, Peter; MENSAH, Benjamin A. "Geometric morphometrics captures possible segregation occurring within subspecies *Apis mellifera adansonii* in three agro ecological zones". *Annals of Biological Research* [en línea], 2018, vol. 9, no 3, p. 31-43. [Consulta: 25 diciembre 2022]. ISSN:0976-1233. Disponible en: <https://n9.cl/85lko>

CONTRERAS-ESCAREÑO, Francisca, et al. "Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México". *Revista mexicana de ciencias pecuarias* [en línea], 2013, vol. 4, no 3, p. 387-398. [Consulta: 18 diciembre 2022]. ISSN 2448-6698. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000300009&lng=es&nrm=iso. ISSN 2448-6698

COREA PINO, Roberto José; GALEANO GONTOL, Jaquelin Junieth; ESPINOZA DOLMUS, Hugo Luis. Fortalecimiento de capacidades en el manejo de abejas meliponas y comercialización de la miel. (Trabajo de titulación).(Doctoral) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Unan–Leon. 2012.

CORREA, Mónica. Ya hay un país donde los plaguicidas relacionados con la muerte de las abejas están prohibidos. Bioguia [en línea]. 2019 [consultado 12 enero 2023]. Disponible en: https://www.bioguia.com/ambiente/pais-donde-plaguicidas-relacionados-muerte-abejas-estan-prohibidos_35817842.html

DA SILVA, Felipe Leno, et al. Evaluating classification and feature selection techniques for honeybee subspecies identification using wing images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2015, vol. 114, p. 68-77.

DE INVESTIGADORES, E. Determinación de insecticidas y estudio nutricional de las mieles de las abejas nativas sin aguijón, *Melipona Beecheii* y *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). Universidad de San Carlos De Guatemala. 2008.

DE MORELOS, Academia de Ciencias. El papel de la nutrición en la desaparición de las abejas: Causas ys. 2015.

DEBAT, Vincent, et al. "Allometric and nonallometric components of *Drosophila* wing shape respond differently to developmental temperature". *Evolution* [en línea], 2003, vol. 57, no 12, p. 2773-2784. [consultado el 12 de enero de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2003.tb01519.x>

DIAS, Rosa Maria. "¿Qué perdemos con la desaparición de las abejas?". *Revista Bioika* [en línea]. 2017, vol 1, pp 1–3.

DÍAZ, R. Abejas sin aguijón: introduccion a la Meliponicultura. Obtenido de Abejas sin aguijón: introduccion a la Meliponicultura[en línea. [consultado el 11 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.zamorano.edu/2015/07/08/abejas-sin-aguijon-introduccion-ala-meliponicultura>, 2015.

DINIZ-FILHO, José AF, et al. "Spatial analysis of morphological variation in African honeybees (*Apis mellifera* L.) on a continental scale". *Apidologie* [en línea], 2000, vol. 31, no 2,

p. 191-204. [consultado el 11 de enero de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/apido:2000116>

DOLATI, Lotfali; RAFIE, Javad Nazemi; KHALESRO, Hoda. "Landmark-based morphometric study in the fore and hind wings of an Iranian race of European honeybee (*Apis mellifera meda*)". *Journal of Apicultural Science* [en línea], 2013, vol. 57, no 2, p. 187. [consultado el 19 de enero de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/jas-2013-0028>

EFE. Un estudio ubica a Ecuador en quinto lugar por deforestación en Amazonía. www.expreso.ec [en línea]. 2022 [consultado el 6 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.expreso.ec/actualidad/estudio-ubica-ecuador-quinto-lugar-deforestacion-amazonia-135968.html>

ESPINOSA, Carlos Iván. "La meliponicultura, una actividad con alto impacto productivo". *Dialoguemos* [en línea]. 2018 [consultado el 6 de enero de 2023]. Disponible en: <https://dialoguemos.ec/2018/11/la-meliponicultura-una-actividad-con-alto-impacto-productivo/>

FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics. Harlow: Longman Scientific and Technical, 1989. 14 Peltonen L, Palotie A, Lange K. Use of population isolates for mapping complex traits. *Nat Rev Genet*, 2000, vol. 1, p. 182-90.

FERREIRA, Helena Mendes. Diversity patterns of honey bee (*Apis mellifera* L.) populations from the Archipelago of the Azores: insights from mtDNA and wing geometric morphometrics. (Trabajo de titulación).(Doctoral) Universidade do Porto, Portugal. 2018.

FIGUEROA-MATA, Geovanni, et al. "Identificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) a partir de la clasificación de los descriptores SIFT de una imagen del ala derecha anterior". *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], 2016, vol. 29, p. 51-63. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5523363>

FRANCOY, Tiago Mauricio, et al. "Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: two fast and efficient procedures". *Apidologie* [en línea], 2008, vol. 39, no 5, p. 488-494. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/apido:2008028>

GARCÍA-OLIVARES, Víctor, et al. "Caracterización rápida de la biodiversidad usando morfometría geométrica: Caso de estudio con abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) del sur de Ecuador". *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* [en línea], 2015, vol. 7, no 1. [Consulta: 13

febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.18272/aci.v7i1.226>

GARCÍA, Jacobo. “Las abejas no podrían vivir en los campos actuales”. *El País América* [en línea]. 2022 [consultado el 31 de enero de 2023]. Disponible en: <https://elpais.com/america-futura/2022-07-28/las-abejas-no-podrian-vivir-en-los-campos-actuales.html>.

GARNERY, Lionel, et al. "Genetic diversity of the west European honey bee (*Apis mellifera mellifera* and *A. m. iberica*) II. Microsatellite loci". *Genetics Selection Evolution* [en línea], 1998, vol. 30, no Supplement, p. S49-S74. [Consulta: 2 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1297-9686-30-S1-S49>

GARRY, Stefanie; PARADA GÓMEZ, Álvaro Martín; SALIDO MARCOS, Joaquín. Incorporación de mayor valor en la cadena de la miel y productos derivados de la colmena en el Pacífico Central, Costa Rica. 2017. [Consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11362/42232>

GENNARI, Gerardo Pablo. *Manejo racional de las abejas nativas sin aguijón (ANSA)*. Ediciones INTA, 2019.

GOBIERNO PARROQUIAL LA BELLEZA. Sistema ambiental. Gad La Belleza [en línea]. 2019 [consultado el 1 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.gaplabelleza.gob.ec/la-parroquia/sistema-ambiental.html>

GOMEH, Hadis; RAFIE, Javad Nazemi; MODABER, Mehdi. "Comparison of standard and geometric morphometric methods for discrimination of honey bees populations (*Apis mellifera* L.) in Iran". *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2016, vol. 4, no 1, p. 47-53. [Consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.entomoljournal.com/archives/2016/vol4issue1/PartA/3-6-52.pdf>

GRANDA OJEDA, Rodrigo Esteban, et al. Análisis del potencial de la actividad apícola como desarrollado socioeconómico en sectores rurales. (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Administración y Economía; Quito. 2017. [Consulta: 2022-12-23]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7106>

GREENLEAF, Sarah S.; KREMEN, Claire. "Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California". *Biological conservation* [en

línea], 2006, vol. 133, no 1, p. 81-87. [Consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.05.025>

HURTADO-BURILLO, Miguel. Caracterización molecular y morfométrica del género *Scaptotrigona* (Apidae: Meliponini) en Mesoamérica. (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad de Murcia. 2015.

JARAMILLO, N. Morfometría geométrica: principios teóricos y métodos de empleo. *Fronteras de investigación en enfermedades infecciosas. Modelo enfermedad de Chagas*. Universidad de Antioquia. Antioquia, Colombia, 2011, p. 69-87.

JIMÉNEZ, Antonio García. La protección jurídica y administrativa de las abejas. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 2018, vol. 80, p. 39-72. [Consulta: 12 enero 2023]. ISSN: 1989-5666. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6519183>

JUSTE, Irene. Por qué las abejas están en peligro de extinción. *Ecologiaverde* [en línea]. 2018 [consultado 25 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/por-que-las-abejas-estan-en-peligro-de-extincion-1348.html#:~:text=El%20aumento%20de%20especies%20depredadoras,usados%20en%20la%20agricultura%20industrializada.>

KANDEMIR, Irfan; ÖZKAN, Ayça; FUCHS, Stefan. "Reevaluation of honeybee (*Apis mellifera*) microtaxonomy: a geometric morphometric approach". *Apidologie* [en línea], 2011, vol. 42, p. 618-627. [consultado 8 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0063-3>

KEKEÇOĞLU, Meral. "Morphometric divergence of anatolian honeybees through loss of original traits: A dangerous outcome of Turkish apiculture". *Sociobiology* [en línea], 2018, vol. 65, no 2, p. 232-243. [consultado 26 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i2.1895>

KLINGENBERG, Christian Peter. "MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics". *Molecular ecology resources* [en línea], 2011, vol. 11, no 2, p. 353-357. [consultado 26 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x>

KLINGENBERG, Christian Peter; GIDASZEWSKI, Nelly A. "Testing and quantifying phylogenetic signals and homoplasy in morphometric data". *Systematic biology* [en línea], 2010,

vol. 59, no 3, p. 245-261. [consultado 6 febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/sysbio/syp106>

KOCA, AYÇA ÖZKAN; KANDEMİR, Irfan. "Comparison of two morphometric methods for discriminating honey bee (*Apis mellifera* L.) populations in Turkey". *Turkish Journal of Zoology* [en línea], 2013, vol. 37, no 2, p. 205-210. [consultado 22 febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3906/zoo-1104-10>

KREMEN, Claire, et al. "Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change". *Ecology letters* [en línea], 2007, vol. 10, no 4, p. 299-314. [consultado 14 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>

KRUPKE, Christian H., et al. "Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields". *PLoS one* [en línea], 2012, vol. 7, no 1, p. e29268. [consultado 29 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029268>

KUMAR, Sudhir; STECHER, Glen; TAMURA, Koichiro. "MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets". *Molecular biology and evolution* [en línea], 2016, vol. 33, no 7, p. 1870-1874. [consultado 17 febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/molbev/msw054>

KUZNIK, Anna, et al. The use of social surveys in translation studies: methodological characteristics. 2010.

LIU, Mei; MA, Na; HUA, Bao-Zhen. "Intraspecific morphological variation of the scorpionfly *Dicerapanorpa magna* (Chou)(Mecoptera: Panorpidae) based on geometric morphometric analysis of wings". *Contributions to Zoology* [en línea], 2016, vol. 85, no 1, p. 1-11. [consultado 23 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1163/18759866-08501001>

LÓPEZ, Duthier A. Validación de dos modelos de colmenas MARIA y UTOB con abejas sin aguijón *Melipona beecheii* y *Tetragonisca angustula*, en El Paraíso, Honduras. 2002.

LÓPEZ, Lola. Abejas nativas y sin aguijón: aportan una miel distinta y abren una posibilidad para pequeños productores. *Bichos de Campo* [en línea]. 2020 [consultado 28 febrero 2023]. Disponible en: <https://bichosdecampo.com/abejas-nativas-y-sin-aguijon-aportan-una-miel-distinta-y-abren-una-posibilidad-para-pequenos-productores/>

LÓPEZ TENORIO, Jesbeling Dolores; GUTIÉRREZ GALINDO, Marvin. Sistematización de experiencias en Meliponicultura para el mejoramiento del eslabón producción de la cadena productiva en los municipios de Masatepe, Masaya y Yalí, Jinotega. (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Nacional Agraria, UNA. 2016.

LORENZO, Jorge. Distancia de Mahalanobis. 2019. [Consulta: 12 diciembre 2022]. Disponible en:

<https://ansenuza.ffyh.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086.1/1347/Programa%20lectivo%20estad%C3%ADstica%20-%20distancias%20de%20mahalanobis.pdf?sequence=5>

MAG. Ecuador tiene 1760 apicultores registrados. Ministerio de Agricultura y Ganadería [en línea]. 2018 [consultado 8 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-tiene-1760-apicultores-registrados/>

MAG. Autoridades del MAG recorren la Amazonía para impulsar actividades agroproductivas. Ministerio de Agricultura y Ganadería [en línea]. 2019 [consultado 1 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/autoridades-del-mag-recorren-la-amazonia-para-impulsar-actividades-agroproductivas/>

MAG. Con asistencia técnica, capacitaciones e incentivos Ecuador fortalece la producción apícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería [en línea]. 2020a [consultado 13 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/con-asistencia-tecnica-capacitaciones-e-incentivos-ecuador-fortalece-la-produccion-apicola/>

MAG. MAG promueve internacionalmente el cultivo de abejas sin aguijón. Ministerio de Agricultura y Ganadería [en línea]. 2020b [consultado 28 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-promueve-internacionalmente-el-cultivo-de-abejas-sin-aguijon/>

MAG. Apicultores certifican su actividad con apoyo del MAG a. Ministerio de Agricultura y Ganadería [en línea]. 2022 [consultado 19 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/apicultores-certifican-su-actividad-con-apoyo-del-mag/>

MALLINGER, Rachel E.; GRATTON, Claudio. "Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop". *Journal of Applied Ecology* [en línea], 2015, vol. 52, no 2, p. 323-330. [consultado 29 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12377>

MARÍN PALMA, Diana Carolina. La producción artesanal de miel de abeja y su influencia en los ingresos de los apicultores de la comunidad quimis del cantón Jipijapa [En línea] (Trabajo de titulación) UNESUM, JIPIJAPA 2018. [Consulta: 2023-01-28]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1094>

MARTIN-CULMA, Nazly Yolieth; ARENAS-SUÁREZ, Nelson Enrique. "Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola". *Entramado* [en línea], 2018, vol. 14, no 1, p. 232-240. [consultado 17 marzo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>

MARTÍNEZ-FORTÚN MARTÍNEZ, María de la Soledad, et al. Desarrollo sostenible y conservación etnoecológica a través de la meliponicultura, en el sur de Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Internacional de Andalucía. 2015. [Consulta: 2023-01-28]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10334/3519>

MATIZ AGUDELO, Camilo, et al. La métrica de Mahalanobis [En línea] (Trabajo de titulación) Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2020. [Consulta: 2023-01-15]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25042>

MEIXNER, Marina D., et al. "Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera*". *Journal of Apicultural Research* [En línea], 2013, vol. 52, no 4, p. 1-28. [consultado 27 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.05>

MELÉNDEZ, Gabriela Muñoz, et al. *Desarrollo sostenible de zonas áridas y semiáridas frente al cambio climático*. Universidad Juárez del Estado de Durango, 2019.

MELÉNDEZ, Virginia; SANTOS, Juan Bautista Chablé; SALAS, Celia Isela Sélem. "Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer". *Bioagrocencias* [En línea], 2020, vol. 13, no 2. [consultado 11 enero 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.56369/BAC.3558>

MENDES, Marcelo Fidelis Marques, et al. "Intra-populational variability of *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera, Meliponini) using relative warp analysis". *Biosci. j.* [En línea], 2007, p. 147-152. [consultado 22 diciembre 2022]. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-566729>

MIGUEL, Irati, et al. "Both geometric morphometric and microsatellite data consistently support the differentiation of the *Apis mellifera* M evolutionary branch". *Apidologie* [En línea], 2011, vol. 42, p. 150-161. [consultado 14 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/apido/2010048>

MIGUEL, Irati, et al. "Origin, evolution and conservation of the honey bees from La Palma Island (Canary Islands): molecular and morphological data". *Journal of Apicultural Research* [En línea], 2016, vol. 54, no 5, p. 427-440. [consultado 29 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1180017>

MIGUEL Márquez Mateos, A. T. R. Abejas, matemáticas y cambio climático.2019.

MORETTI, Caroline Julio. Dinâmica populacional em populações de abelhas Africanizadas (*Apis mellifera* L.) no Nordeste brasileiro [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil. 2014. [consulta: 2023-02-24]. Disponible en: https://www.ffclrp.usp.br/imagens_defesas/23_06_2017_09_30_30_45.pdf

MUERZA, Alex Fernández. Cómo podemos ayudar a las abejas. Consumer [en línea]. 2016 [consultado 16 junio 2022]. Disponible en: <https://www.consumer.es/medio-ambiente/como-podemos-ayudar-a-las-abejas.html>

MUÑOZ GABALDÓN, Irene, et al. Variación genética y conservación de poblaciones de *Apis mellifera* [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral). Universidad de Murcia. 2013. [consulta: 2023-03-15]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/123904>

NARANJO, A.; RECALDE, V.; BRAVO, E. De la A a la Z Abejas y polinización en Ecuador y el mundo. *Primera. Recalde A, editor. Quito*, 2019.

NITOLA DUITAMA, Zharick, et al. Día mundial de las abejas. 2021.

NORDIN, Abid, et al. "Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review". *Journal of Food Composition and Analysis* [En línea], 2018, vol. 73, p. 91-102. [consultado 2 marzo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.06.002>

OCAMPO, Melchor; SANTA CATARINA, Colonia. Abejas: Insectos Polinizadores.2019.

OCAÑA, Sofía y Jorge RON ROMÁN. Biodiversidad en Ecuador: no todas las abejas tienen aguijón. *Catálisis* [en línea]. 2022. [consultado 10 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.catalisisec.com/post/ecuador-abejas-sin-aguijon>

OLEKSA, Andrzej; TOFILSKI, Adam. "Wing geometric morphometrics and microsatellite analysis provide similar discrimination of honey bee subspecies". *Apidologie* [en línea], 2015, vol. 46, p. 49-60. [consultado 19 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0300-7>

ORTIZ-GARCÍA, Mercedes. La primavera gris. Sobre el declive de las abejas. 2014.

ORÚS, Abigail. Miel: ranking mundial de países productores en 2021. Statista [en línea]. 2022 [consultado 4 diciembre 2022]. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/612365/principales-paises-productores-de-miel-a-nivel-mundial/>

PAREDES BRACHO, Andrea Johanna. Riqueza de especies de abejas nativas amazónicas sin aguijón de los géneros *Melipona* y *Tetragonisca* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) y usos de su miel según los pobladores de la comunidad Etno-ecológica Pablo López de Oglán Alto, cantón Arajuno–provincia de Pastaza–Ecuador. [En línea] (Trabajo de titulación) UCE. Quito. 2022. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25714>

PAZ, Antonio José. La Amazonía ecuatoriana ha perdido más de 623 mil hectáreas en dos décadas. Mongabay [en línea]. 2022 [consultado el 15 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2022/11/amazonia-ecuatoriana-ha-perdido-mas-de-623-mil-hectareas-en-dos-decadas/>

PÉNTEK-ZAKAR, Erika, et al. "Population structure of honey bees in the Carpathian Basin (Hungary) confirms introgression from surrounding subspecies". *Ecology and Evolution* [En línea], 2015, vol. 5, no 23, p. 5456-5467. [consultado 8 marzo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ece3.1781>

PÉREZ, A. Índices de infestación por *Varroa destructor* y mecanismos de defensa, y su correspondencia para la supuesta condición de «europeas» y selectas de las colmenas en un Centro Genético de Producción de abejas reinas (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Agraria de la Habana (UNAH). 2014.

PERRARD, A., et al. "Evolution of wing shape in hornets: why is the wing venation efficient for species identification?". *Journal of Evolutionary Biology* [En línea], 2014, vol. 27, no 12, p. 2665-2675. [consultado 8 marzo 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.5061/dryad.2cv1h>.

PINO GARRIDO, Carol Andrea. Síndrome de colapso de las colonias de abejas [En línea] (Trabajo de titulación) Universidad de Las Américas, Chile. 2018. [consulta: 2023-03-20]. Disponible en: <http://repositorio.udla.cl/xmlui/handle/udla/313>

PITCHERS, William; POOL, John E.; DWORKIN, Ian. "Altitudinal clinal variation in wing size and shape in African *Drosophila melanogaster*: one cline or many?". *Evolution* [En línea], 2013, vol. 67, no 2, p. 438-452. [consultado 25 febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2012.01774.x>

PIZARRO, R.; MONTENEGRO, G. "Las claves del Síndrome de Despoblamiento de Colmenas". *Agromía y forestal* [En línea], 2012, vol. 46, p. 31-39. [consultado 3 febrero 2023]. Disponible en: https://agronomia.uc.cl/component/com_sobipro/Itemid,232/fid,218.1082/sid,87/task,download.file/

PORTILLO, María Teresa Escobedo; PLATA, Jorge A. Salas. P. CH. "Mahalanobis y las aplicaciones de su distancia estadística". *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica* [En línea], 2008, vol. 5, no 27, p. 13-20. [consultado 28 marzo 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2881069>

PRENDAS-ROJAS, Juan Pablo. Sistema automático de clasificación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) basado en el contorno y venación de sus alas. 2015.

QUEZADA-EUÁN, José Javier G. "ABEJAS". *CIENCIA Y DESARROLLO*, 2010.

RAFIE, JAVAD NAZEMI; MOHAMADI, R. E. Z. A.; TEIMORY, HOSSEIN. "Comparison of two morphometrics methods for discriminating of honey bee (*Apis mellifera* meda Sk.) populations in Iran". *International Journal of Zoology and Research* [En línea], 2014, vol. 4, no 3, p. 61-70. [consultado 5 diciembre 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Hosseini-Teimoori/publication/264117487_COMPARISON_OF_TWO_MORPHOMETRICS_METHODS_FOR_DISCRIMINATING_OF_HONEY_BEE_APIS_MELLIFERA_MEDA_SK_POPULATIONS_IN_IRAN/links/59df738fa6fdccfcfda35ead/COMPARISON-OF-TWO-

MORPHOMETRICS-METHODS-FOR-DISCRIMINATING-OF-HONEY-BEE-APIS-MELLIFERA-MEDA-SK-POPULATIONS-IN-IRAN.pdf

RAMÍREZ, Virginia Meléndez; AYALA, Ricardo; GONZÁLEZ, Hugo Delfín. "Temporal variation in native bee diversity in the tropical sub-deciduous forest of the Yucatan Peninsula, Mexico". *Tropical Conservation Science* [En línea], 2016, vol. 9, no 2, p. 718-734. [consultado 16 marzo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/194008291600900210>

RAŠIĆ, Slađan; MLADENVIĆ, Mića; STANISAVLJEVIĆ, Ljubiša. "Use of geometric morphometrics to differentiate selected lines of Carniolan honeybees (*Apis mellifera carnica*) in Serbia and Montenegro". *Archives of Biological Sciences* [En línea], 2015, vol. 67, no 3, p. 929-934. [consultado 5 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.2298/ABS140224054R>

RASMUSSEN, Claus; CAMERON, Sydney A. "Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long distance dispersal". *Biological Journal of the Linnean Society* [En línea], 2010, vol. 99, no 1, p. 206-232. [consultado 5 diciembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01341.x>

RATONI, Brenda, Benito BARREIRO y Wesley DÁTILLO. Los trabajadores invisibles del campo están en peligro. *INECOL* [en línea]. 2022. [consultado 30 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1843-los-trabajadores-invisibles-del-campo-estan-en-peligro>

REYES-GONZÁLEZ, Alejandro; MORELIA, Michoacán. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE ABEJAS SIN AGUIJÓN (APIDAE: MELIPONINI) EN UNA REGIÓN DEL BALSAS MICHOACANO, MÉXICO.

ROHLF, F. J. TpsUtil version 1.40. Ecology & Evolution:(program). 2008.

ROHLF, F. James; BOOKSTEIN, Fred L. *Proceedings of the Michigan morphometrics workshop*. University of Michigan Museum of Zoology, 1990.

ROHLF, F. James. Statistical power comparisons among alternative morphometric methods. *American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists* [en línea], 2000, vol. 111, no 4, p. 463-478. [consultado 5 febrero 2023]. Disponible en: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(200004\)111:4<463::AID-AJPA3>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(200004)111:4<463::AID-AJPA3>3.0.CO;2-B)

ROHLF, F. J. NTSYS-PC, Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Version 2.2. Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Exeter Software, Stony Brook, NY, USA. (2004)

ROSSO, J. M.; NATES, G. *Meliponicultura: Una actividad generadora de ingresos y servicios ambientales*. Asociacion Ecologia Tecnologia y Cultura en los Andes, Lima (Peru)., 2005.

SAINCLAIR, Justin. La protección internacional de las abejas: especial referencia a la Unión Europea [En línea] (Trabajo de titulación) Universitat Autònoma de Barcelona. 2021. [consulta: 2023-03-15]. Disponible en: <https://ddd.uab.cat/record/248184>

SALEEM, Muhammad Shoaib; HUANG, Zachary Y.; MILBRATH, Meghan O. "Neonicotinoid pesticides are more toxic to honey bees at lower temperatures: implications for overwintering bees". *Frontiers in Ecology and Evolution* [En línea], 2020, p. 316. [Consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.556856>

SANDOVAL, Carla Mariel; PALACIO, María Alejandra; RUFFINENGO, Sergio. *El impacto ambiental de la actividad apícola sobre la salud de nuestro planeta*. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, INTA, 2021.

SANDOZ, María Alejandra Maglianesi. "Efectos del cambio climático sobre la polinización y la producción agrícola en América Tropical". *Ingeniería* [En línea], 2016, vol. 26, no 1, p. 11-20. [Consulta: 18 febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/jte.v26i1.25272>

SILVA, FELIPE LENO. Automated bee species identification through wing images [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Polytechnic School of the University of São Paulo, São Paulo. 2015. [Consulta: 2 febrero 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Felipe-Silva-17/publication/279059917_Automated_Bee_Species_Identification_Through_Wing_Images/links/55894a9008ae273b2875c73a/Automated-Bee-Species-Identification-Through-Wing-Images.pdf

SOUZA, Bruno, et al. "Composition of stingless bee honey: setting quality standards". *Interciencia* [En línea], 2006, vol. 31, no 12, p. 867-875. [consultado: 30 marzo 2023]. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442006001200008&script=sci_arttext

SYLVESTER, H. Allen; RINDERER, Thomas E. Fast Africanized bee identification system (FABIS) manual. *American bee journal (USA)*, 1987.

TELESE, Alexia, et al. La importancia de las abejas en el mundo.

Tirado, R., Simon, G., & Johnston, P. "Peligros para los polinizadores y la agricultura de Europa". *Nota técnica de la Unidad Científica de Greenpeace* [En línea]. 2013. [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/el_declive_de_las_abejas.pdf

TOFILSKI, Adam. "Using geometric morphometrics and standard morphometry to discriminate three honeybee subspecies". *Apidologie* [En línea], 2008, vol. 39, no 5, p. 558-563. [Consulta: 25 enero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/apido:2008037>

TORCIDA, Sebastián; PEREZ, S. Ivan. "Análisis de Procrustes y el estudio de la variación morfológica". *Revista argentina de antropología biológica* [En línea], 2012, vol. 14, no 1, p. 131-141. [Consulta: 2 marzo 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1514-79912012000100012&script=sci_arttext&tlng=en

TORO IBACACHE, María Viviana; MANRIQUEZ SOTO, Germán; SUAZO GALDAMES, Iván. "Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa". *International Journal of Morphology* [En línea], 2010, vol. 28, no 4, p. 977-990. [Consulta: 22 marzo 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022010000400001>

TRADEMAP. List of exporters for the selected product (Miel natural). Trade Map [en línea]. 2021a [consulta:10 noviembre 2022]. Disponible en: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3||||0409||4|1|1|2|2|1|2|1|1|1

TRADEMAP. List of importers for the selected product (Miel natural). Trade Map [en línea]. 2021b [consulta:10 noviembre 2022]. Disponible en: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3||||0409||4|1|1|1|2|2|1|2|1|1|1

ULLOA, José Armando, et al. "La miel de abeja y su importancia". *CONACYT* [En línea], 2010. [Consulta: 8 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/437>

UNEP. Por qué las abejas son esenciales para las personas y el planeta. UNEP [en línea]. 2022 [consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/por-que-las-abejas-son-esenciales-para-las-personas-y-el-planeta>

Valido, A., Rodríguez-Rodríguez, M. C., & Jordano, P. (2019). Honeybees disrupt the structure and functionality of plant-pollinator networks. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.

VALIDO, Alfredo; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, María C.; JORDANO, Pedro. "Honeybees disrupt the structure and functionality of plant-pollinator networks". *Scientific reports* [En línea], 2019, vol. 9, no 1, p. 4711. [consulta: 19 febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41271-5>

VILLEGAS, M.; VENTURA, W. Modelo de empresa para producción y comercialización de miel de abeja en el departamento de San Miguel [En línea] (Trabajo de titulación) Universidad de El Salvador, El Salvador. 2020. [consulta: 2023-02-6]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22360/>

VOSSLER, Favio Gerardo. "Meliponas, abejas melíferas sin aguijón". *Ciencia Hoy* [En línea] 2019. [consulta: 21 marzo 2023]. ISSN: 1666-5171. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11336/100454>

YÁNIZ, Jesús, et al. "Caracterización de la abeja melífera en la provincia de Huesca". *Lucas Mallada* [En línea], 2016, p. 257-271. [consulta: 1 febrero 2023]. Disponible en: <https://revistas.iea.es/index.php/LUMALL/article/view/2637><https://revistas.iea.es/index.php/LUMALL/article/view/2637>

ZELDITCH, M., et al. "Geometric morphometrics for biologists: A primer: Elsevier Academic Press". *Waltham* [En línea], MA, 2004. [consulta: 7 marzo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-778460-1.X5000-5>


Ing. Sebastián Castillo



ANEXOS

ANEXO A: ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, Trigona silvestriana, Procrustes coordinates			
	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0.00027416	39.934	39.934
2.	0.00023399	34.084	74.017
3.	0.00005477	7.978	81.995
4.	0.00004292	6.252	88.248
5.	0.00002178	3.172	91.420
6.	0.00001467	2.137	93.557
7.	0.00001328	1.934	95.491
8.	0.00000820	1.194	96.685
9.	0.00000689	1.003	97.688
10.	0.00000445	0.649	98.337
11.	0.00000385	0.561	98.898
12.	0.00000327	0.477	99.374
13.	0.00000178	0.260	99.634
14.	0.00000106	0.155	99.789
15.	0.00000065	0.095	99.884
16.	0.00000042	0.061	99.946
17.	0.00000023	0.033	99.979
18.	0.00000015	0.021	100.000
Total variance: 0.00068653			

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, Lestrimelitta sp., Procrustes coordinates			
	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0.00016073	38.056	38.056
2.	0.00006040	14.300	52.357
3.	0.00005927	14.033	66.390
4.	0.00003549	8.402	74.792
5.	0.00002200	5.210	80.002
6.	0.00001788	4.234	84.235
7.	0.00001316	3.117	87.352
8.	0.00001207	2.859	90.211
9.	0.00000976	2.311	92.522
10.	0.00000938	2.221	94.743
11.	0.00000565	1.337	96.080
12.	0.00000506	1.198	97.278
13.	0.00000386	0.914	98.192
14.	0.00000317	0.750	98.942
15.	0.00000172	0.407	99.349
16.	0.00000130	0.309	99.658
17.	0.00000079	0.188	99.846
18.	0.00000038	0.089	99.935
19.	0.00000027	0.065	100.000
Total variance: 0.00042235			

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, Scaptotrigona mexicana, Procrustes coordinates			
	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0.00012464	34.655	34.655
2.	0.00009715	27.011	61.666
3.	0.00005940	16.514	78.180
4.	0.00002603	7.237	85.418
5.	0.00001995	5.547	90.965
6.	0.00001660	4.615	95.580
7.	0.00000947	2.633	98.213
8.	0.00000643	1.787	100.000
Total variance: 0.00035967			

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, Geotrigona mombuca, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0.00012419	35.601	35.601
2.	0.00006439	18.457	54.058
3.	0.00005478	15.704	69.762
4.	0.00003919	11.233	80.995
5.	0.00002507	7.187	88.183
6.	0.00001860	5.332	93.515
7.	0.00001520	4.357	97.872
8.	0.00000742	2.128	100.000

Total variance: 0.00034884

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, Oxytrigona mellicolor, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0.00035675	61.441	61.441
2.	0.00008916	15.356	76.797
3.	0.00007079	12.192	88.988
4.	0.00004286	7.381	96.370
5.	0.00002108	3.630	100.000

Total variance: 0.00058064

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, Plebeia sp., Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0.00128518	67.369	67.369
2.	0.00039418	20.663	88.032
3.	0.00007524	3.944	91.976
4.	0.00003600	1.887	93.863
5.	0.00003001	1.573	95.436
6.	0.00002648	1.388	96.824
7.	0.00002428	1.273	98.097
8.	0.00001644	0.862	98.959
9.	0.00001089	0.571	99.530
10.	0.00000454	0.238	99.768
11.	0.00000300	0.157	99.925
12.	0.00000143	0.075	100.000

Total variance: 0.00190767

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, Tetragonisca angustula, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0.00021566	66.509	66.509
2.	0.00010860	33.491	100.000

Total variance: 0.00032426

Principal Component Analysis: PCA: CovMatrix, Tetragona clavipes, Procrustes coordinates

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	0.00057348	54.283	54.283
2.	0.00016492	15.611	69.894
3.	0.00010025	9.489	79.384
4.	0.00006679	6.322	85.706
5.	0.00004389	4.154	89.860
6.	0.00002595	2.456	92.317
7.	0.00001920	1.817	94.134
8.	0.00001413	1.338	95.472
9.	0.00001234	1.168	96.639
10.	0.00001008	0.954	97.593
11.	0.00000835	0.790	98.383
12.	0.00000570	0.540	98.923
13.	0.00000414	0.391	99.315
14.	0.00000330	0.312	99.627
15.	0.00000147	0.139	99.766
16.	0.00000103	0.097	99.863
17.	0.00000083	0.078	99.942
18.	0.00000033	0.031	99.973
19.	0.00000028	0.027	100.000

total variance: 0.00105645

ANEXO B: ANÁLISIS DE VARIABLES CANÓNICAS

Canonical Variate Analysis: CVA ...

Dataset: |1

Classification criterion: From dataset

Groups	Observations
1.	Geotrigona mombuca 9
2.	Lestrimelitta sp. 20
3.	Oxytrigona mellicolor 6
4.	Plebeia sp. 13
5.	Scaptotrigona mexicana 9
5.	Tetragona clavipes 20
7.	Tetragonisca angustula 3
3.	Trigona silvestriana 19

Variation among groups, scaled by the inverse of the within-group variation

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	34.55765091	41.046	41.046
2.	20.41069856	24.243	65.288
3.	13.73360287	16.312	81.600
4.	8.62568024	10.245	91.845
5.	3.74460823	4.448	96.293
6.	2.40546018	2.857	99.150
7.	0.71564024	0.850	100.000

Mahalanobis distances among groups:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
2. Lestrimelitta sp.	14.4739						
3. Oxytrigona mellicolor	14.1598	13.4224					
4. Plebeia sp.	11.2683	13.0673	8.0840				
5. Scaptotrigona mexicana	11.4279	16.6952	15.2241	14.0157			
6. Tetragona clavipes	5.6553	14.3276	13.4103	10.1350	10.8823		
7. Tetragonisca angustula	24.4808	19.2095	22.6041	24.8197	22.2583	22.4710	
8. Trigona silvestriana	10.8651	15.4267	14.0942	12.1587	7.7051	11.1799	22.0147

Procrustes distances among groups:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
2. Lestrimelitta sp.	0.0475						
3. Oxytrigona mellicolor	0.0901	0.0897					
4. Plebeia sp.	0.0449	0.0483	0.0907				
5. Scaptotrigona mexicana	0.0724	0.0747	0.0527	0.0754			
6. Tetragona clavipes	0.0283	0.0544	0.1068	0.0407	0.0840		
7. Tetragonisca angustula	0.1022	0.0895	0.0737	0.1071	0.0714	0.1109	
8. Trigona silvestriana	0.0685	0.0678	0.0518	0.0615	0.0394	0.0824	0.0796

Canonical Variate Analysis: CVA ...

Dataset: 2

Classification criterion: From dataset

Groups	Observations
1. Geotrigona mombuca	9
2. Scaptotrigona mexicana	9
3. Tetragona clavipes	20
4. Trigona silvestriana	19

Variation among groups, scaled by the inverse of the within-group variation

	Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
1.	46.01922710	74.045	74.045
2.	8.96323055	14.422	88.467
3.	7.16752637	11.533	100.000

Mahalanobis distances among groups:

	1.	2.	3.
2. Scaptotrigona mexicana	14.6653		
3. Tetragona clavipes	8.2906	15.4118	
4. Trigona silvestriana	13.5131	8.5580	13.7132

Procrustes distances among groups:

	1.	2.	3.
2. Scaptotrigona mexicana	0.0724		
3. Tetragona clavipes	0.0283	0.0840	
4. Trigona silvestriana	0.0685	0.0394	0.0824

ANEXO C: ANALISIS DE FUNCIÓN DISCRIMINANTE Y VALIDACIÓN CRUZADA

<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Geotrigona mombuca -- Lestrimelitta sp.</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.04752779 Mahalanobis distance: 23.8085 F-square: 3518.3552, P-value (parametric): 0.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Geotrigona mombuca Group 2: Lestrimelitta sp. From discriminant function:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	20	20	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	20	20	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Geotrigona mombuca -- Oxytrigona mellicolor</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.09009113 Mahalanobis distance: 19.2168 F-square: 1329.4276, P-value (parametric): 0.2728</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Geotrigona mombuca Group 2: Oxytrigona mellicolor From discriminant function:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	6	6	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	6	6
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	20	20																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	20	20																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	6	6																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	6	6																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Geotrigona mombuca -- Oxytrigona mellicolor</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.09009113 Mahalanobis distance: 19.2168 F-square: 1329.4276, P-value (parametric): 0.2728</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Geotrigona mombuca Group 2: Oxytrigona mellicolor From discriminant function:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	6	6	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	6	6	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Geotrigona mombuca -- Plebeia sp.</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.04487551 Mahalanobis distance: 24.0580 F-square: 3078.0916, P-value (parametric): 0.2777</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Geotrigona mombuca Group 2: Plebeia sp. From discriminant function:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">13</td> <td style="text-align: center;">13</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">13</td> <td style="text-align: center;">13</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	13	13	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	13	13
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	6	6																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	6	6																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	13	13																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	13	13																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Geotrigona mombuca -- Scaptotrigona mexicana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.07242233 Mahalanobis distance: 14.1392 F-square: 899.6295, P-value (parametric): 0.3989</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Geotrigona mombuca Group 2: Scaptotrigona mexicana From discriminant function:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	9	9	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	8	1	9	Group 2	0	9	9	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Geotrigona mombuca -- Tetragona clavipes</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.02832798 Mahalanobis distance: 28.5936 F-square: 5074.7261, P-value (parametric): <.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Geotrigona mombuca Group 2: Tetragona clavipes From discriminant function:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td style="text-align: center;">9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	20	20	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	20	20
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	9	9																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	8	1	9																																																														
Group 2	0	9	9																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	20	20																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	20	20																																																														

<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ... Comparison: Geotrigona mombuca -- Tetragonisca angustula</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.10216496 Mahalanobis distance: 18.0293 F-square: 731.3746, P-value (parametric): 0.2807</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Geotrigona mombuca Group 2: Tetragonisca angustula From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	3	3	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	3	3	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function . Comparison: Geotrigona mombuca -- Trigona silvestriana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.06845292 Mahalanobis distance: 21.4846 F-square: 2818.9849, P-value (parametric): 0.0011</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Geotrigona mombuca Group 2: Trigona silvestriana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>7</td> <td>2</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>1</td> <td>18</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	19	19	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	7	2	9	Group 2	1	18	19
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	7	2	9																																																														
Group 2	1	18	19																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function Comparison: Lestrimelitta sp. -- Oxytrigona mellicolor</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.08974484 Mahalanobis distance: 32.2767 F-square: 4808.2505, P-value (parametric): 0.0096</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Lestrimelitta sp. Group 2: Oxytrigona mellicolor From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>19</td> <td>1</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	6	6	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	19	1	20	Group 2	1	5	6	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function Comparison: Lestrimelitta sp. -- Plebeia sp.</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.04832132 Mahalanobis distance: 30.8195 F-square: 7483.5864, P-value (parametric): <.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Lestrimelitta sp. Group 2: Plebeia sp. From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>13</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>13</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	13	13	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	13	13
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	6	6																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	19	1	20																																																														
Group 2	1	5	6																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	13	13																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	13	13																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ... Comparison: Lestrimelitta sp. -- Scaptotrigona mexicana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.07465026 Mahalanobis distance: 29.5792 F-square: 5430.6017, P-value (parametric): <.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Lestrimelitta sp. Group 2: Scaptotrigona mexicana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>1</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	9	9	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	1	8	9	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function .. Comparison: Lestrimelitta sp. -- Tetragonisca angustula</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.08948326 Mahalanobis distance: 56.8320 F-square: 8425.7650, P-value (parametric): 0.1787</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Lestrimelitta sp. Group 2: Tetragonisca angustula From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	3	3	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	3	3
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	9	9																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	1	8	9																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	3	3																																																														

<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function Comparison: Lestrimelitta sp. -- Trigona silvestriana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.06777486 Mahalanobis distance: 21.9698 F-square: 4702.9593, P-value (parametric): <.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Lestrimelitta sp. Group 2: Trigona silvestriana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	20	0	20	Group 2	0	19	19	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	20	0	20	Group 2	0	19	19	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function Comparison: Oxytrigona mellicolor -- Plebeia sp.</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.09067905 Mahalanobis distance: 12.1834 F-square: 609.3693, P-value (parametric): 0.4997</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Oxytrigona mellicolor Group 2: Plebeia sp. From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>13</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	6	0	6	Group 2	0	13	13	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	6	0	6	Group 2	3	10	13
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	6	0	6																																																														
Group 2	0	13	13																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	6	0	6																																																														
Group 2	3	10	13																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Oxytrigona mellicolor -- Scaptotrigona mexicana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.05274218 Mahalanobis distance: 23.1162 F-square: 1923.6926, P-value (parametric): 0.2284</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Oxytrigona mellicolor Group 2: Scaptotrigona mexicana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	6	0	6	Group 2	0	9	9	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	6	0	6	Group 2	0	9	9	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Oxytrigona mellicolor -- Tetragona clavipes</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.10678578 Mahalanobis distance: 38.4305 F-square: 6816.4888, P-value (parametric): 0.0058</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Oxytrigona mellicolor Group 2: Tetragona clavipes From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>2</td> <td>18</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	6	0	6	Group 2	0	20	20	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	5	1	6	Group 2	2	18	20
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	6	0	6																																																														
Group 2	0	9	9																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	6	0	6																																																														
Group 2	0	9	9																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	6	0	6																																																														
Group 2	0	20	20																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	5	1	6																																																														
Group 2	2	18	20																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Oxytrigona mellicolor -- Tetragonisca angustula</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.07367697 Mahalanobis distance: 9.1275 F-square: 166.6221, P-value (parametric): 0.3956</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Oxytrigona mellicolor Group 2: Tetragonisca angustula From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	6	0	6	Group 2	0	3	3	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	6	0	6	Group 2	2	1	3	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Oxytrigona mellicolor -- Trigona silvestriana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.05177877 Mahalanobis distance: 49.3102 F-square: 11087.6174, P-value (parametric): 0.0225</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Oxytrigona mellicolor Group 2: Trigona silvestriana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th></th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>2</td> <td>17</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	6	0	6	Group 2	0	19	19	True	Allocated to			Group	Group 1	Group 2	Total	Group 1	4	2	6	Group 2	2	17	19
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	6	0	6																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	6	0	6																																																														
Group 2	2	1	3																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	6	0	6																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to																																																																
Group	Group 1	Group 2	Total																																																														
Group 1	4	2	6																																																														
Group 2	2	17	19																																																														

<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function Comparison: Plebeia sp. -- Scaptotrigona mexicana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.07537497 Mahalanobis distance: 29.1064 T-square: 4505.4848, P-value (parametric): 0.2312</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Plebeia sp. Group 2: Scaptotrigona mexicana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	9	9	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	9	9	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function Comparison: Plebeia sp. -- Tetragona clavipes</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.04067537 Mahalanobis distance: 15.4007 T-square: 1868.6971, P-value (parametric): <.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Plebeia sp. Group 2: Tetragona clavipes From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>12</td> <td>1</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	20	20	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	12	1	13	Group 2	0	20	20
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	9	9																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	9	9																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	20	20																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	12	1	13																																																														
Group 2	0	20	20																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function Comparison: Plebeia sp. -- Tetragonisca angustula</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.10707767 Mahalanobis distance: 30.3948 T-square: 2251.8732, P-value (parametric): 0.2277</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Plebeia sp. Group 2: Tetragonisca angustula From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	3	3	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	3	3	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function Comparison: Plebeia sp. -- Trigona silvestriana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.06147208 Mahalanobis distance: 19.4189 T-square: 2910.7050, P-value (parametric): <.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Plebeia sp. Group 2: Trigona silvestriana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	19	19	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	19	19
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Plebeia sp. -- Trigona silvestriana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.06147208 Mahalanobis distance: 19.4189 T-square: 2910.7050, P-value (parametric): <.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Plebeia sp. Group 2: Trigona silvestriana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>13</td> <td>0</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	19	19	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	13	0	13	Group 2	0	19	19	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Scaptotrigona mexicana -- Tetragona clavipes</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.08398716 Mahalanobis distance: 19.0737 T-square: 2258.1090, P-value (parametric): 0.0004</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Scaptotrigona mexicana Group 2: Tetragona clavipes From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>7</td> <td>2</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>1</td> <td>19</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	20	20	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	7	2	9	Group 2	1	19	20
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	13	0	13																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	20	20																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	7	2	9																																																														
Group 2	1	19	20																																																														

<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Scaptotrigona mexicana -- Tetragonisca angustula</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.07139393 Mahalanobis distance: 18.9817 I-square: 810.6900, P-value (parametric): 0.2673</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Scaptotrigona mexicana Group 2: Tetragonisca angustula From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	3	3	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	3	3	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Scaptotrigona mexicana -- Trigona silvestriana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.03938846 Mahalanobis distance: 14.6856 I-square: 1317.1125, P-value (parametric): 0.0064</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Scaptotrigona mexicana Group 2: Trigona silvestriana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>9</td> <td>0</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>2</td> <td>17</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	9	0	9	Group 2	0	19	19	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	6	3	9	Group 2	2	17	19
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	9	0	9																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	6	3	9																																																														
Group 2	2	17	19																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Tetragona clavipes -- Tetragonisca angustula</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.11085987 Mahalanobis distance: 56.4042 I-square: 8299.3803, P-value (parametric): 0.1801</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Tetragona clavipes Group 2: Tetragonisca angustula From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	3	3	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	3	3	<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Tetragona clavipes -- Trigona silvestriana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.08240232 Mahalanobis distance: 18.5329 I-square: 3346.6128, P-value (parametric): <.0001</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Tetragona clavipes Group 2: Trigona silvestriana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>19</td> <td>1</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	20	0	20	Group 2	0	19	19	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	19	1	20	Group 2	0	19	19
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	3	3																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	20	0	20																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	19	1	20																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
<p>Discriminant Function Analysis 'Discriminant function ...' Comparison: Tetragonisca angustula -- Trigona silvestriana</p> <p>Difference between means: Procrustes distance: 0.07962568 Mahalanobis distance: 54.3232 I-square: 7645.8121, P-value (parametric): 0.1786</p> <p>Classification/misclassification tables Group 1: Tetragonisca angustula Group 2: Trigona silvestriana From discriminant function:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>0</td> <td>19</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table> <p>From cross-validation:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>True</th> <th colspan="2">Allocated to</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <th>Group</th> <th>Group 1</th> <th>Group 2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Group 1</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Group 2</td> <td>1</td> <td>18</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	3	0	3	Group 2	0	19	19	True	Allocated to		Total	Group	Group 1	Group 2		Group 1	2	1	3	Group 2	1	18	19																																	
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	3	0	3																																																														
Group 2	0	19	19																																																														
True	Allocated to		Total																																																														
Group	Group 1	Group 2																																																															
Group 1	2	1	3																																																														
Group 2	1	18	19																																																														



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 06 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Alina Tatiana Lalangui Bustamante
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Zootecnia
Título a optar: Ingeniera Zootecnista
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



1015-DBRA-UTP-2023