



UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

Facultad de Ciencias de la Vida

Ingeniería en Ecosistemas

***Composición de géneros y morfometría geométrica de
abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de
meliponarios de los Cantones Tena y Archidona, Napo.***

Karen Vanessa Bonilla Farinango

2021, ciudad de Tena, Napo, Ecuador.

Declaración de derecho de autor, autenticidad y responsabilidad

Tena, 26 de agosto de 2021

Yo, Karen Vanessa Bonilla Farinango con documento de identidad N° 1725525222, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título de Ingeniera en Ecosistemas son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en la presente investigación son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,

Atentamente,

Firma:



Karen Vanessa Bonilla Farinango

Certificado de dirección de trabajo de integración curricular

Certifico que el trabajo de integración curricular titulado: “Composición de géneros y morfometría geométrica de abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de meliponarios de los Cantones Tena y Archidona, Napo” en la modalidad de: Trabajo de Integración Curricular – Proyecto de investigación en formato de tesis, fue realizado por: Karen Vanessa Bonilla, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Tena, 08 de octubre de 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:

**JONATHAN
LIRIA**

.....
Jonathan Liria Salazar
C.I.:1757595788

Agradecimientos

A la Universidad Regional Amazónica Ikiam y todas las personas que han sido parte de mi formación académica de pregrado, profesores, compañeros y amigos, por llenarme de lecciones y alegría en esta etapa de mi vida. En especial a mi tutor PhD. Jonathan Liria por otorgarme su tiempo y conocimiento, y por demostrarme a pesar de la distancia su profundo apoyo y confianza en mí.

A los meliponicultores; Bryan, Uli y Jaime, por permitirme trabajar con ellos y estar pendientes de todo el proceso de mi investigación.

Dedicatoria

A mis padres, que han sido el pilar fundamental de mi vida; ellos que con su sacrificio, esfuerzo y amor incondicional me han apoyado. A mis hermanas, que sin notarlo me dieron alegría en los momentos difíciles y fueron mi motivación. A toda mi familia, que sin importar la distancia me acompañaron con cariño en cada paso de mi carrera de pregrado. Gracias por estar a mi lado en todo momento, por confiar en mí y darme las fuerzas y el ánimo necesarios para continuar afrontando cada desafío en mi vida. Con ustedes a mi lado, estoy completa.

A Ana Farinango y Carmen Farinango, a quienes llevo en mi corazón. Ellas fueron esenciales en mi infancia, despertando mi curiosidad por la naturaleza y los ecosistemas.

A mis amigos, por todas las risas y el apoyo incondicional.

Índice general

Declaración de derechos de autor	ii
Certificado de dirección del trabajo de integración curricular	iii
Aprobación del tribunal	iv
Agradecimientos	v
Dedicatoria	vi
Índice general	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
1. Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del Problema	5
1.3. Justificación de la investigación	7
1.4. Preguntas de investigación	8
1.5. Hipótesis	8
1.6. Objetivos de la investigación	9
1.6.1. General	9
1.6.2. Específicos	9
2. Capítulo II: Marco metodológico	9
2.1. Sitio de estudio	9
2.2. Recolección de especímenes	10
2.3. Montaje e identificación taxonómica morfológica	11
2.4. Análisis morfométrico	13
2.4.1. Adquisición de fotografías	13

2.4.2.	Toma de puntos anatómicos de referencia	14
2.4.1.	Procesamiento de datos.....	15
3.	Capítulo III: Presentación de datos y resultados.....	16
3.1.	Descripción morfológica de los especímenes recolectados en meliponarios.....	16
3.1.1.	Género <i>Melipona</i>	16
3.1.2.	Género <i>Tetragonisca</i>	19
3.1.3.	Género <i>Paratrigona</i>	20
3.1.4.	Género <i>Nannotrigona</i>	22
3.1.5.	Género <i>Scaura</i>	23
3.1.6.	Género <i>Plebeia</i>	24
3.2.	Análisis Morfométrico.....	25
3.2.1.	Tamaño del centroide	25
3.2.2.	Configuración alar de las morfoespecies recolectadas en meliponarios	26
4.	Capítulo IV: Interpretación y discusión	29
4.1.	Composición taxonómica de las morfoespecies recolectadas en meliponarios.....	29
4.1.	Morfometría geométrica.....	30
4.1.1.	Tamaño del ala	30
4.1.2.	Variación de la forma del ala.....	31
5.	Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	33
6.	Referencias.....	35
7.	Anexos	42

Índice de tablas

Tabla 1. Listado de PAR utilizados para describir la configuración alar de las morfoespecies.....	14
Tabla 2. Distancias de Mahalanobis promedio del MANOVA realizado entre morfoespecies.....	28
Tabla 3. Clasificación de los 127 especímenes <i>a priori</i> y <i>a posteriori</i> obtenidas en el AVC/MANOVA.	28
Tabla 4. Base de datos digital con información sobre los individuos, recolección e identificación.....	44
Tabla 5. Proporción de representación de los PAR dado por los dos primeros componentes principales PC1 y PC2	44

Índice de figuras

Figura 1. Diagramas del ala anterior de abejas Apini (A y B) y Meliponini (C y D). A, ala anterior derecha de <i>Apis mellifera</i> mostrando el detalle de la venación y su terminología. B, ala anterior derecha de <i>Apis mellifera</i> mostrando la terminología usada para referirse a las células. C, ala anterior derecha de <i>Meliponula (Meliponula) bocandei</i> mostrando el detalle de la venación y su terminología. D, ala anterior derecha de <i>Meliponula (Meliponula) bocandei</i> mostrando la terminología usada para referirse a las células. Abreviaturas: C, costal; R, radial; M, mediana o basal; Rs, rama posterior de la vena radial (sector radial); R1, rama anterior de la vena radial; Cu, cubital; Cu1, primera cubital; V, vanal.	4
Figura 2. Pasos del Análisis Generalizado de Procrustes ejemplificado en el cuerpo de Ceroglossus. A, escalamiento a un mismo tamaño de centroide. B, traslación a un centroide común. C, rotación para minimizar la suma de distancias cuadradas entre los hitos correspondientes.....	5
Figura 3. Ubicación de los sitios de recolecta. Los sitios de recolecta se ubicaron en las cercanías de las ciudades de Tena y Archidona. Las dos localidades que se aprecian en la parte inferior del mapa se encuentran la Parroquia Tena, y en la parte superior del mapa se observa otra localidad en la Parroquia Archidona.....	10
Figura 4. Técnicas utilizadas en el montaje de las abejas recolectadas. A, imagen del montaje directo, el alfiler se encuentra al lado derecho del tórax. La ilustración es una representación de <i>Melipona</i> . B, montaje en punto, el alfiler se encuentra atravesando un trozo de cartón cortado en forma triangular. La ilustración es una representación de <i>Plebeia</i>	12
Figura 5. Vista lateral de una obrera de Apide mostrando el detalle de las estructuras morfológicas. Fuente: Elaboración propia basada en diagramas de los trabajos de Silveira et al. 2002 y Álvarez 2015 [3,55].	13
Figura 6. Ala anterior de Meliponini mostrando los PAR que se utilizaron para estudiar la conformación de dicha estructura. Fuente: Elaboración propia, para el ala de <i>Meliponula (Meliponula) bocandei</i> , basada en el diagrama presentado por Prado-Silva et al. 2016 [39].	14
Figura 7. Obrera de Melipona Melikerria sp. A, cabeza en vista frontal. B, mesosoma en	

vista dorsal. C , vista lateral con enfoque en el mesosoma. D , vista lateral con enfoque en el metasoma. E , metasoma en vista dorsal.....	17
Figura 8. Obrera de Melipona (Michmelia) sp1. A , cabeza en vista frontal. B , mesosoma en vista dorsal. C , vista lateral con enfoque en el mesosoma. D , vista lateral con enfoque en el metasoma. E , metasoma en vista dorsal.....	18
Figura 9. Obrera de Melipona (Michmelia) sp2. A , cabeza en vista frontal. B , mesosoma en vista dorsal. C , vista lateral con enfoque en el mesosoma. D , vista lateral con enfoque en el metasoma. E , metasoma en vista dorsal.....	19
Figura 10. Obrera de Tetragonisca sp. A , cabeza en vista frontal. B , mesosoma en vista dorsal. C , vista dorsal. D , vista lateral.....	20
Figura 11. Obrera de Paratrigona sp. A , cabeza en vista frontal. B , mesosoma en vista dorsal. C , vista dorsal. D , vista lateral.....	21
Figura 12. Obrera de Nannotrigona sp. A , cabeza en vista frontal. B , mesosoma en vista dorsal. C , vista lateral con enfoque en el mesosoma. D , vista lateral con enfoque en el metasoma. E , metasoma en vista dorsal.....	23
Figura 13. Obrera de Scaura sp. A , cabeza en vista frontal. B , mesosoma en vista dorsal. C , vista lateral. D , vista dorsal.	24
Figura 14. Obrera de Plebeia sp. A , cabeza en vista frontal. B , mesosoma en vista dorsal. C , vista dorsal. D , vista lateral.	25
Figura 15. Diagrama de cajas y bigotes mostrando el tamaño centroide de las ocho morfoespecies recolectadas en meliponarios de las parroquias Tena y Archidona. 1, Melipona (Melikerria) sp. 2, Melipona (Michmelia) sp1. 3, Melipona (Michmelia) sp2. 4, Tetragonisca sp. 5, Paratrigona sp. 6, Nannotrigona sp. 7, Scaura sp. I, Plebeia sp.	26
Figura 16. Análisis de Componentes Principales, representando las rejillas de deformación más representativas. Análisis de componentes principales con rejillas consenso de las morfoespecies: Melipona (Melikerria)sp, Paratrigona sp y Scaura sp.	27
Figura 17. Análisis de Variables Canónicas para los 127 individuos.	27
Figura 18. Rejillas de deformación consenso para cada morfoespecie con respecto a la forma consenso general	45

Índice de anexos

Anexo 1. Autorización de recolección de especímenes de especies de diversidad biológica	42
Anexo 2. Glosario.....	43
Anexo 3. Información de la recolección de los individuos	44
Anexo 4. Proporción de representación de varianza del Análisis de Componentes Principales.....	44
Anexo 5. Rejillas de deformación de las ocho morfoespecies con respecto a la forma consenso	45

Diversidad de géneros y morfometría geométrica de abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de meliponarios del Cantón Tena, Napo

Resumen

Las abejas nativas sin aguijón (ANSA), Meliponini, son las únicas abejas sociales que producen miel, además de las abejas melíferas, Apini. Debido a su extendida presencia en Latinoamérica, las ANSA han sido manejadas en la meliponicultura, así como para la polinización de cultivos. La meliponicultura puede generar información importante para la conservación de este grupo, pero se ve limitada por la falta de conocimiento sobre el mismo. Tradicionalmente la identificación de géneros, subgéneros o especies, se hace en base a características morfológicas, sin embargo, las alas de las ANSA pueden ser usadas como parte de la identificación a través de herramientas como la morfometría geométrica. En consecuencia, el objetivo fue conocer la composición de géneros y morfoespecies de ANSA usadas en meliponarios, a partir de la morfología tradicional y morfometría geométrica. Se analizaron un total de 127 individuos que fueron divididos en seis géneros: *Melipona (Melikerria) sp*, *Melipona (Michmelia) sp1*, *Melipona (Michmelia) sp2*, *Tetragonisca sp*, *Paratrigona sp*, *Nannotrigona sp*, *Scaura sp*, y *Plebeia sp*. En este trabajo se evidencia la importancia de la morfometría geométrica en la discriminación de géneros a través de los cambios en la venación alar. Los cambios en la forma más importantes se ubicaron en la intersección de las venas: cubital (Cu) y cubital 1 (Cu1); radial (R) y rama posterior de la vena radial (Rs); mediana o basal (M) y rama posterior de la vena radial (Rs) e intersección entre el estigma y la rama posterior de la vena radial (Rs).

Palabras claves: *Scaura*, *Plebeia*, procrustes, venación alar, meliponicultura

***Genus diversity and geometric morphometry of native stingless bees (Apidae:
Meliponini) of meliponarians, Cantón Tena, Napo.***

Abstract

Native stingless bees, Meliponini, are the only social bees that produces honey in addition to honey bees, Apini. Due to their widespread presence in Latin America, Native stingless bees have been managed in meliponiculture, as well as for the pollination of crops. Meliponiculture is able to generate important information for the conservation of this bees, but it is limited by the lack of knowledge. Traditionally the identification of genera, subgenera, or species are made based on morphological characteristics, however, the native stingless bees wings can be used as part of the identification trough tools such as geometric morphometry. Consequently, the goal was to know the composition of genera and morphospecies of native stingless bees used in meliponarians, based traditional morfology and geometric morphometry. A total of 127 individuals were analysed that were grouped into six genera: *Melipona (Melikerria) sp*, *Melipona (Michmelia) sp1*, *Melipona (Michmelia) sp2*, *Tetragonisca sp*, *Paratrigona sp*, *Nannotrigona sp*, *Scaura sp*, *y*, *Plebeia sp*. This investigation shows the importance of geometric morphometry in genus discrimination trough changes in wing venation. The most important changes are located at the vein intersection: cubital y cubital 1 (Cu + Cu1); posterior margin of marginal cell (r and Rs); basal and posterior marginal cell (M and Rs).

Key words: *Scaura*, *Plebeia*, procrustes, wing vein, meliponiculture

1. Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación

1.1. Antecedentes

Las abejas nativas sin aguijón (ANSA), Meliponini, son parte del grupo de las abejas corbiculadas (Apidae: Apinae), se diferencian del resto de abejas de esta subfamilia debido a la gran reducción en la venación de sus alas anteriores, tener uñas simples, la presencia de penicilio y presentar una línea de pelos gruesos a modo de peine en el margen distal de las tibias posteriores [1–3]. Adicionalmente, las hembras poseen un aguijón modificado y reducido, que no es funcional [4,5]. Las Meliponini, son las únicas abejas sociales que producen miel, además de las abejas melíferas, Apini [4,6,7]. Se estima que existen alrededor de 50 veces más especies de Meliponini que de Apini [5,8,9].

Las abejas Meliponini, son probablemente las más abundantes en el planeta [2]. Se distribuyen en zonas tropicales y subtropicales, por lo que pueden ser encontradas en América, Asia, Australia y África [6,10,11]. Han sido registradas a nivel mundial 556 especies de ANSA, distribuidas en 61 géneros; aunque el número de especies real parece ser superior a 800, incluyendo aquellas que no se han descrito [6,8,12,13]. Se cree que son más abundantes, y por tanto, más diversas en la región Neotropical [1,2,10,11,14]. Existen cerca de 400 especies distribuidas en 32 géneros, desde Argentina hasta el norte de México, lo que representa el 75% del total especies descritas a nivel mundial [1,3,11,14–16]. Debido a esto, se considera que son un grupo clave para el funcionamiento de los ecosistemas pertenecientes a esta región, siendo polinizadoras de aproximadamente el 80% de las plantas nativas tropicales [7,9,17].

Como las abejas de miel Apini, las ANSA viven en colonias permanentes con una reina, obreras (hembras) y zánganos (machos) [7,8,10,11]. Estas colonias pueden contener desde unas pocas docenas hasta más de 100.000 obreras, y varios cientos de machos [7,10]. Prefieren vivir en lugares seguros y apropiados para su supervivencia debido a que son severamente influenciadas por los factores físicos de su ambiente, y que por las reinas incapaces de volar, no abandonan su nido [8,10]. La mayoría de ANSA viven en zonas cálidas y son más activas en días soleados que en días nublados, aunque esto cambia dependiendo de la especie [10]. De igual manera, los hábitos de anidación son muy diferentes entre las

especies, por lo que han sido usados como herramienta para su identificación [5,7,9]. Usan diferentes materiales para la construcción del nido, la mayoría de especies emplean madrigueras abandonadas y cavidades en troncos y en el suelo, mientras que otras prefieren árboles vivos para hacer nidos expuestos [4,10,15,18]. La composición y textura del nido difiere en diferentes partes del mismo [5,7]. Estas abejas, al no tener la capacidad de emplear la picadura como defensa, tienen varias maneras de proteger sus colonias contra amenazas de depredadores, intrusos y parásitos, como: mordeduras, propóleo para cerrar los nidos y abejas de guardia aérea [7,10,12].

Las ANSA pueden ser manejadas para producir miel, cerumen y propóleos, así como para la polinización de cultivos [1,10]. Desde los grupos originarios de América las ANSA han sido criadas artesanalmente en cajas de madera, troncos o colmenas prediseñadas para la extracción de productos (meliponicultura), e incluso, ocuparon un espacio mítico, simbólico y cosmológico [1,4,6,19]. Por lo tanto, los pueblos indígenas son los que más han interactuado con las ANSA, siendo usadas tradicionalmente como fuente de edulcorante natural, y en la etnomedicina [16,17,20].

En Sudamérica, la mayoría de los grupos indígenas explotaban a las abejas en su entorno natural y en nidos naturales mantenidos cerca de sus hogares [17]. El apareamiento de la meliponicultura reemplazó la extracción destructiva directa de los nidos, contribuyendo a la polinización y a la estabilidad del ecosistema [11]. Gracias al resurgimiento y expansión de la meliponicultura, actualmente las ANSA están siendo aprovechadas en México, Perú, Brasil, Venezuela, Costa Rica, Colombia, Bolivia y Guatemala; y algunas especies son de aprovechamiento *in situ*, por cazadores de miel y pobladores locales [1,4,21]. Adicionalmente, la meliponicultura se asocia a una gran cantidad de prácticas y saberes ancestrales que marcan la relación entre los aspectos socio-culturales y biofísicos [4,22].

En el Ecuador existen estudios sobre la presencia de ANSA desde las décadas de 1980 y 1990. El primer reporte registrado de la presencia de abejas de la tribu Meliponini se dio en Guayaquil, donde se señala la presencia de *Melipona mimetica* en 1913 [16,23]. Setenta años después de este hallazgo, en 1986, se realizó un inventario basado en varias zonas tropicales del país, donde reportaron 73 especies [16,18,24]. Seguidamente, en el año

2004, se registraron 51 especies para las provincias de El Oro, Loja y Zamora [16,25]. Luego, en el año 2014, se documentaron en la Región Sur del país 89 especies incluidas en 17 géneros [19]. Finalmente, la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, registró 100 especies de Meliponini en el año 2018 [18,19,26].

En cuanto a la meliponicultura en Ecuador, en 2006, se publicó la primera guía para el manejo de Meliponini enfocado a la especie *Melipona indescisa* [18]. Y, en 2009, se publicó una guía en donde se detalla la instalación de un meliponario para el manejo de *Melipona mimetica* [27]. A continuación, en el 2014 se indicó para el sur del país, principalmente en la provincia de Loja, varias especies comúnmente empleadas para la producción de mieles: *Melipona mimetica*, *Melipona indecisa*, *Melipona eburnea*, *Melipona rufiventris*, *Scaptotrigona postica*, *Nannotrigona* sp., *Tetragonisca* sp., y *Paratrigona eutaeniata* [19]. Posteriormente, en 2015 se indica para la provincia de El Oro: *Melipona mimetica*, *Melipona indecisa*, *Cephalotrigona capitata*, *Geotrigona fumipennis*, *Oxytrigona mellicolor*, *Paratrigona aff. Eutaeniata*, *Scaptotrigona* sp. cf. *postica*, *Scaptotrigona* sp., *Scaptotrigona ederi*, *Trigona fulviventrís*, *Trigona matera* y *Trigonisca* sp. [28]. Respecto a la región costa, en la provincia de Esmeraldas se ha registrado desde 2016 el uso de miel producida por *Tetragonisca angustula* [29]. Y en el oriente, para 2017, se señaló el uso de: *Geotrigona leucogastra*, *Melipona grandis* y *Scaptotrigona ederi* [30].

Los métodos tradicionales de identificación taxonómica incluyen el uso de claves dicotómicas y el conocimiento morfológico del grupo a identificar, donde se usan características fenotípicas de las abejas, y, las longitudes y distancias entre las mismas (longitud de las antenas, longitud de las alas, ancho de la cara, entre otros) [31–33]. En este sentido, otras herramientas como el análisis de isoenzimas, polimorfismos de ADN mitocondrial, hidrocarburos cuticulares y ADN nuclear, requieren de conocimiento, al menos básico, sobre la taxonomía y personal capacitado [31,32]. Por otro lado, varios estudios sugieren que la cuantificación fenotípica mediante la caracterización del ala en insectos, en particular en himenópteros, podrían ser útiles en el reconocimiento a distintos niveles taxonómicos como complemento para las claves dicotómicas [32,33].

Las alas de las ANSA pueden ser usadas como parte de la identificación de especies dado que la nervadura del ala anterior se reduce [2,3]. Generalmente, la célula marginal se

abre apicalmente o las partes distales de las venas son más estrechas que las partes basales, cerca del estigma. El estigma del ala es de grande a moderado y la vena R1 surge cerca de la mitad del mismo, el prestigma es corto o casi ausente, la segunda vena recurrente 2r-m está ausente. Finalmente, las primera y segunda células submarginales, generalmente son irreconocibles ya que están débilmente definidas (Figura 1B y 1D) [7].

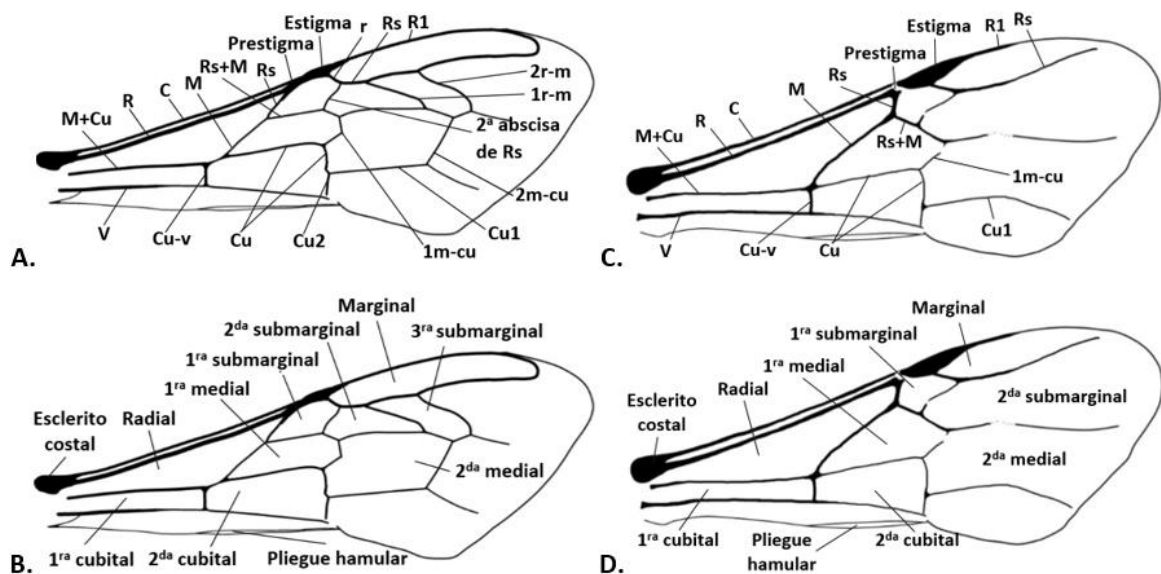


Figura 1. Diagramas del ala anterior de abejas Apini (A y B) y Meliponini (C y D). A, ala anterior derecha de *Apis mellifera* mostrando el detalle de la venación y su terminología. B, ala anterior derecha de *Apis mellifera* mostrando la terminología usada para referirse a las células. C, ala anterior derecha de *Meliponula (Meliponula) bocandei* mostrando el detalle de la venación y su terminología. D, ala anterior derecha de *Meliponula (Meliponula) bocandei* mostrando la terminología usada para referirse a las células. **Abreviaturas:** C, costal; R, radial; M, mediana o basal; Rs, rama posterior de la vena radial (sector radial); R1, rama anterior de la vena radial; Cu, cubital; Cu1, primera cubital; V, vanal.

Fuente: Elaboración propia, diagramas basados en homólogos presentados en los trabajos de Michener 2007 y Álvarez 2015 [3,7]

Una de las técnicas importantes que usa el análisis del ala de los Hymenoptera como herramienta complementaria a la identificación de especies, es el análisis de morfometría geométrica (MG) [34]. La MG puede definirse generalmente como el estudio cuantitativo de la forma de los individuos tras remover efectos de escala, traslación y rotación [35]. Para eliminar estas variables se hace uso del Análisis Generalizado de Procrustes, que usando el criterio de mínimos cuadrados elimina los efectos de escala, rotación y traslación, haciendo que las configuraciones geométricas se superpongan (Figura 2) [36].

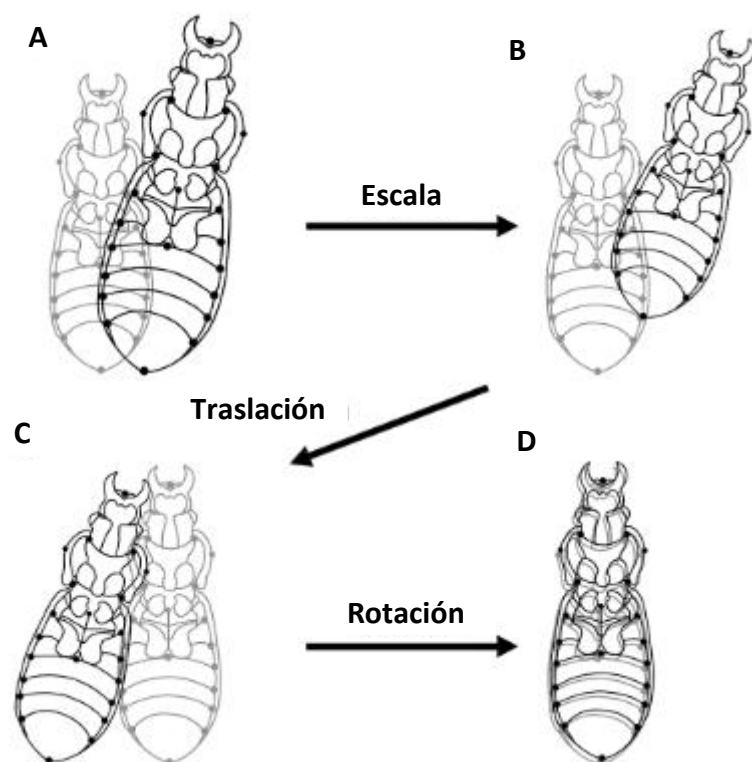


Figura 2. Pasos del Análisis Generalizado de Procrustes ejemplificado en el cuerpo de *Ceroglossus*. A, escalamiento a un mismo tamaño de centroide. B, traslación a un centroide común. C, rotación para minimizar la suma de distancias cuadradas entre los Puntos Anatómicos de Referencia (PAR).

Fuente: Tomada de Benítez, 2014 [35].

La MG se combina con técnicas de estadística multivariable para el análisis de coordenadas de Puntos Anatómicos de Referencia (PAR), también llamados *landmark*, basados en puntos homólogos; que proporcionan un resultado cuantificable de las diferencias de la forma [34,35,37]. Con estos resultados nos es posible discriminar y separar grupos de abejas a través de sus formas. La identificación basada en el patrón de venación de las alas ha sido documentada por diferentes autores como ayuda en la caracterización de poblaciones y diferenciación de especies ya que es una fuente de caracteres diagnósticos [14,38–41]. En este sentido, varios estudios han mostrado la aplicación de MG como un método eficiente de diferenciación entre varios taxones de abejas estrechamente relacionados [31,34,37,38].

1.2. Planteamiento del Problema

En Órdenes de insectos megadiversos como Hymenoptera, y en particular en grupos

como ANSA, resulta complejo establecer el número real de especies existentes, en particular cuando hay en el grupo especies muy similares morfológicamente, se presentan razas geográficas, y los estudios faunísticos son escasos [7,42]. El hecho de que los estudios moleculares y específicos sean complejos y costosos, también aporta en el aumento de la dificultad en establecer el número de especies [31,32]. A pesar de las numerosas investigaciones sobre la disminución de abejas alrededor del mundo, el estatus de las poblaciones en algunas especies de ANSA es ignorado [43]. A esto se le suma que, la diversidad de ANSA es poco conocida y se encuentra en constante riesgo de disminución.

Las ANSA no son capaces de realizar migraciones como otros insectos, por lo que, se restringen a condiciones ecológicas y regiones determinadas [5,9]. Esto ha hecho que lleguen a ser motivo de preocupación, ya que, son más sensibles a alteraciones producidas por las prácticas agropecuarias y forestales, que provocando destrucción y fragmentación del hábitat, podrían causar la extinción de especies [5,6,9,17,19]. También están siendo amenazadas por las prácticas extractivistas y el manejo inadecuado de pesticidas, que usualmente destruyen las colonias silvestres [10,11]. Además, a nivel comercial y ecológico, las ANSA compiten con las abejas del género *Apis* [5,8,25].

Las abejas del género *Apis* se adaptan rápidamente a los nuevos hábitats, se dispersan, usan los recursos de manera eficiente y se reproducen rápidamente; adicionalmente, las ANSA producen menos miel y por ello reciben menos importancia. Estimaciones de cálculos basados en poblaciones de colonias, reservas de alimentos y rango de vuelo, demostraron que, si las abejas exóticas Apini persisten a una densidad de una colonia por km², las colonias de algunas especies de abejas sin aguijón pueden desaparecer después de 10 años [9].

El conocimiento existente sobre estas abejas, su diversidad taxonómica y la meliponicultura, es antiguo, poco extenso, disperso o con acceso limitado [4,11,20]. La práctica de su crianza desafortunadamente está en proceso de desaparición; este proceso comenzó con la introducción de las abejas exóticas que causó una disminución constante de la meliponicultura desde el siglo XVI [2,17,19]. La biología de este grupo y su manejo no han sido aprovechados, a pesar del potencial de producción de miel y otros productos, su importancia no es reconocida [11,19].

Todos estos factores han hecho que en las últimas décadas se presente un renovado interés por ampliar el conocimiento acerca de estas abejas [4]. En el país, el conocimiento y manejo de las ANSA es aún fragmentado e incipiente [16]. Se presenta una falta de conocimiento básico faunístico, tecnología e interés sobre la meliponicultura, recolección y procesamiento [11,19]. Por lo que, hasta el momento, existen pocos trabajos faunísticos, y muy poco se ha explorado sobre el manejo de estas abejas en la Amazonía ecuatoriana [16].

1.3. Justificación de la investigación

Las ANSA son importantes ecológica, económica, cultural, religiosa y mitológicamente [10,11,17]. En muchas áreas de la Amazonía las Meliponini son las abejas más comunes y por tanto cumplen un importante rol en la polinización, tanto para cultivos como para plantas silvestres (que muchas veces tienen especificidad de polinizador) [2,7,9,11,15–19,25]. Su rol en la polinización contribuye a calidad y cantidad de la producción de frutos y semillas que aportan a la provisión de alimento para la fauna silvestre y poblaciones humanas [10,15]. Tienen relaciones con la flora de bosques nativos, que son importantes para mantener el equilibrio y funcionamiento del ecosistema [15,44]. Son usadas como bioindicadores de calidad ecosistémica [16,45]. Su miel y propóleo, que se conocen por tener propiedades antibióticas y antioxidantes, se han aprovechado como tratamiento para algunas enfermedades [9–11,16].

En los pueblos indígenas la miel de ANSA ha sido considerada como un producto de alto valor por sus propiedades medicinales, alimenticias y por su utilización en rituales, pasando a tener una importancia simbólica, mítica y cosmológica [4,16,17]. En estos pueblos la miel es considerada como un remedio importante para el tratamiento de afecciones oculares, respiratorias y gástricas; se ha reportado que es usada también para el tratamiento de infecciones e inflamaciones, tuberculosis, tos, malaria, estreñimiento, asma, amigdalitis y candidiasis oral [11,16]. Al igual que la miel, el propóleo es considerado un antibiótico natural, por lo que se ha cosechado para curar heridas e infecciones en el cuerpo, regular la presión arterial y estimular el sistema inmunológico [10]. Debido a esto, la venta de miel y propóleo, pueden ser utilizadas como una alternativa económica orientada al mercado para los pueblos indígenas y otras sociedades tradicionales [9].

En Brasil, México y Australia se ha visto una tendencia hacia el desarrollo de la meliponicultura comercial y a gran escala, aunque está más avanzada y tiene una historia más larga en los países pertenecientes al Neotrópico, debido a la abundancia de especies en la región [4,9,11]. La meliponicultura puede generar información importante sobre conservación, pero, para poder utilizarla es necesario tener un mejor conocimiento específico (científico y técnico) sobre las poblaciones de Meliponini e incrementar la investigación alrededor de este tema [1,4,9,11]. Esto, con el fin de definir estrategias que puedan ayudar en su conservación y manejo, para de esta manera, garantizar la supervivencia de estas especies [19].

Para que la meliponicultura ayude a la conservación de las ANSA y a su manejo en la polinización es esencial expandir el conocimiento de las especies, su distribución y biología, así como identificar a las que se usan con el fin de extracción de productos [1]. Las Meliponini son muy diversas, por lo que herramientas cuantitativas como la morfometría geométrica podrían complementar los estudios taxonómicos que permitan la identificación de especies [31,37,38].

1.4. Preguntas de investigación

¿Cuáles son los géneros y subgéneros de Meliponini que están siendo utilizadas para la extracción de miel en los Cantones Tena y Archidona?

¿Existen diferencias fenotípicas en el ala anterior derecha de los individuos, que nos permitan diferenciarlos a distintos niveles taxonómicos (género, subgénero, e inclusive especie)?

1.5. Hipótesis

La composición de géneros de abejas nativas sin aguijón utilizadas en meliponarios de los Cantones Tena y Archidona, estarán representados por *Melipona*, *Geotrigona*, *Scaptotrigona*, *Tetragonisca*, y *Paratrigona*, los cuales corresponden a taxones comúnmente empleados para el aprovechamiento de miel y otros recursos. De igual forma, respecto a la morfometría geométrica, la información contenida en la arquitectura alar permitirá la discriminación a nivel de género y morfoespecies de Meliponini.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. General

Conocer la composición de géneros y morfoespecies de las abejas nativas sin aguijón recolectadas en meliponarios en los Cantones Tena y Archidona, a partir de la morfología tradicional y utilizando herramientas de la morfometría geométrica.

1.6.2. Específicos

1. Realizar análisis morfológicos en los especímenes usados para la extracción de miel en el Cantón Tena.
2. Describir cuantitativamente mediante puntos anatómicos homólogos y análisis estadísticos las diferencias fenotípicas de forma del ala anterior de las morfoespecies encontradas.
3. Describir características morfométricas alares diagnósticas que permitan la identificación de los géneros usados para la extracción de miel en el Cantón Tena.

2. Capítulo II: Marco metodológico

2.1. Sitio de estudio

Los Cantones Tena y Archidona se encuentran ubicados en la Región Amazónica, en la provincia del Napo, Ecuador, a tres horas y media en vehículo de la ciudad de Quito. Estos, contemplan un rango de altura que van desde los 500 hasta 4.840 msnm; en la parte baja la temperatura fluctúa entre los 26°C, con precipitaciones anuales de hasta 4.000 mm. En el Cantón Tena, el 81,25% de la superficie (316.668,64 ha), está considerada como zona de vegetación natural no alterada; 65,15% representa bosque nativo y el 14,84% a vegetación arbustiva y herbácea [46]. Mientras que, en el Cantón Archidona el 84,19% de la superficie (257.268,41 ha) es vegetación natural; el 56,79% representa bosque nativo y el 27,40% representa vegetación arbustiva y herbácea [47].

Las características de los Cantones hacen que estos tengan una privilegiada distribución de ecosistemas, que provee hábitats para una gran diversidad de especies de flora y fauna, misma que aumenta bajo la cota de 800 msnm. Adicionalmente, se ha identificado la

presencia de especies de flora endémicas en las áreas naturales protegidas para la cuenca del río Napo [46,47]. Estas características convierten estos Cantones en un lugar propicio para la presencia de Meliponini, especialmente en las zonas de más alta diversidad.

Las recolectas de ANSA se realizaron en tres sitios que difieren en altitud, dos en el Cantón Tena y uno en el Cantón Archidona: La comunidad de Aguapungo (-0.96953 latitud Sur y -77.80451 longitud Oeste; -0.97071 latitud Sur, -77.80772 longitud Oeste), junto a la ciudad de Tena, ubicada a 500 msnm; y en la ciudad Archidona (-0.90309 latitud Sur, -77.80269 latitud Oeste), ubicada 600 msnm. Estos sitios comparten el río Misahuallí y están separados por aproximadamente 6 Km de distancia (Figura 3Figura 3).

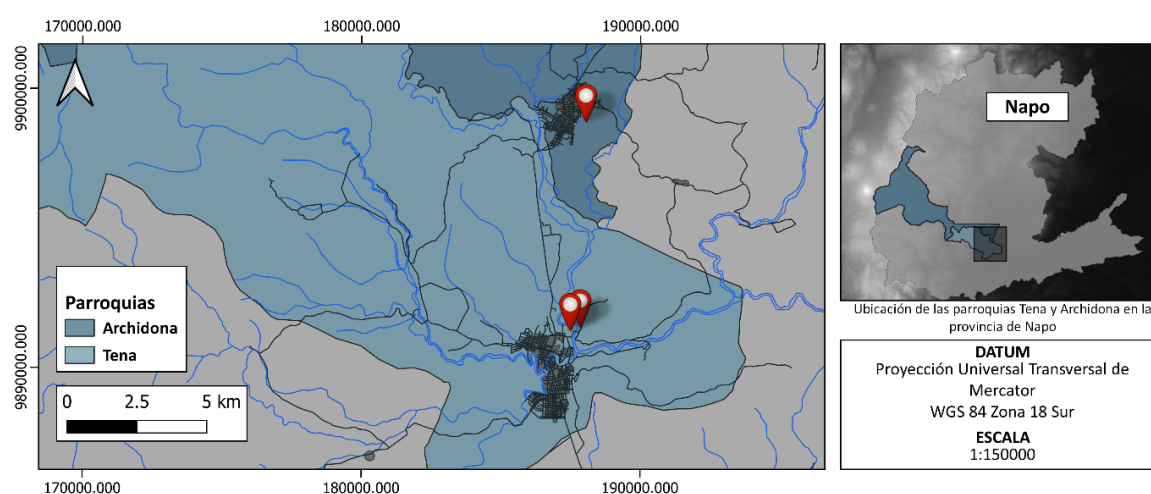


Figura 3. Ubicación de los sitios de recolecta. Los sitios de recolecta se ubicaron en las cercanías de las ciudades de Tena y Archidona. Las dos localidades que se aprecian en la parte inferior del mapa se encuentran la Parroquia Tena, y en la parte superior del mapa se observa otra localidad en la Parroquia Archidona.

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Recolecta de especímenes

Esta investigación cuenta con la autorización para estudiantes e investigadores N° **1340** emitida por el Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, generada a partir del trámite N° **MAAE-ARSFC-2021-1340** (Anexo 1).

Se contactó a tres productores locales de miel ubicados en los Cantones de Tena y Archidona, y se realizó una visita (previa autorización) en donde se evaluaron las colonias que estos poseen. Posteriormente, se les solicitó el acceso a los meliponarios para la recolección de los especímenes, por lo que, en una segunda visita se realizaron 2 viajes de

recolección, uno al Cantón Tena (Aguapungo) y otro al Cantón Archidona (Figura 3). Las recolecciones se llevaron a cabo el mismo día. En las visitas de recolecta se tomaron, directamente del meliponario o colonia, al menos 15 individuos de cada morfoespecie diferente mantenida por los productores [48]. Todos los individuos recolectados fueron abejas de clase obrera.

Los especímenes pequeños (menores a 4 mm aproximadamente), fueron recolectados con aspiradores entomológicos, de 5 mm de diámetro, debido a que esta metodología es idónea para la obtención de abejas de este tamaño [43,49–53]. Por otro lado, los especímenes grandes, fueron recolectados con pinzas suaves y conservados en bolsas de tul de 24*14 cm. Todos los individuos obtenidos fueron sacrificados manteniéndolos en un congelador por 5 horas. Posteriormente, se conservaron en viales de vidrio de 14 ml con alcohol al 70% y se rotularon con la información referencial de los especímenes, sitio de recolecta, fecha y recolectores [53].

2.3. Montaje e identificación taxonómica morfológica

Las muestras fueron montadas según el tamaño de las mismas: Los individuos de 10 mm o más a través de un montaje directo (Figura 4A) [54]. El montaje directo se realizó atravesando a la abeja con un alfiler entomológico inoxidable #1 en la parte superior derecha del tórax; el alfiler se ubicó verticalmente en el lado derecho del tórax y ventralmente entre el segundo y tercer par de patas [53]. Los individuos de menor tamaño de 10 mm o menos fueron sometidos a un montaje en punto (Figura 4B)[54]. En el montaje en punto se utilizó un trozo de cartón cortado de forma triangular, en el que se atravesó el alfiler entomológico inoxidable #1 por la parte ancha. El espécimen se adhirió con una gota de esmalte transparente, a la punta del triángulo por el costado derecho del tórax [53,54]. De esta manera se planteó una colección, en cajas entomológicas, con los individuos debidamente etiquetados.

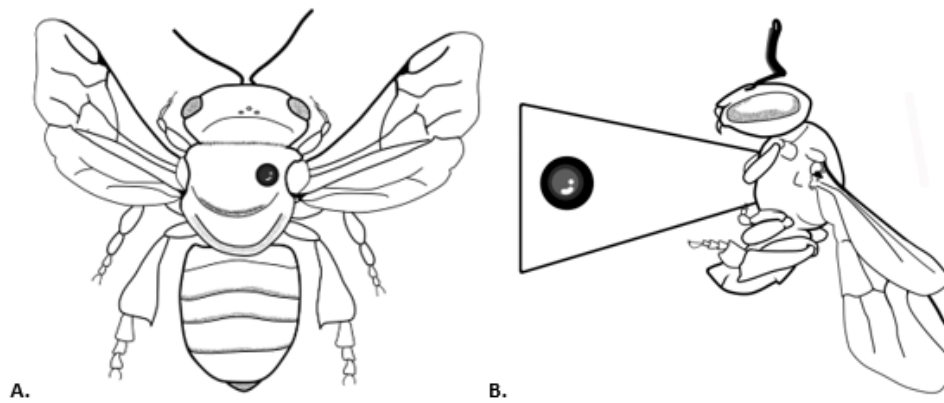


Figura 4. Técnicas utilizadas en el montaje de las abejas recolectadas. **A**, imagen del montaje directo, el alfiler se encuentra al lado derecho del tórax. La ilustración es una representación de *Melipona*. **B**, montaje en punto, el alfiler se encuentra atravesando un trozo de cartón cortado en forma triangular. La ilustración es una representación de *Plebeia*.

Fuente: Elaboración propia basadas en información tomada de Márquez 2005 [53].

Es importante tomar en cuenta que la mayoría de las claves dicotómicas disponibles, sólo permiten reconocer géneros y subgéneros, y en muy pocas es posible identificar especies y sólo para ciertos géneros. Debido a dicha limitación, en este trabajo se empleó el criterio de morfoespecie, para diferenciar especímenes dentro de un mismo género o subgénero, que por sus características morfológicas externas pueden separarse en otras categorías [48]. La identificación de los individuos se realizó usando principalmente claves dicotómicas desarrolladas por Ayala-Barajas 1999, Michener 2007, y, Álvarez 2015; y complementándolas con claves dicotómicas realizadas por Silveira et al. 2002, y, Rasmussen y Delgado 2019 [2,3,6,7,55]. Los individuos se separaron formando grupos asignados *a priori*, a partir, de la clasificación de morfoespecies. Para la realización de las descripciones se empleó la nomenclatura propuesta por Michener 2007 y Álvarez 2015, algunos de los términos utilizados se definen en el glosario propuesto en el anexo 2 [3,7]. Las principales regiones morfológicas externas de las ANSA utilizadas para su identificación se detallan en las figuras 1 y 5, estos fueron observados y valorados con la ayuda de un estereoscopio con fuente de iluminación blanca AmScope de múltiples objetivos 1x a 3x.

Todos los ejemplares identificados hasta género o subgénero y morfoespecie fueron montados y debidamente etiquetados [2,6,7,55]. En los especímenes se emplearon dos etiquetas, en la primera se colocó información de referencia geográfica: país, provincia,

cantón, parroquia, localidad, coordenadas geográficas decimales y altitud. Mientras que en la segunda etiqueta se colocó la información taxonómica a nivel de familia, género y subgénero según sea el caso. Adicionalmente, se realizó una base de datos digital, con información sobre la ubicación geográfica, colector, fecha de colección, taxón e investigador que determinó su identidad taxonómica (Anexo 3).

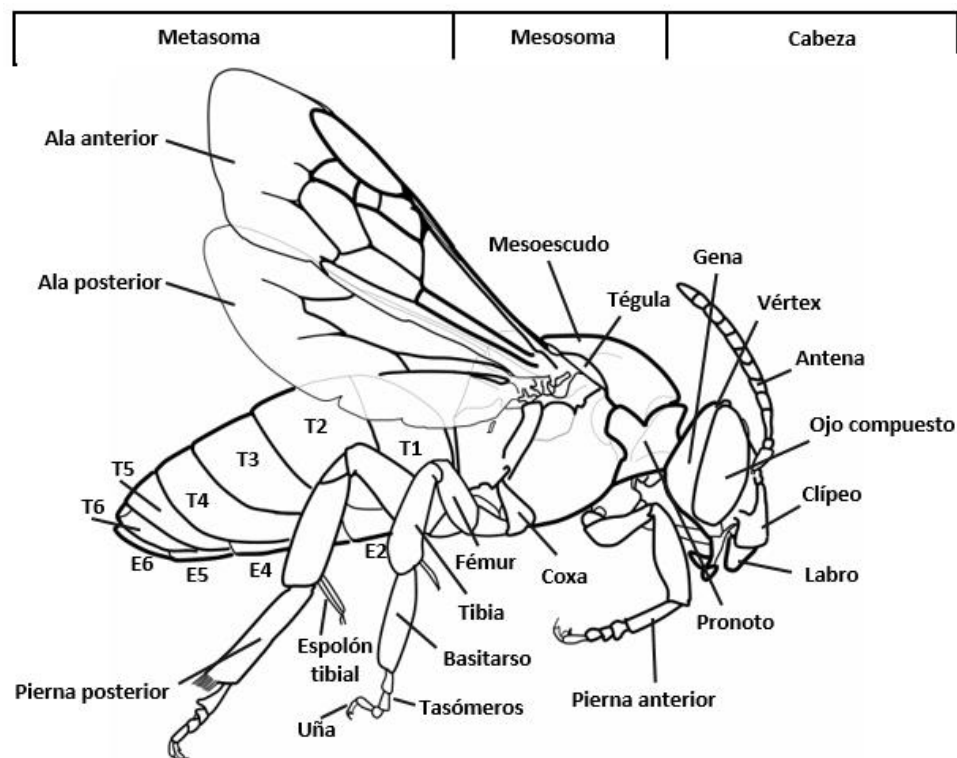


Figura 5. Vista lateral de una obrera de Apide mostrando el detalle de las estructuras morfológicas. Fuente: Elaboración propia basada en diagramas de los trabajos de Silveira et al. 2002 y Álvarez 2015 [3,55].

Después del proceso de reconocimiento morfológico y morfométrico, parte de los ejemplares recolectados a los que no se les disectó el ala, fueron almacenados en cajas entomológicas para finalmente entrar a un proceso para ser depositados en el Instituto Nacional de Biodiversidad INABIO.

2.4. Análisis morfométrico

2.4.1. Adquisición de fotografías

Una vez establecida la colección de ejemplares identificados hasta morfoespecie, se removió el ala anterior derecha de cada individuo, cada ala fue removida realizando un corte con tijeras entomológicas en la región más basal, con la finalidad de utilizar la mayor

proporción de venas e intercepciones en los análisis morfométricos. Las alas removidas fueron montadas sobre un porta objetos, usando el medio sintético de montaje: Euparal, y cubiertas con un cubre objetos [31,33,38,56]. Cada ala montada fue fotografiada con una cámara digital RELIFE M-12 (36 megapíxeles) conectada a un estereoscopio con fuente de iluminación blanca AmScope SM-1TSZ-V203 3.5X-90X. Las fotografías se capturaron como imágenes digitales en formato .jpg, y seguidamente se preparó un archivo en formato .tps el programa tpsUtil versión 1.4.0, este formato nos permitirá abrir los archivos en el programa TpsDig2 versión 2.11 que se utiliza para tomar los PAR [31,57].

2.4.2. Toma de puntos anatómicos de referencia

Mediante el programa TpsDig2 versión 2.11, en cada fotografía se tomaron manualmente 11 puntos anatómicos de referencia (PAR), también llamados *landmarks*, de tipo I (Figura 6) [57]. Este programa nos permitió exportar un archivo en formato .tps que pudo leerse y editarse en el Bloc de notas, en caso de ser necesario [58]. Los PAR seleccionados para este trabajo estuvieron ubicados principalmente en las intersecciones de la venación alar (Tabla 1), según la propuesta realizada por Prado-Silva *et al.* 2016 [39].

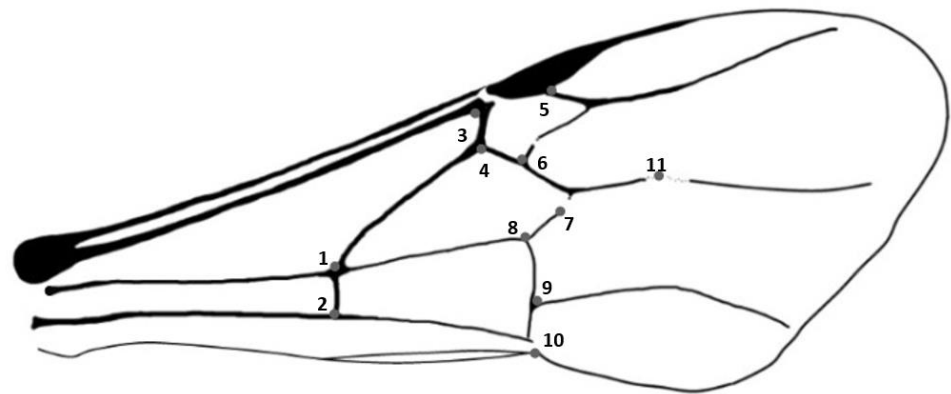


Figura 6. Ala anterior de Meliponini mostrando los PAR que se utilizaron para estudiar la conformación de dicha estructura. Fuente: Elaboración propia, para el ala de *Meliponula (Meliponula) bocandei*, basada en el diagrama presentado por Prado-Silva *et al.* 2016 [39].

Tabla 1. Listado de PAR utilizados para describir la configuración alar de las morfoespecies.

PAR	Ubicación
1	Intersección de las venas: mediana o basal + cubital (M+Cu) y mediana o basal (M)
2	Intersección de las venas: vanal (V) y cubital – vanal (Cu-v)

3	Intersección de las venas: radial (R) y rama posterior de la vena radial (Rs)
4	Intersección de las venas: mediana o basal (M) y rama posterior de la vena radial (Rs)
5	Intersección entre el estigma y la rama posterior de la vena radial (Rs)
6	Intersección de la vena derecha de la primera célula submarginal y rama posterior de la vena radial + mediana o basal (Rs+M)
7	Depresión de la primera vena medial – cubital (1m-cu)
8	Intersección de las venas: cubital (Cu) y primera vena medial – cubital (1m-cu)
9	Intersección de las venas: cubital (Cu) y cubital 1 (Cu1)
10	Elevación inferior del contorno, junto al pliegue hamular
11	Elevación de la vena inferior de la segunda célula submarginal

2.4.1. Procesamiento de datos

A partir de las imágenes digitalizadas en TpsDig2 versión 2.11, se obtuvo un archivo conteniendo las coordenadas de PAR. Este archivo fue importado al programa R versión 4.1.0, a través del paquete geomorph versión 4.0.0 [57,59]. Se intersecó la información recolectada con los PAR, superponiendo la forma de cada individuo en una configuración “consenso” a través de análisis de Procrustes (*gpagen()*), que elimina la variación dada por escala, rotación y traslación, extrayendo las variables de conformación y el tamaño centroide (TC) [35,36].

Seguidamente, se utilizó el programa Past versión 3.0 [60], para verificar la normalidad del TC obtenido a través del análisis de Procrustes; dependiendo de los resultados se desarrollaron pruebas paramétricas o no paramétricas para evaluar las posibles diferencias entre esta variable y las morfoespecies.

Luego, en R versión 4.1.0, se agregó la clasificación por morfoespecies como elemento “factor” a la matriz con las variables de conformación, para después realizar los un Análisis de Componentes Principales (ACP) (*gm.prcomp()*), y representar los cambios morfométricos mediante rejillas de deformación (*plotRefToTarget()*). Paralelamente, en el programa MorphoJ y considerando las morfoespecies como factores, se realizó un Análisis

de Variables Canónicas (AVC) con el fin de calcular funciones discriminantes, que maximicen las diferencias entre grupos, y construir una nueva clasificación *a posteriori* de los grupos antes identificados [14,35,37–39].

3. Capítulo III: Presentación de datos y resultados

3.1. Descripción morfológica de los especímenes recolectados en meliponarios

En los tres meliponarios visitados se recolectaron un total de 127 individuos, los cuales se identificaron a partir de distintas claves dicotómicas, determinando la presencia de ocho morfoespecies agrupadas en seis géneros: *Melipona*, (3 morfoespecies), *Tetragonisca* (1 morfoespecie), *Paratrigona* (1 morfoespecie), *Nannotrigona* (1 morfoespecie), *Scaura* (1 morfoespecie), y *Plebeia* (1 morfoespecie).

Los caracteres morfológicos de las abejas obreras aquí analizadas coinciden con las características morfológicas descritas para cada género/subgénero por los trabajos de: Álvarez 2015, Ayala–Barajas 1999 y Michener 2007 [2,3,7]. A continuación, se presenta una breve descripción de las morfoespecies encontradas en esta investigación:

3.1.1. Género *Melipona*

Este es uno de los taxones más comunes y diversos de Meliponini, incluye los subgéneros *Melipona*, *Michmelia*, *Eomelipona*, y *Melikerria* [7]. Se caracteriza por individuos grandes (6.0 – 15.0 mm de largo), robustos, con abundante pubescencia sobre la cabeza y mesosoma; y alas que se extienden poco o nada más allá del vértice del metasoma, con un estigma delgado que no es convexo dentro de la celda marginal [2,3,7]. En este trabajo se diferenciaron 3 morfoespecies, una del subgénero *Melikerria*, y 2 del subgénero *Michmelia*.

Subgénero *Melikerria*

Melipona (Melikerria) sp. (cercana a *Melipona grandis*)

Con las siguientes características. **Obrera** (Figura 7): longitud total: 12.0 mm; largo del ala anterior: 10.5 mm; ancho de la cabeza: 4.5 mm. **Color del tegumento:** en general

negro, con manchas amarillas muy desarrolladas en el área basal del escapo. Áreas de color castaño oscuro en basitarsos posteriores, y tarsos. Parte más externa de las alas oscurecida, que sobrepasan escasamente el ápice del metasoma. **Pubescencia:** abundante castaña y amarillenta en cabeza, mesoescudo y escutelo. Abundante en los laterales del mesosoma. Castaña ferruginosa en el borde anterolateral del mesoescudo (abundante pubescencia) [2,3,6].

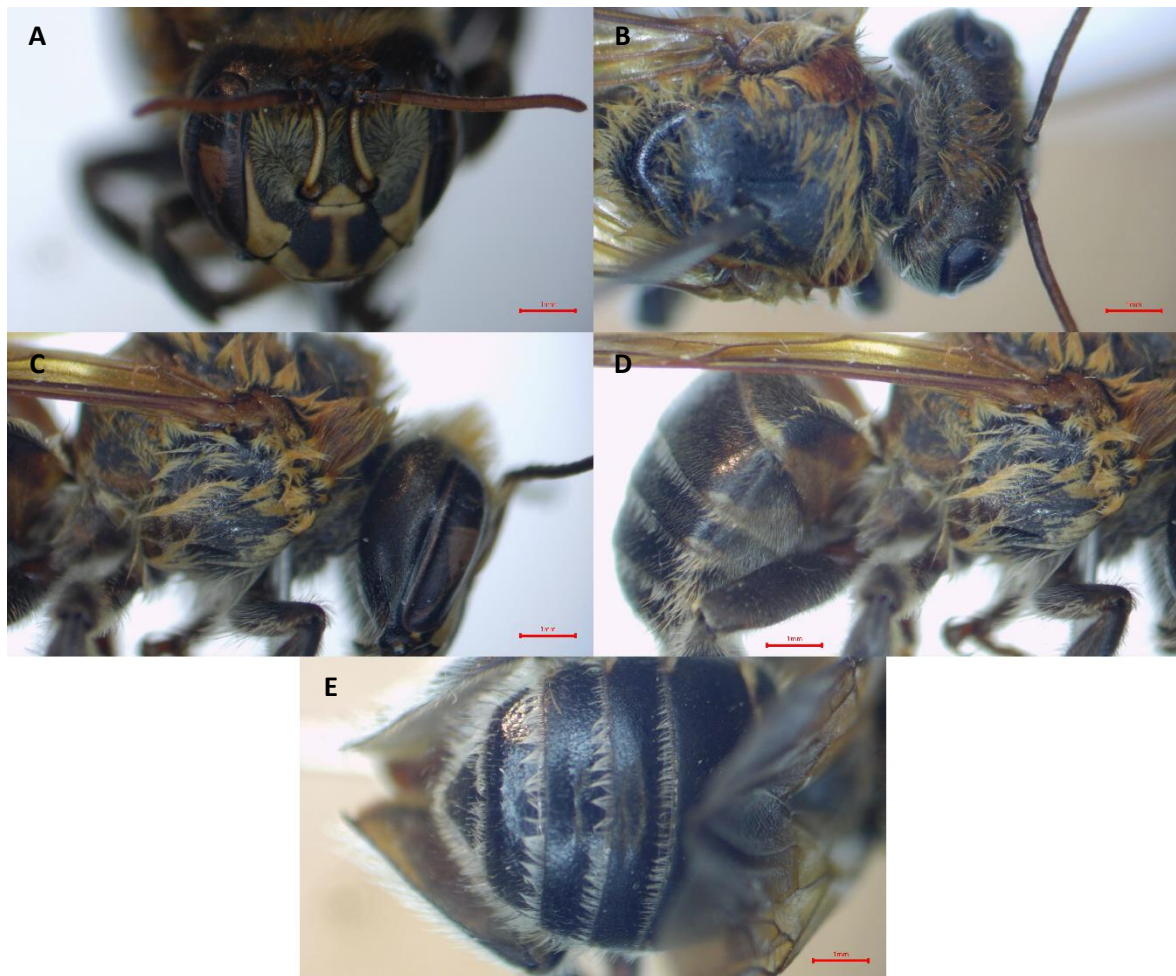


Figura 7. Obrera de *Melipona Melikerria* sp. A, cabeza en vista frontal. B, mesosoma en vista dorsal. C, vista lateral con enfoque en el mesosoma. D, vista lateral con enfoque en el metasoma. E, metasoma en vista dorsal.

Subgénero *Michmelia*

Melipona (Michmelia) sp1.

Con las siguientes características. **Obrera** (Figura 8): longitud total: 12.0 mm; largo

del ala anterior: 8.0 mm; Ancho de la cabeza: 4.0 mm. **Color del tegumento:** en los tergos metasomales: amarillo en T1, castaño claro en T2 y T3, se oscurece en los laterales de T4, y negro en T5 y T6; negro en los esternos. En las patas, castaño en coxa, fémur y tibia, y negro en corbícula basitarsos y tarsos. **Pubescencia:** cara con la mitad inferior glabra. Pubescencia amarillenta, abundante en el vértex, mesoescudo, escutelo y laterales del tórax. Borde anterolateral del mesoescudo sin setas ferruginosas [2,3].

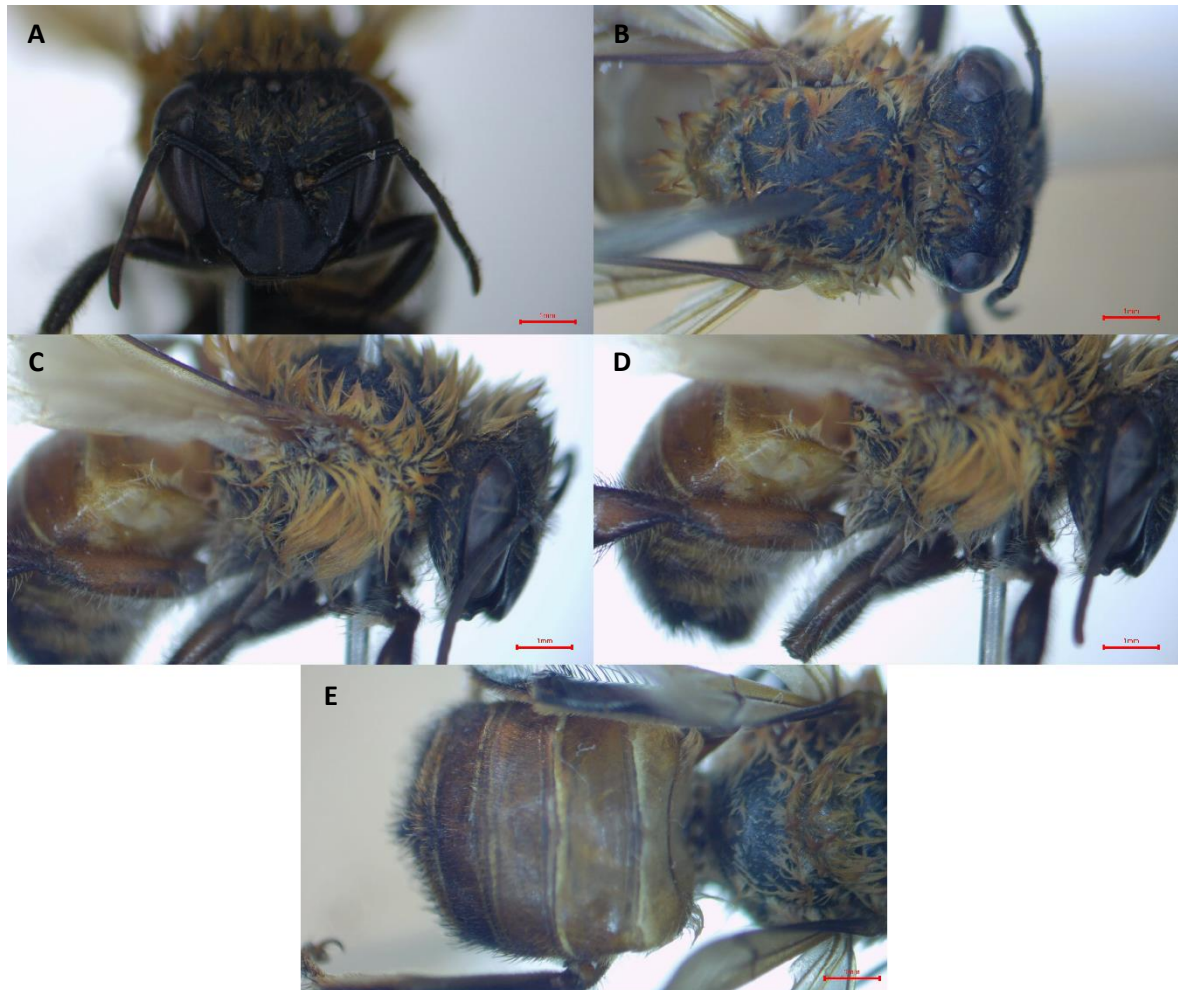


Figura 8. Obrera de *Melipona (Michmelia)* sp1. A, cabeza en vista frontal. B, mesosoma en vista dorsal. C, vista lateral con enfoque en el mesosoma. D, vista lateral con enfoque en el metasoma. E, metasoma en vista dorsal.

***Melipona (Michmelia)* sp2.**

Con las siguientes características. **Obrera** (Figura 9): longitud total: 9.0 mm; largo del ala anterior: 10.0 mm; Ancho de la cabeza: 5.0 mm. **Color del tegumento:** áreas de color castaño más claro en la parte inferior de los basitarsos y en la corbícula de las tibias

posteriores. Metasoma negro, en T1 tiene una delgada banda tegumentaria de color amarillo. **Pubescencia:** generalmente de castaña oscura a amarillenta. Cara con la mitad inferior glabra. Setas gruesas negras en los bordes del mesoescudo y bordes exteriores del escutelo [2,3].

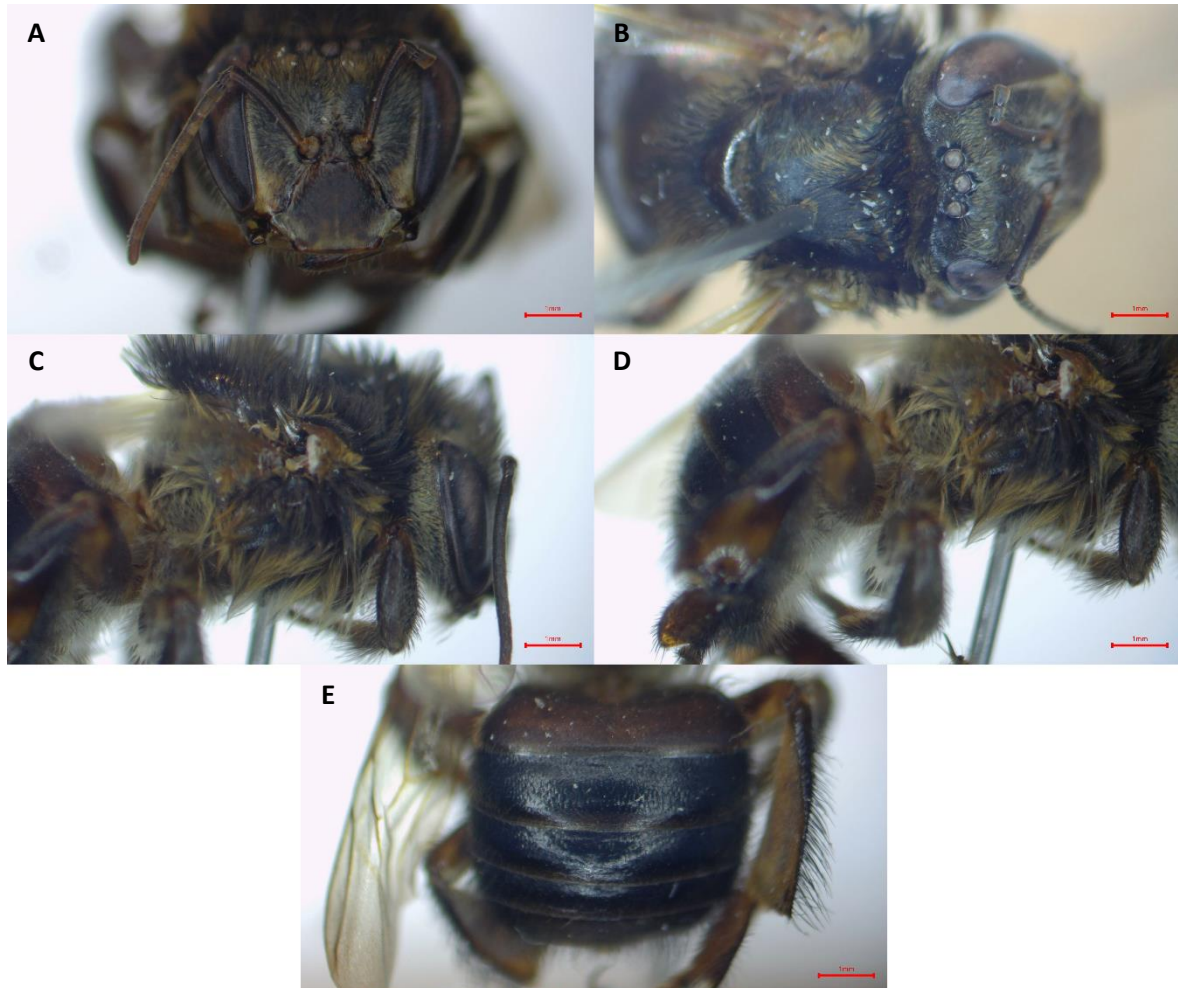


Figura 9. Obrera de *Melipona (Michmelia)* sp2. A, cabeza en vista frontal. B, mesosoma en vista dorsal. C, vista lateral con enfoque en el mesosoma. D, vista lateral con enfoque en el metasoma. E, metasoma en vista dorsal.

3.1.2. Género *Tetragonisca*

Este género comprende abejas de cuerpo fino y tamaño pequeño (4.0 – 5.0 mm), su tegumento es de color amarillo en el abdomen y negro en la cabeza y el tórax [3,22]. Este, es el único grupo en el neotrópico, junto a *Trigona s. str.*, que tiene un área sedosa basal sobre la superficie interna del basitarso de las patas posteriores. Una característica de este género es que las obreras tienen la corbícula extremadamente pequeña, por lo

mismo, esta ocupa solamente una quinta parte apical el ancho [7].

***Tetragonisca* sp.**

Con las siguientes características. **Obrera** (Figura 10): longitud total: 4.5 mm; largo del ala anterior: 3.5 mm; Ancho de la cabeza: 1.5 mm. **Color del tegumento:** cabeza principalmente negra, con clípeo amarillo y manchas amarillas muy pronunciadas en el área paraocular y escapo. Mesosoma, principalmente negro, con bandas amarillas delgadas en los bordes laterales. En el metasoma, en los tergos: T1 tiene el tegumento amarillo, mientras que desde T2 el tegumento se va oscureciendo hasta T6; en los esternos el tegumento es de color amarillo. **Pubescencia:** en general poco desarrollada. Superficie interna de la tibia posterior con una ancha faja marginal glabra muy deprimida. Basitarso con una zona sedosa glabra en la base interna del mismo y superficie interna de la tibia posterior con una elevación media longitudinal cubierta con keirotrichia [2,3,6,22].

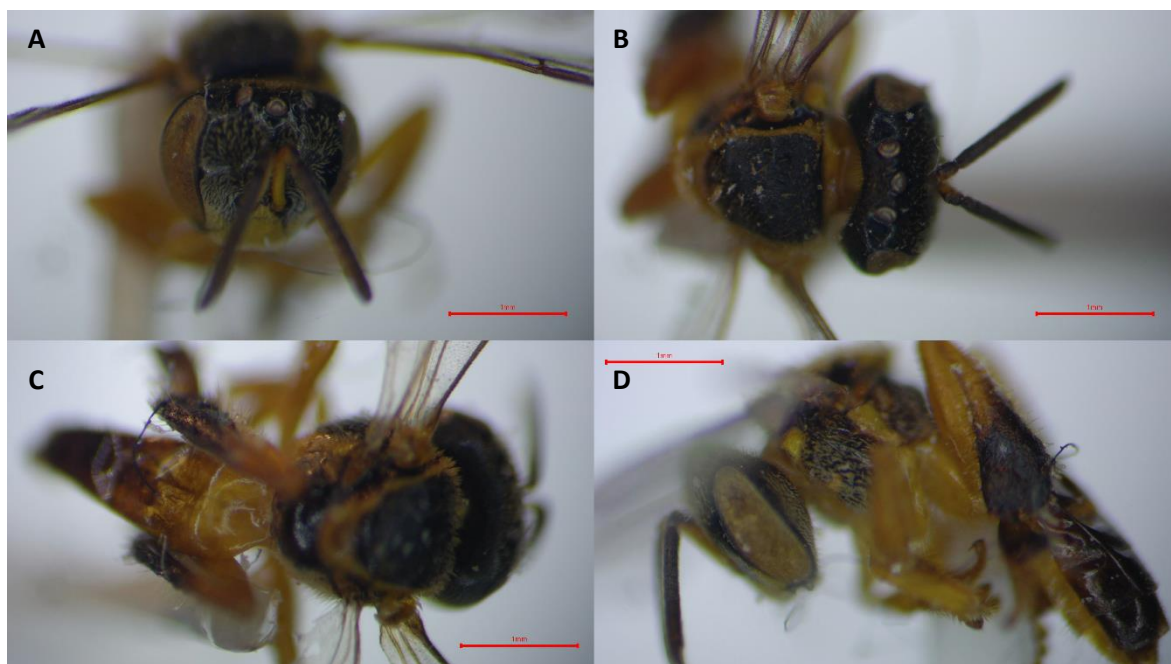


Figura 10. Obrera de *Tetragonisca* sp. A, cabeza en vista frontal. B, mesosoma en vista dorsal. C, vista dorsal. D, vista lateral.

3.1.3. Género *Paratrigona*

El género *Paratrigona* comprende abejas de tamaño pequeño (entre 4.0 - 5.0 mm), con el Tegumento de la cabeza y mesosoma (frecuentemente también el metasoma) mate

y fuertemente reticulado [3,7]. Generalmente tienen manchas amarillentas a blanquecinas en el tórax y la cara [3].

***Paratrigona* sp.**

Con las siguientes características. **Obrera** (Figura 11): longitud total: 4.5 mm; largo del ala anterior: 3.0 mm; ancho de la cabeza: 1.5 mm. Escutelo visto lateralmente proyectándose a manera de una teja delgada sobre la parte media del metanoto. **Color del tegumento:** con manchas amarillas oscuras en los bordes laterales y superior del clípeo; y bandas amarillas en los bordes laterales del área paraocular. Franja amarilla a blanquecina bien definida en los bordes laterales del mesoescudo y bordes posterior y laterales del escutelo. Cara y mesoescudo opaco o mate, reticulado. Patas generalmente negras, tibia posterior con una franja amarilla bien definida. Metasoma completamente negro. Alas oscurecidas. **Pubescencia:** en general poco desarrollada, pubescencia de la cabeza y mesosoma más escasa predominante simple y corta. Superficie interna de la tibia posterior con la aja marginal glabra dispuesta en el mismo plano que el área de Keitotrichias [2,3,61].

Variaciones: color de las bandas variables del tegumento, de amarillo a blanquecino, en mesoescudo y escutelo. Metasoma con o sin partes transparentes.

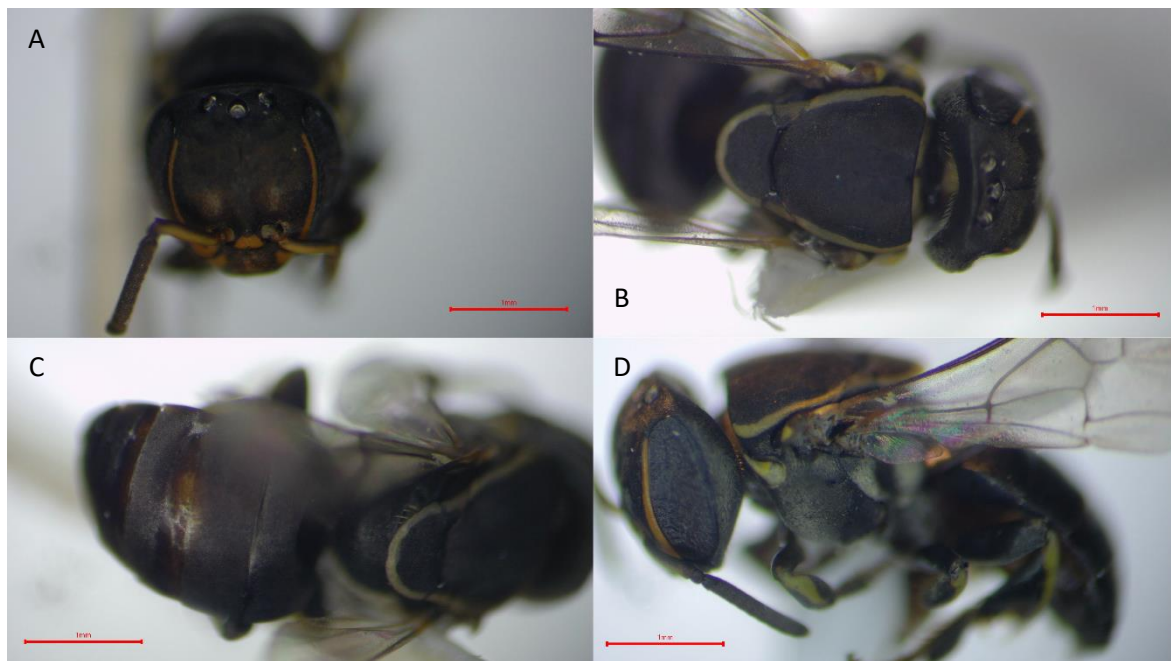


Figura 11. Obrera de *Paratrigona* sp. A, cabeza en vista frontal. B, mesosoma en vista dorsal. C, vista dorsal. D, vista lateral.

3.1.4. Género *Nannotrigona*

El género *Nannotrigona* incluye abejas pegueñas (3.0 – 5.0 mm), con el tegumento profundamente punteado y picado. Escutelo fuertemente proyectado, en el margen anterior, en la zona de la base del mismo se encuentra una depresión en forma de V – U [3,7]. La tibia no es fuertemente deprimida [7].

***Nannotrigona* sp.**

Con las siguientes características. **Obrera** (Figura 12): longitud total: 4.0 mm; largo del ala anterior: 4 mm; ancho de la cabeza: 2.0 mm. Escutelo fuertemente proyectado y tórax fuertemente punteado. **Color del tegumento:** vértex, y tórax, profundamente punteados y brillantes. Metasoma brillante poco punteado en los tergos. Patas generalmente oscuras. **Pubescencia:** Frente con pubescencia corta. Vértex, mesoescudo y escutelo con setas cortas distanciadas. Abundantes setas cortas amarillas en las bandas amarillas de los tergos T4, T5 y T6. Patas posteriores con pubescencia abundante en los tarsos. Corbícula completamente glabra. Margen posterior del escutelo enmarginada medialmente [2,3,6,61].



Figura 12. Obrera de *Nannotrigona* sp. **A**, cabeza en vista frontal. **B**, mesosoma en vista dorsal. **C**, vista lateral con enfoque en el mesosoma. **D**, vista lateral con enfoque en el metasoma. **E**, metasoma en vista dorsal.

3.1.5. Género *Scaura*

Abejas pequeñas (3.0 – 6.0 mm), tegumento en la cabeza y mesosoma brillante con punteado superficial disperso [3,7]. La mayoría de especies de este género presenta manchas amarillentas a blanquecinas en la cabeza y mesoescudo [3]. Debido a su cercanía con el género *Plebeia*, puede ser confundida, no obstante se diferencia por su basitarso, que es casi tan ancho como la tibia y convexo en las superficie externa, y por no tener marcas amarillas e la cabeza mesosoma [7].

***Scaura* sp.** (cercana a *Scaura latitarsis*)

Con las siguientes características. **Obrera**: longitud total: 3.0 mm; largo del ala anterior: 3.5 mm; ancho de la cabeza: 1.5 mm. **Color del tegumento**: generalmente negro

sin marcas amarillas o blanquecinas. Vértex y tórax brillantes, mesoescudo ligeramente opaco. **Pubescencia:** generalmente corta y poco desarrollada. Presencia de keirotrichia en la parte inferior de la cara, las setas se van distanciando hacia la parte de la frente. Laterales del tórax son setas largas distanciadas y pubescencia plumosa. Área basal del propódeo usualmente glabra [3,6,7,61].

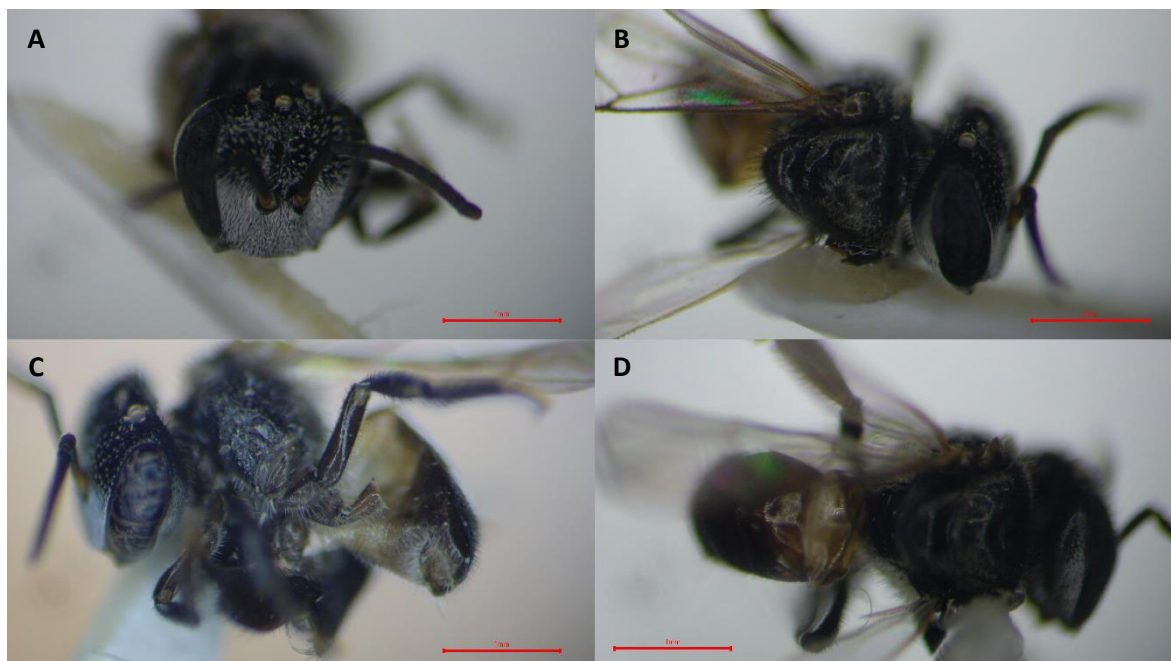


Figura 13. Obrera de *Scaura* sp. A, cabeza en vista frontal. B, mesosoma en vista dorsal. C, vista lateral. D, vista dorsal.

3.1.6. Género *Plebeia*

El género *Plebeia* comprende abejas pequeñas (3.0 – 6.0 mm). Tienen el metasoma brillante con un punteado disperso, la mayoría de especies de este género presentan manchas amarillas en el mesoescudo y la cara [3,7].

Plebeia sp.

Con las siguientes características. **Obrera:** longitud total: 4.0 mm; largo del ala anterior: 4.0 mm; Ancho de la cabeza: 2.0 mm. **Color del tegumento:** principalmente negro en la cabeza y el mesosoma, con manchas amarillosas; clípeo y escapos amarillos. Cabeza y tórax algo brillantes, con un punteado fino y disperso. **Pubescencia:** en general poco desarrollada. Cabeza y tórax con setas amarillentas u blanquecinas muy cortas, cara cubierta de setas amarillentas. Borde anterior del mesoescudo y borde posterior del

escutelo con setas amarillas Porción lateral del mesepisterno con setas erectas entre la pubescencia plumosa [3,6].

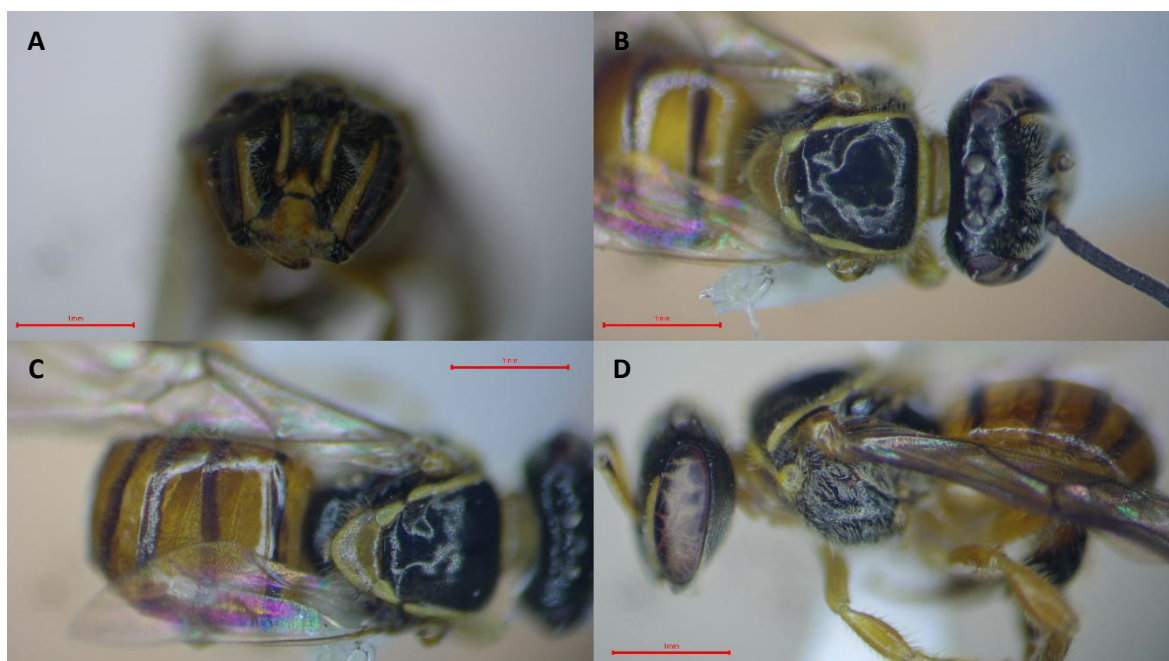


Figura 14. Obrera de *Plebeia* sp. A, cabeza en vista frontal. B, mesosoma en vista dorsal. C, vista dorsal. D, vista lateral.

3.2. Análisis Morfométrico

3.2.1. Tamaño del centroide

La variable TC no cumplió con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo cual se consideró emplear una prueba no paramétrica tipo Kruskal-Wallis. Se obtuvieron diferencias significativas entre el tamaño y las morfoespecies identificadas (Kruskal-Wallis $\chi^2=113.15$; $p\text{-value} < 0.0001$) (Figura 15). En la figura 15, se puede apreciar la diferencia entre los TC de cada morfoespecie. Entre las morfoespecies con ala de mayor tamaño (TC entre 3.0 – 5.0 mm), *Melipona (Melikerria)* sp., se aprecia como la morfoespecie de mayor talla (5.014 ± 0.005 mm), seguida por de *Melipona (Michmelia)* sp2. (4.15 ± 0.011 mm) y sp1. (3.816 ± 0.020 mm). Por otro lado, las de menor talla (TC entre 1.0 - 2.0 mm), corresponden a *Nannotrigona* sp. (2.002 ± 0.023 mm), *Plebeia* sp. (1.967 ± 0.042 mm), seguidas de *Tetragonisca* sp. (1.950 ± 0.127 mm), *Scaura* sp. (1.84 ± 0.113 mm) y *Paratrigona* sp. (1.77 ± 0.026 mm) (Figura 15).

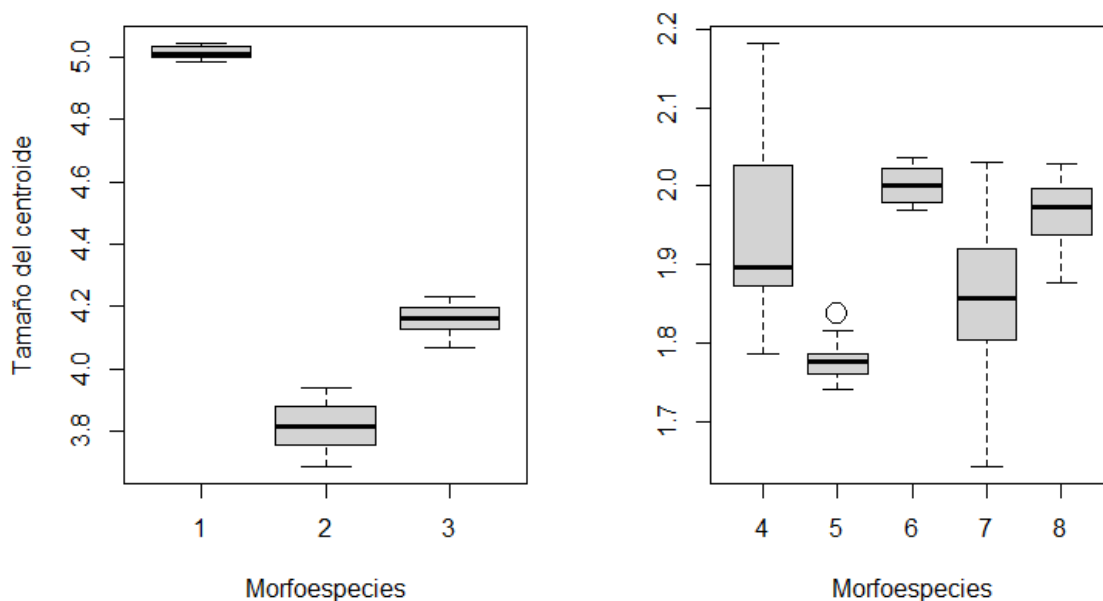


Figura 15. Diagrama de cajas y bigotes mostrando el tamaño centroide de las ocho morfoespecies recolectadas en meliponarios de las parroquias Tena y Archidona. **1,** *Melipona (Melikerria) sp.* **2,** *Melipona (Michmelia) sp1.* **3,** *Melipona (Michmelia) sp2.* **4,** *Tetragonisca sp.* **5,** *Paratrigona sp.* **6,** *Nannotrigona sp.* **7,** *Scaura sp. I,* *Plebeia sp.*

3.2.2. Configuración alar de las morfoespecies recolectadas en meliponarios

En la figura 16 se presentan los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP), en donde los dos primeros componentes permiten explicar el 89% de la varianza de los 11 PAR del ala. Siendo los PAR 9 y 11, las variables mejor representadas por el componente principal 1, y en el componente principal 2, los PAR 3, 4 y 9 (Tabla 5, Anexo 4). El diagrama también informa sobre los principales ejes de variación morfológica en las ocho morfoespecies estudiadas, mostrando siete grupos de especímenes y a su vez el solapamiento entre dos morfoespecies que fueron reconocidas bajo el mismo subgénero: *Melipona (Michmelia) sp1.* y *sp2.*, y finalmente el solapamiento parcial entre las morfoespecies *Scaura sp* y *Plebeia sp*.

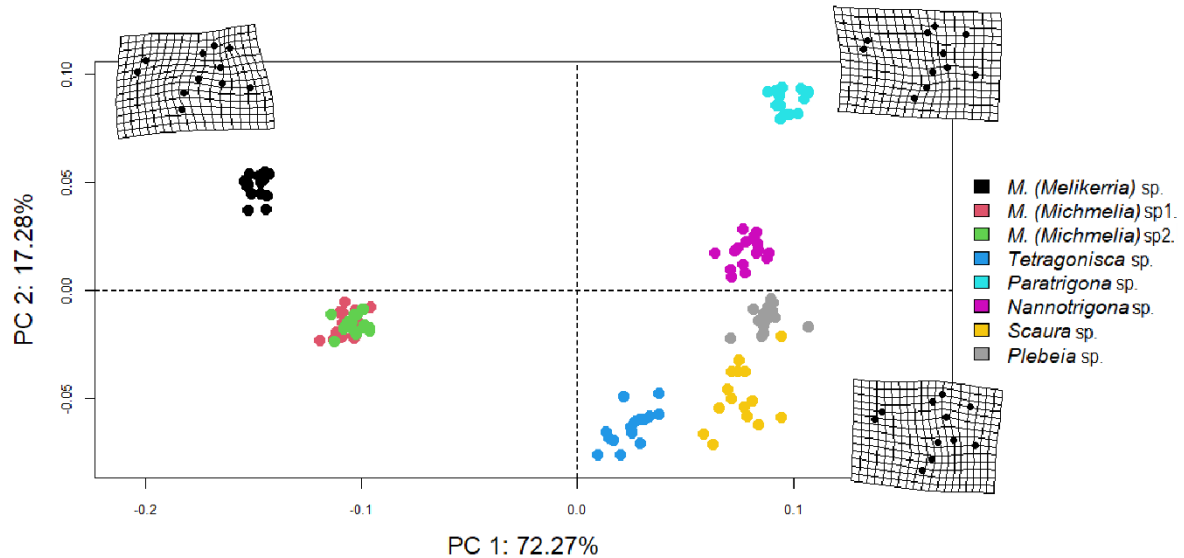


Figura 16. Análisis de Componentes Principales, representando las rejillas de deformación más representativas. Análisis de componentes principales con rejillas consenso de las morfoespecies: *Melipona (Melikerria) sp.*, *Paratrigona sp.* y *Scaura sp.*

El Análisis de Variantes Canónicas (AVC) (Figura 17) muestra la separación de los 127 individuos analizados, en sus ocho morfoespecies correspondientes. En particular se aprecia la distinción entre los especímenes del subgénero *Melipona (Michmelia)*, con un solapamiento parcial entre sus morfoespecies, y a su vez, la superposición parcial entre los géneros *Tetragonisca* y *Scaura*.

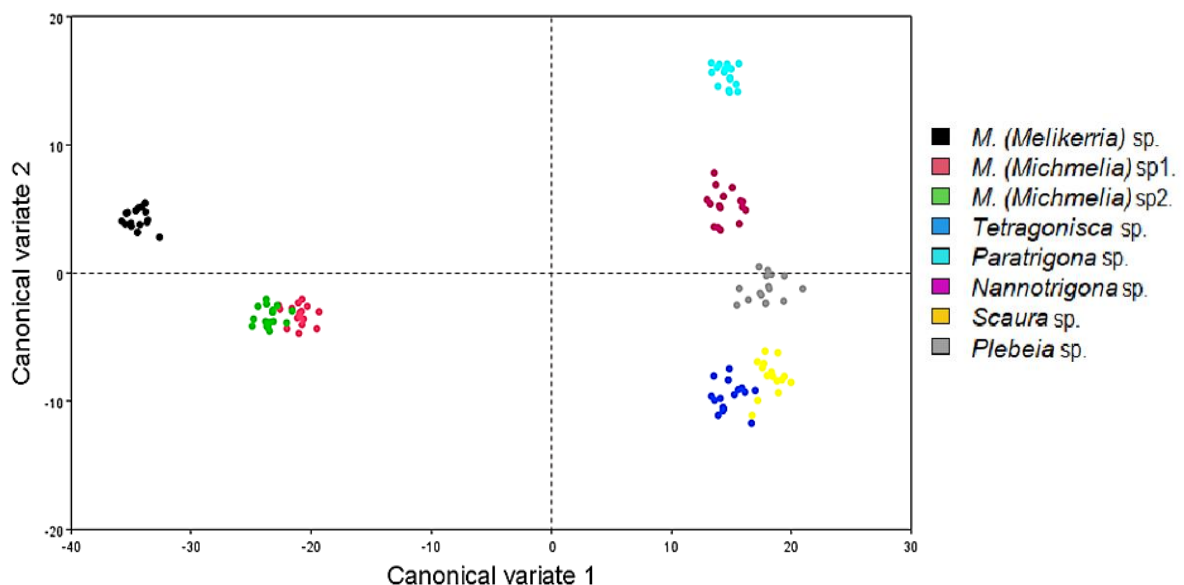


Figura 17. Análisis de Variables Canónicas para los 127 individuos.

Las asignaciones *a priori* basadas en características morfológicas para cada

género/subgénero coinciden perfectamente (100%) con la reclasificación *a posteriori* obtenidas a partir de las distancias de Mahalanobis promedio del MANOVA. El análisis multivariado de varianza MANOVA demostró que existe una diferencia significativa entre las configuraciones alares de las morfoespecies (Wilk's $\lambda = 0.000$; *p-value* < 0.0001) (Tabla 2, Tabla 3). En la Tabla 3 se muestran los valores de Wilks lambda, grados de libertad y *p-value* para los siete ejes discriminantes del AVC. Las diferencias encontradas mediante las distancias de Mahalanobis son concordantes con los resultados presentados en el ACP; las morfoespecies más cercanas son *Melipona (Michmelia)* sp1. y sp2. (9.38), seguidas de *Scaura* sp. y *Plebeia* sp. (10.09) (Tabla 2, Figura 16).

Tabla 2. Distancias de Mahalanobis promedio del MANOVA realizado entre morfoespecies.

	1	2	3	4	5	6	7
2	20.52						
3	17.72	9.38					
4	51.94	38.62	41.16				
5	50.96	40.79	43.03	26.40			
6	49.99	37.40	39.44	18.53	12.23		
7	55.06	41.11	42.69	15.39	25.08	16.42	
8	53.36	40.06	41.97	15.45	18.34	10.39	10.09

1, *Melipona (Melikerria)* sp. 2, *Melipona (Michmelia)* sp1. 3, *Melipona (Michmelia)* sp2. 4, *Tetragonisca* sp. 5, *Paratrigona* sp. 6, *Nannotrigona* sp. 7, *Scaura* sp. 8, *Plebeia* sp. Todas las distancias son significativas con un *p-value*<0.0001. Se diferencia en negritas las dos distancias más cercanas entre grupos.

Tabla 3. Clasificación de los 127 especímenes *a priori* y *a posteriori* obtenidas en el AVC/MANOVA.

	Asignaciones <i>a priori</i>				Asignaciones <i>a posteriori</i>			
<i>Melipona (Melikerria)</i> sp.	16	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melipona (Michmelia)</i> sp1.	0	16	0	0	0	0	0	0
<i>Melipona (Michmelia)</i> sp2.	0	0	16	0	0	0	0	0
<i>Tetragonisca</i> sp.	0	0	0	16	0	0	0	0
<i>Paratrigona</i> sp.	0	0	0	0	16	0	0	0
<i>Nannotrigona</i> sp.	0	0	0	0	0	16	0	0
<i>Scaura</i> sp.	0	0	0	0	0	0	15	0
<i>Plebeia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	16

$1\lambda=0.0000$ $\chi^2=2292.5778$ $df=126$ $p<0.0001$; $2\lambda=0.0000$ $\chi^2=1599.3391$ $df=102$ $p<0.0001$; $3\lambda=0.0000$ $\chi^2=1131.2475$ $df=80$ $p<0.0001$; $4\lambda=0.0010$ $\chi^2=785.4513$ $df=60$ $p<0.0001$; $5\lambda=0.0012$ $\chi^2=493.6415$ $df=42$ $p<0.0001$; $6\lambda=0.0683$ $\chi^2=303.1978$ $df=26$ $p<0.0001$; $7\lambda=0.0028$ $\chi^2=140.2311$ $df=12$ $p<0.0001$.

Por otro lado, los ejes extremos del ACP muestran rejillas de deformación (Figura 16). Estos diagramas informan sobre cambios no uniformes, es decir, aquellas diferencias en la forma vinculados a cambios de PAR locales. Todos los grupos representados en el ACP parecen concentrar su variación entre las células: Marginal, 1ra submarginal y 2da submarginal, mientras que los PAR 1 y 2 no muestran variaciones importantes entre grupos.

En particular, las morfoespecies del género *Melipona*, se caracterizan por un desplazamiento diagonal en el PAR 9 y variación entre los PAR 3, 4 y 5; donde los PAR 3 y 4 se encuentran desplazados diagonalmente, mientras que el PAR 5 se desplaza hacia la izquierda. En el caso de *Tetragonisca* sp., se puede ver una variación de los PAR 3, 6 y 11; los PAR 3 y 6 tienen un desplazamiento diagonal hacia la izquierda, mientras que el PAR 11 presenta un desplazamiento hacia la izquierda. Seguidamente, en *Paratrigona* sp. se ve una variación marcada en los PAR 3, 4 y 5 indicando un desplazamiento diagonal hacia la derecha, mientras que en *Nannotrigona* sp., *Plebeia* sp. y *Scaura* sp. presentan un desplazamiento del PAR 9 en sentido diagonal hacia la derecha. Finalmente, en *Scaura* sp. se muestra un desplazamiento diagonal hacia la izquierda PAR 3 y 4 (Anexo 5).

4. Capítulo IV: Interpretación y discusión

4.1. Composición taxonómica de las morfoespecies recolectadas en meliponarios

En esta investigación, según la reclasificación obtenida del AVC/MANOVA, se reportan ocho morfoespecies recolectadas en meliponarios de los Cantones Tena y Archidona, de los géneros: *Melipona* (3 morfoespecies), *Tetragonisca* (1 morfoespecie), *Paratrigona* (1 morfoespecie), *Nannotrigona* (1 morfoespecie), *Scaura* (1 morfoespecie) y *Plebeia* (1 morfoespecie). Varias investigaciones indican el uso de algunos de estos taxones con fines comerciales; *Melipona*, que ha sido reportada para las provincias de Loja, El Oro y Pastaza a [19,28,30]; *Tetragonisca*, señalada en las provincias de Loja y Esmeraldas [19,29]; el uso

de *Paratrigona* se ha reportado con anterioridad en las provincias de Loja y El Oro [19,28]; y *Nannotrigona* se ha señalado para Loja [19]. Los géneros *Scaura* y *Plebeia*, no han sido reportados para la meliponicultura en Ecuador. Además de los géneros mencionados, este hallazgo contrasta con otros taxones utilizados en otras regiones del país, en la provincia de Loja: *Scaptotrigona*, [19]; en la provincia de El Oro: *Cephalotrigona*, *Geotrigona*, *Oxytrigona*, *Scaptotrigona* y *Trigonisca* [28]; en la provincia de Pastaza *Geotrigona*, y *Scaptotrigona* [30].

Según Francoy 2011 y Nates 2001, las especies de Meliponini comúnmente usadas para la extracción de miel pertenecen a los géneros *Melipona* y *Tetragonisca*, debido a la cantidad y calidad de la miel que producen y su amplio rango de distribución [4,22,56]. No obstante, existe un renovado interés por la aplicación de meliponicultura, que ha causado que en los países en los que se ha documentado su aprovechamiento se estén comenzando a utilizar especies distintas a las tradicionalmente usadas para la extracción de miel y otros productos [4]. En este trabajo, por ejemplo, se reporta para los Cantones de Tena y Archidona el uso de *Scaura* y *Plebeia*, géneros poco empleados como fuentes de extracción de miel. La adopción de nuevas especies puede obedecer a que algunas han comenzado a cultivarse con el propósito exclusivo de ser polinizadores de cultivos, así como por el creciente interés en la obtención de conocimiento sobre este taxón [4,62,63]. Los casos en los que se usan especies raras en los meliponarios, muchas veces están ligados a la práctica de la meliponicultura como medio para la conservación o como actividad recreativa o contemplativa [4].

4.1. Morfometría geométrica

4.1.1. Tamaño del ala

Las diferencias encontradas en el tamaño centroide de las morfoespecies utilizadas en meliponarios de los cantones Tena y Archidona, podrían asociarse a la capacidad de cada población por favorecer fenotipos bajo distintas características genéticas y ambientales determinadas, que responden a causas micro y macroevolutivas [35,36]. La variación del tamaño alar puede estar estrechamente relacionada con la distancia de vuelo: Las abejas más grandes pueden viajar distancias entre 1500 y 2500 metros, mientras que las abejas

más pequeñas pueden volar de 600 a 950 m desde sus nidos [38,64].

Particularmente, la varianza encontrada en la talla del tamaño del ala de *Tetragonisca*, estimado a través del TC, podría explicarse a través de las condiciones de recolección de los especímenes. En este género se obtuvieron ejemplares en dos sitios de recolecta, lo cual sugiere la existencia de diferencias fenotípicas entre sitios. En este sentido, Nijhout y Callier 2015, señalan que el tamaño de apéndices como el ala puede verse afectados también por las condiciones nutricionales y dificultades en la etapa larvaria, que pueden ser diferentes según el sitio de recolección [56,65].

4.1.2. Variación de la forma del ala

Nunes 2013, afirma que la forma del ala es afectada por factores evolutivos diferentes a los del tamaño del ala, dado que esta no está relacionada con la altitud y las variaciones geográficas [66]. Sin embargo, Benítez y Püschel 2014, mencionan la estrecha relación de estos factores, señalando que el primer componente del ACP puede tomarse como la variable que explica la variación de la forma debida al tamaño del individuo [35]. En este sentido, nuestros resultados son coincidentes con lo ya mencionado, puesto que el ACP realizado sobre las variables de conformación mostraron que el primer componente principal recoge más del 70% de la varianza explicada por los 11 PAR, sugiriendo un posible efecto alométrico en algunas de las morfoespecies estudiadas. La alometría en Hymenoptera se ha comprobado en trabajos como el de Belyaev y Farisenkov 2018 donde se demostró que al aumentar el tamaño corporal existía una contracción en el contorno de las alas anteriores, que afectaba en su forma; complementariamente el trabajo de Danfoth 1989, asegura que las alas en himenópteros pequeños tienden a ser anchas y espatuladas mientras que las alas de los himenópteros grandes tienden a ser afiladas apicalmente [67,68].

Especialmente, las diferencias poco marcadas entre las morfoespecies de *Melipona* (*Michmelia*), podría explicarse debido a la cercanía evolutiva de los subgéneros incluidos en el análisis; estudios filogenéticos sugieren la existencia de un grupo monofilético entre estos taxones [13]. En el caso de los géneros *Plebeia* y *Scaura*, se ha determinado que estos conforman un grupo monofilético incluido por algunos autores como taxones

infragenéricos dentro de *Plebeia* [7,13].

Las rejillas de deformación permitieron visualizar las diferencias en la conformación de acuerdo a una configuración consenso. Los caracteres más relevantes para la discriminación de los ocho grupos fueron los PAR 9, 3, 4, y 5; representando variaciones en la intersección de las venas: cubital (Cu) y cubital 1 (Cu1); radial (R) y rama posterior de la vena radial (Rs); mediana o basal (M) y rama posterior de la vena radial (Rs) e intersección entre el estigma y la rama posterior de la vena radial (Rs), respectivamente (Figura 8). La variación en los PAR indica diferentes configuraciones en la forma de la venación en las alas de las morfoespecies. La función de cada vena en Hymenoptera no está claro, algunos autores han planteado la hipótesis de que la reducción en la venación de las alas de Meliponini se relaciona con un aumento en la flexibilidad del ala y otros hablan de la relación de las venas con la distribución de receptores sensoriales [69]. Las únicas venas con funcionalidad conocida son las venas ancladas a la base, que son importantes para la estabilidad de las alas durante el vuelo, estas son las que presentan menos cambios respecto a la forma consenso en este trabajo PAR 1 y 2 [69]

En esta investigación se evidencia que la morfometría geométrica (MG) es una herramienta adicional que permite la discriminación de morfoespecies establecidas a partir de caracteres morfológicos tradicionales y el uso de claves dicotómicas. El uso de descriptores del ala en las morfoespecies de Meliponini revela la importancia de esta estructura en la discriminación taxonómica, al menos a nivel de género y subgénero. La aplicación de la MG abre nuevas oportunidades para la discriminación de morfoespecies, especies e inclusive subespecies con resultados cuantitativos [32,38,40]. Entonces, la MG se presenta como una técnica rápida y sencilla que través del uso del ala de un individuo, una cámara digital y programas computacionales, nos permite obtener resultados confiables y comparativos que se obtienen tradicionalmente por métodos moleculares, que llegan a ser más costosos en comparación y requieren de dispositivos especializados y personal preparado [36,41,56].

Tüzün 2009 y Francoy et al. 2009, concluyen en sus trabajos que las mediciones de MG aplicadas al ala de Hymenoptera contribuyen útilmente con la discriminación y clasificación de la determinación de géneros e incluso especies de Meliponini [69,70]. Este hecho ha

sido comprobado en este trabajo debido a que la asignación *a posteriori* de los géneros identificados fue perfecta (100%), resultado que fue similar a los hallazgos reportados por García-Olivares et al. 2015 (99.6%) y en el de Franco et al. 2011 (100%) [14,56].

5. Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

Mediante el análisis morfológico realizado a especímenes recolectados en meliponarios de los Cantones Tena y Archidona, se determinó la presencia de los géneros: *Melipona*, *Tetragonisca*, *Paratrigona*, *Nannotrigona*, *Scaura* y *Plebeia*; de estos se ha reportado en el país el uso de *Melipona*, *Tetragonisca*, *Paratrigona*, *Nannotrigona*, particularmente en las provincias de Loja, El Oro, Pastaza y Esmeraldas. Mientras que, *Scaura* y *Plebeia* no están documentadas para la aplicación en la meliponicultura en el Ecuador; por lo que según la investigación realizada este sería el primer reporte del uso de estos géneros.

Se encontraron diferencias entre los géneros de Meliponini mencionados, pudiendo discriminarlos entre sí, con una reclasificación perfecta bajo herramientas morfométricas. En este sentido se revela la importancia de las características de la venación alar para la discriminación de grupos taxonómicos. Las características más relevantes en este caso fueron: intersección de las venas cubital (Cu) y cubital 1 (Cu1) (PAR 9); la intersección de las venas radial (R) y rama posterior de la vena radial (Rs) (PAR 3); la intersección de las venas mediana o basal (M) y rama posterior de la vena radial (Rs) (PAR 4) e intersección entre el estigma y la rama posterior de la vena radial (Rs) (PAR 6). De esta forma, las diferencias encontradas en los caracteres de la venación del ala anterior se podrían utilizar como apoyo a la clasificación y reformulación de claves dicotómicas para géneros y subgéneros de Meliponini.

En particular, las morfoespecies del género *Melipona*, se caracterizaron por desplazamientos en los PAR 3, 4, 5 y 9; en el caso de *Tetragonisca* sp., se evidenció la variación de los PAR 3, 6 y 11; en *Paratrigona* sp. ocurre el desplazamiento marcado en los PAR 3, 4 y 5; mientras que, *Nannotrigona* sp., *Plebeia* sp. y *Scaura* s.p presentaron desplazamiento del PAR 3; finalmente, *Scaura* sp. mostró desplazamiento en los PAR 3 y 4. Los resultados muestran que la morfometría geométrica de la venación alar en Meliponini, puede ser usada como una herramienta cuantitativa adicional que permite a

partir de análisis estadísticos, la discriminación de grupos taxonómicos.

Se recomienda que próximos estudios contemplen a meliponicultores de otros cantones, considerando a su vez el registro socio-cultural respecto al uso y manejo de las ANSA en la provincia de Napo. La integración de estos campos puede favorecer la comprensión y valoración del conocimiento tradicional. Se puede ampliar este trabajo con el estudio de la alométría sobre los datos aquí obtenidos. Esto nos ayudaría a aclarar las relaciones de la forma y el tamaño de los individuos.

Debido a la escasez de estudios taxonómicos en la provincia de Napo, se sugiere realizar investigaciones faunísticas con el fin de incrementar el conocimiento de las especies silvestres. Dichos estudios podrían complementarse mediante análisis moleculares y métodos morfométricos que permitan confirmar la identidad taxonómica de los especímenes recolectados.

6. Referencias

1. Arnold N, Ayala R, Mérida J, Sagot P, Aldasoro M, Vandame R. New records of stingless bees (Apidae: Meliponini) for the Mexican states of Chiapas and Oaxaca. *Rev Mex Biodivers*. 2018;89: 651–665. doi:10.22201/ib.20078706e.2018.3.2429
2. Ayala Barajas R. Revision de las abejas sin aguijon de Mexico (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mex*. 1999;123: 1–123.
3. Álvarez LJ. Diversidad de las abejas nativas de la tribu Meliponini (Hymenoptera , Apidae) en Argentina. 2015.
4. Nates-Parra G, Rosso J. Diversity of Stingless Bees (Hymenoptera : Meliponini) Used in Meliponiculture in Colombia. *Acta Biológica Colomb*. 2013;18: 415–426.
5. Roubik DW. Stingless bee nesting biology. *Apidologie*. 2006;37: 124–143. doi:10.1051/apido:2006026
6. Rasmussen C, Delgado C. Abejas sin aguijón. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. 2019.
7. Michener C. The bees of the world. 2nd ed. American Scientist. 2007.
8. Maia-Silva C, Hrncir M, da Silva CI, Imperatriz-Fonseca VL. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. *Apidologie*. 2015;46: 631–643. doi:10.1007/s13592-015-0354-1
9. Athayde S, Stepp JR, Ballester WC. Engaging indigenous and academic knowledge on bees in the Amazon : implications for environmental management and transdisciplinary research. *J Ethnobiol Ethnomed*. 2016; 1–19. doi:10.1186/s13002-016-0093-z
10. Kwapong P, Aidoo K, Combey R, Karikari A. Stingless bees: importance, management and utilisation. A training manual for stingless beekeeping. *Social Insects*. 2010.
11. Assefa A, Fisseha K, Tegegne M, Jerome A, Tack M. Indigenous knowledge of ground-nesting stingless bees in southwestern Ethiopia. *Int J Trop Insect Sci*. 2021. doi:10.1007/s42690-021-00442-6
12. Burgett M, Sangjaroen P, Yavilat J, Chuttong B. First report of hovering guard bees of the Paleotropical stingless bee *Tetrigona apicalis* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Apidologie*. 2020;51: 88–93. doi:10.1007/s13592-019-00717-5
13. Rasmussen C, Cameron SA. Global stingless bee phylogeny supports ancient

- divergence, vicariance, and long distance dispersal. Biol J Linn Soc. 2010;99: 206–232. doi:10.1111/j.1095-8312.2009.01341.x
14. García-Olivares V, Zaragoza-trello C, Ramirez J, Guerrero-Peñaranda A, Ruiz C. Caracterización rápida de la biodiversidad usando morfometría geométrica: Caso de estudio con abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) del sur de Ecuador. 2015.
 15. Barquero-Elizondo AI, Sánchez-Chaves LA, Aguilar-Monge I, Méndez-Cartín AL, Hernández-Sánchez G, Sánchez-Toruño H, et al. Asociación entre abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini) y la flora del bosque seco en la región norte de Guanacaste, Costa Rica Association Between Stingless Bees (Apidae, Meliponini) and the Dry Forest Flora in the Northern Region of Guanacaste, Costa R. Trop J Env Sci. 2019;53: 70–91. Available: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.53-1.4>
 16. Jácome Negrete I, Guarderas Flores L. Transparencia de nidos de *Melipona Favosa* Orbigny Guerin, 1844 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) a cajas-colmenas y susos de su miel, desde el conocimiento del Pueblo Kichwa de la amazonía de Ecuador. Boletín de la SEA. 2016;59: 311–317.
 17. Quezada-Euán JJG, Nates-Parra G, Maués MM, Imperatriz-Fonseca VL, Roubik DW. Economic and cultural values of stingless bees (hymenoptera: Meliponini) among ethnic groups of tropical America. Sociobiology. 2018;65: 534–557. doi:10.13102/sociobiology.v65i4.3447
 18. Mejia OA, Jiménez M. Guía para la cría y manejo de la abeja Nativa real o wimal, *Melipona indecisa*. Fundación Altotropico, Quito. 2006. Available: <https://docplayer.es/22997651-Guia-abeja-nativa-real-o-wimal.html>
 19. Ramirez JA, Ureña J V, Camacho A. Las abejas sin aguijón (Apidae:Meliponini) de la región sur del Ecuador. Estudios Universitarios Universidad de Loja. 2014;2002010010: 103–111.
 20. Villas-Boas J. Manual Tecnológico Mel de Abelhas sem Ferrão. 2012.
 21. Vit P, Medina M, Enríquez ME. Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. Bee World. 2004;85: 2–5. doi:10.1080/0005772X.2004.11099603
 22. Nates P. Guía para la cría y manejo de la abeja angelita o virginita. *Tetragonisca angustula*. 2001.

23. Cockerell T. Bees from Ecuador and Peru. New York Entomol Soc. 1914;22: 306–328.
24. Coloma Román LA. Contribución para el conocimiento de las abejas sin aguijón (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera) de Ecuador. 1986. Available: <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000020234>
25. Rasmussen C. Bees from Southern Ecuador. Lima; 2004. Available: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.245.1>
26. Roubik DW. 100 Species of Meliponines (Apidae: Meliponini) in a Parcel of Western Amazonian Forest at Yasuní Biosphere Reserve, Ecuador. Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology. Cham: Springer International Publishing; 2018. pp. 189–206. doi:10.1007/978-3-319-61839-5_14
27. Rivas Villegas JA. Evaluación económica, productiva del Bermejo (*Melipona mimética*), en la comunidad la manga parroquia Garza Real Cantón Zapotillo. 2009. Available: <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/5434>
28. Vit P, Vargas O, Lpez T, Valle F. Meliponini biodiversity and medicinal uses of pot-honey from El Oro province in Ecuador. Emirates J Food Agric. 2015;27: 502. doi:10.9755/ejfa.2015.04.079
29. Vit P, Gonzalez I, Sorroza L, Pedro SR. Caracterización físicoquímica de miel de angelita *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) producida en Esmeraldas, Ecuador / Physicochemical characterization of “angelita” *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) honey produced in Esmeraldas, Ecuador. Cienc UNEMI. 2016;9: 77–84. doi:10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp77-84p
30. Vit P, Pedro SRM, Vergara C, Deliza R. Ecuadorian honey types described by kichwa community in rio chico, Pastaza province, Ecuador using free-choice profiling. Rev Bras Farmacogn. 2017;27: 384–387. doi:10.1016/j.bjp.2017.01.005
31. Combey R, Stephanie J, Teixeira G, Bonatti V, Kwapong P, Franco TM. Geometric morphometrics reveals morphological differentiation within four African stingless bee species. Sch Res Libr Ann Biol Res. 2013; 93–103.
32. Franco TM, Wittmann D, Drauschke M, Müller S, Steinhage V, Bezerra-Laure MAF, et al. Identification of Africanized honey bees through wing morphometrics: Two fast and efficient procedures. Apidologie. 2008;39: 488–494. doi:10.1051/apido:2008028

33. dos Santos CF, Souza dos Santos PD, Marques DM, da-Costa T, Blochtein B. Geometric morphometrics of the forewing shape and size discriminate *Plebeia* species (Hymenoptera: Apidae) nesting in different substrates. *Syst Entomol.* 2019;44: 787–796. doi:10.1111/syen.12354
34. Francoy TM, Fonseca VLI. A morfometria geométrica de asas e a identificação automática de espécies de abelhas. *Oecologia Aust.* 2010.
35. Benítez HA, Püschel TA. Modelando la varianza de la forma: Morfometría geométrica aplicaciones en biología evolutiva. *Int J Morphol.* 2014;32: 998–1008. doi:10.4067/S0717-95022014000300041
36. Jaramillo N. Morfometría geométrica : principios teóricos y métodos de empleo . 2014.
37. Owen RE. Applications of Morphometrics to the Hymenoptera, Particularly Bumble Bees (*Bombus*, Apidae). *Morphometrics.* 2012. doi:10.5772/34745
38. Nogueira DS, Mahlmann T, Teixeira JSG, Oliveira ML de, Roubik DW. Geometric morphometrics of wing venation to differentiates new species of *Scaura Schwarz* populations (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Sci Plena.* 2019;15. doi:10.14808/sci.plena.2019.018001
39. Prado-Silva A, Nunes LA, De Oliveira Alves RM, Carneiro PLS, Waldschmidt AM. Variation of fore wing shape in *Melipona mandacaia* Smith, 1863 (Hymenoptera, Meliponini) along its geographic range. *J Hymenopt Res.* 2016;48: 85–94. doi:10.3897/JHR.48.6619
40. Rattanawanee A, Duangpakdee O, Rod-Im P, Hepburn R. Discrimination of two *Tetragonula* (Apidae: Meliponini) species in Thailand using geometric morphometric analysis of wing venation. *Kasetsart J - Nat Sci.* 2015;49: 700–710.
41. Vijayakumar K, Jayaraj R. Geometric morphometry analysis of three species of stingless bees in India. *Int J Life Sci Educ Res.* 2013;1: 91–95.
42. Nates P. Las Abejas sin Aguijón (Hymenoptera : Apidae). *Biota Colomb.* 2001;2: 233–248.
43. Prado SG, Ngo HT, Florez JA, Collazo JA. Sampling bees in tropical forests and agroecosystems : a review. *J Insect Conserv.* 2017;21: 753–770. doi:10.1007/s10841-017-0018-8

44. dos Santos CF, Halinski R, de Souza dos Santos PD, Almeida EAB, Blochtein B. Looking beyond the flowers: associations of stingless bees with sap-sucking insects. *Sci Nat*. 2019;106. doi:10.1007/s00114-019-1608-y
45. Brown JC, Albrecht C. The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus *Melipona* (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. *J Biogeogr*. 2006;28: 623–634.
46. GAD Cantonal Tena. Actualización: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. 2014; 1–96.
47. GADMA. Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Archidona. Dir Planif del GADM Arch. 2014; 1–174. Available: www.archidona.gob.ec
48. Definición de: Morfoespecie. [cited 13 Jun 2021]. Available: <https://bioweb.bio/floraweb/arbolesyasuni/Glosario/Definicion/979>
49. Campos M, Alche JD, Porcel M, Paredes D. Comunidad de abejas asociadas a las cubiertas vegetales del olivar. *Fruticultura*. 2017; 78–87. Available: <https://www.semillasilvestres.com/wp-content/uploads/comunidad-abejas.pdf>
50. Almeida AQ de, Filho S, Abdon L, Alfredo C, Daisy C, Paulo A. Estudio de la diversidad funcional entomológica asociada a agroecosistemas con manejo agroecológico. *Cad Agroecol*. 2017;13: 6.
51. Adams BJ, Chen X, Hooper-Bùi LM. A comparison of two insect collection techniques in oiled and non-oiled salt marshes in Louisiana. *Florida Entomol*. 2017;100: 366–371. doi:10.1653/024.100.0236
52. Sáenz-Romo MG, Veas-Bernal A, Martínez-García H, Campos-Herrera R, Ibáñez-Pascual S, Martínez-Villar E, et al. Ground cover management in a Mediterranean vineyard: Impact on insect abundance and diversity. *Agric Ecosyst Environ*. 2019;283: 106571. doi:10.1016/j.agee.2019.106571
53. Márquez J. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Soc Entomológica Aragon*. 2005;37: 385–408.
54. Durango Manrique YS, Ramírez Mora MA. Identificación y montaje de adultos de moscas de importancia forense. Sello Editorial Tecnológico de Antioquia; 2018. Available: <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1273>
55. Silveira FA, Melo GAR, Almeida EAB. Abelhas brasileiras : sistemática e identificação.

- 2002.
56. Francoy TM, Grassi ML, Imperatriz-Fonseca VL, De Jesús May-Itzá W, Quezada-Euán JG. Geometric morphometrics of the wing as a tool for assigning genetic lineages and geographic origin to *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponini). *Apidologie*. 2011;42: 499–507. doi:10.1007/s13592-011-0013-0
 57. Rohlf FJ. The tps series of software. *Hystrix*. 2015;26: 1–4. doi:10.4404/hystrix-26.1-11264
 58. Rohlf FJ. tpsDig, Digitize Landmarks and Outlines. Department of Ecology and Evolution, State University of New York.; 2018.
 59. Adams D, Collyer M, Kaliontzopoulou A, Baken E. Geomorph: Software for geometric morphometric analyses. R package version 4.0. 2021.
 60. Museum NH. Past 4 - the Past of the Future. [cited 21 Aug 2021]. Available: <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>
 61. Molina Jácome RD. Estudio de la abeja sin aguijón de la tribu Meliponini de la parte alta (Transecto 1) de la microcuenca del río Yungañan. 2020.
 62. Judith ES, Alejandro LS, Sampaio KM, Elisabeth FH. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*. 2006;37: 293–315. doi:10.1051/apido:2006022
 63. Cortopassi-Laurino M, Lucia Imperatriz-Fonseca V, Roubik DW, Dollin A, Heard T, Aguilar I, et al. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*. 2006;37: 275–292. doi:10.1051/apido:2006027
 64. Roubik DW, Aluja M. Flight Ranges of *Melipona* and *Trigona* in Tropical Forest. 1983 [cited 24 Aug 2021]. Available: <https://www.jstor.org/stable/25084398>
 65. Nijhout HF, Callier V. Developmental mechanisms of body size and wing-body scaling in insects. *Annu Rev Entomol*. 2015;60: 141–156. doi:10.1146/annurev-ento-010814-020841
 66. Nunes LA, Passos GB, Carvalho CAL, Araújo ED. Tamanho e Forma em *Melipona quadrifasciata* anthidioides Lepeletier, 1836 (Hymenoptera; Meliponini). *Brazilian J Biol*. 2013;73: 887–893. doi:10.1590/S1519-698420130004000027
 67. Belyaev OA, Farisenkov SE. A Study on Allometry of Wing Shape and Venation in Insects. Part 1. Hymenoptera. *Moscow Univ Biol Sci Bull* 2018 734. 2019;73: 229–

235. doi:10.3103/S0096392518040028
68. Danforth BN. The evolution of hymenopteran wings: the importance of size. *J Zool.* 1989;218: 247–276. doi:10.1111/J.1469-7998.1989.TB02536.X
69. Francoy T, Silva R, Nunes-Silva P, Menezes C, Imperatriz-Fonseca V. Gender identification of five genera of stingless bees (Apidae, Meliponini) based on wing morphology. *Genet Mol Res.* 2009;8: 207–214. Available: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
70. Tüzün A. Significance of wing morphometry in distinguishing some of the hymenoptera species. *African J Biotechnol.* 2009;8: 3353–3363. doi:10.4314/ajb.v8i14.61097
71. Torre-Bueno J. The Torre-Bueno glossary of entomology. The New York Entomological Society; 1989.

7. Anexos

Anexo 1. Autorización de recolección de especímenes de especies de diversidad biológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLOGICA No. 1340

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAAE-ARSFC-2021-1340

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2021-06-09	2022-06-09

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLOGICO
1725525222	BONILLA FARINANGO KAREN VANESSA	Ecuatoriana	No Posee		Insecta
1757595788	LIRIA SALAZAR JONATHAN	Venezolana	86211675		Insecta

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLOGICA:

Nombre del Proyecto: Caracterización de biodiversidad de abejas sin aguijón de la tribu meliponini usadas en la meliponicultura en el cantón Tena

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCION CON EL PROPOSITO DE:

Caracterizar la diversidad de abejas sin aguijón que están siendo usadas para la producción de miel, a través de morfometría geométrica para generar una línea base que permita su futuro manejo.
Reconocer a los individuos a partir de una clave dicotómica
Hacer uso de herramientas de morfometría geométrica a través de una fotografía del ala derecha anterior de cada individuo.
Recolectar un mínimo de 16 individuos de abejas sin aguijón por morfoespecie

8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
NAPO	RESERVA BIOLOGICA COLONSO CHALUPAS	CUENCAS DE LOS RIOS COLONSO, TENA, SHITI

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	N° MUESTRA	N° LOTE
null	Hymenoptera	NA	NA	NA	Individuo	500	

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Se recolectará a los individuos, con la participación de meliponicultores del cantón Tena. Estos nos facilitarán un total de 16 individuos por morfoespecie. Los individuos serán recolectados con aspiradoras para insectos y bolsas de tul, de manera que la recolección no sea invasiva para la colonia.
FASE DE PRESERVACIÓN:	Los individuos en bolsas de tul serán conservados a temperaturas bajo cero por cinco horas, y después se pasará a colocarlos en viales de vidrio. Después de esto los individuos serán montados en cajas entomológicas con ayuda de alfileres de entomología.

11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:	En la reserva de las muestras en viales de vidrio. Para la identificación por claves dicotómicas se usará la ayuda de un estereoscopio. Para la toma de la fotografía del ala anterior derecha se usará un estereoscopio con cámara. Y, a partir de estas fotografías se hará un análisis morfométrico.
---	---

12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCION.

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
------------------------------	-------------	----------------------

Insecta	PINZAS METÁLICAS, ESTEREOSCOPIO,	Equipo en Laboratorio
Insecta	VIALES DE VIDRIO, PINZAS ENTOMOLÓGICAS, ACOHOL, ASPIRADORA DE INSECTOS, MARCADORES, BOLSAS DE TUL	Material en Campo
Insecta	VIALES DE VIDRIO ,ALCOHOL, ALFILERES ENTOMOLÓGICOS, TIJERAS, PINZAS, CAJAS PETRI, ALCOHOL PAPEL DE 100 AÑOS, GOMA, CAJA ENTOMOLÓGICA,	Material en Laboratorio

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Insecta	Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales -INB
---------	--

14.- RESULTADOS ESPERADOS

Se espera: (1) identificar, en lo posible hasta el nivel de especie, a las morfoespecies recolectadas y (2) encontrar diferencias morfométricas cuantificables, para diferenciar a las morfoespecies encontradas. Se piensa obtener un análisis de componentes principales donde se pueda visualizar los resultados de la diferencia en la similitud morfométrica de los individuos y morfoespecies recolectadas.

15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DECISIONES A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.

METAS	DESCRIPCIÓN
Meta04.19.01 Para el 2021, el Ecuador implementa a agenda nacional de investigaciones, con el involucramiento de la academia, sector público, privado, pueblos y nacionalidades.	En Ecuador, se realizó un primer inventario por (Coloma, 1986), donde reporta 73 especies de abejas sin aguijón, y la Pontificia Universidad Católica ha llegando a registrar hasta 100 especies. Este estudio aportará con conocimiento sobre las especies que se usan para la extracción de miel.

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

1. Solicitud de: **BONILLA FARINANGO KAREN VANESSA**
2. Institución Nacional Científica : **UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZONICA IKIAM**
3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2022/05/25**
4. Valoración técnica del proyecto: **AULESTIA CORDOVA DARWIN PAUL**
5. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.**

6. Esta Autorización NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS, sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.

8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico recolectado.
- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolecto el material biológico.

11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.

13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **BONILLA FARINANGO KAREN VANESSA**.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
LAGLA CHIMBA BYRON ADRIAN
2021-08-03

Anexo 2. Glosario

1. **Raza geográfica:** subdivisión localizada cuyo proceso evolutivo no alcanza un nivel específico. Difiere genética y taxonómicamente de otras subdivisiones de la especie.
2. **Epi:** área superior al mesepisterno, y delante del metepisterno [3].
3. **Escapo:** parte basal de las antenas [3].
4. **Escutelo:** parte posterior del mesosoma siguiendo al mesoescudo, en himenópteros forma una pequeña placa triangular [3].
5. **Mesepisterno:** área interna del mesosoma.
6. **Metepisterno:** placa endurecida que ocupa el área lateral del tórax [3].
7. **Morfoespecie:** conjunto de individuos que se consideran como especie, pero no presentan una identificación taxonómica [48].
8. **Pubescencia:** pelo, corto, fino, suave y algunas veces erecto [71].
9. **Tarsos:** quinta parte de las patas, contadas desde el cuerpo, se divide en segmentos: Basitarso, mediotarsos o tasómeros y distitarso [3].
10. **Tergos metasomales:** segmentos externos del metasoma [3,71].
11. **Glabra:** suave, que no tiene pubescencia, o que está desnudo [71].
12. **Esternos metasomales:** segmentos internos del metasoma [3,71].
13. **Corbícula:** superficie externa de la tibia posterior que es cóncava y tiene un margen de pelos [55].
14. **Keitotrichia:** pilosidad corta, fina y densa [2].
15. **Área Paraocular:** área interna junto al ojo [3].
16. **Propódeo:** primer segmento del abdomen fusionado al tórax en los himenópteros [3].

Anexo 3. Información de la recolección de los individuos

Tabla 4. Base de datos digital con información sobre los individuos, recolección e identificación

Ubicación	Colector	N	Fecha	Género	Identificador
-0.96953, -77.80451	Uli, Karen B., Jonathan L.	16	5/4/2021	<i>Melipona</i> (<i>Melikerria</i>) sp.	Karen B.
-0.90309, -77.80269	Brian	16	5/4/2021	<i>Melipona</i> (<i>Melikerria</i>) sp.	Karen B.
-0.90309, -77.80269	Brian	16	5/4/2021	<i>Melipona</i> (<i>Michmelia</i>) sp1.	Karen B.
-0.96953, -77.80451	Uli, Karen B., Jonathan L.	16	5/4/2021	<i>Melipona</i> (<i>Michmelia</i>) sp1.	Karen B.
-0.96953, -77.80451	Uli, Karen B., Jonathan L.	16	5/4/2021	<i>Melipona</i> (<i>Michmelia</i>) sp2.	Karen B.
-0.96953, -77.80451	Uli, Karen B., Jonathan L.	5	5/4/2021	<i>Tetragonisca</i> sp.	Karen B.
-0.90309, -77.80269	Brian	12	5/4/2021	<i>Tetragonisca</i> sp.	Karen B.
-0.96953, -77.80451	Uli, Karen B., Jonathan L.	16	5/4/2021	<i>Paratrigona</i> sp.	Karen B.
-0.96953, -77.80451	Uli, Karen B., Jonathan L.	16	5/4/2021	<i>Nanotrigona</i> sp.	Karen B.
-0.90309, -77.80269	Brian	15	5/4/2021	<i>Scaura</i> sp.	Karen B.
	Jaime M., Karen B., Jonathan L	16	5/4/2021	<i>Plebeia</i> sp.	Karen B.

Anexo 4. Proporción de representación de varianza del Análisis de Componentes Principales

Tabla 5. Proporción de representación de los PAR dado por los dos primeros componentes principales PC1 y PC2

	PC1	PC2		PC1	PC2
1.X	0.05	0.09	1.Y	0.07	-0.18
2.X	0.09	-0.04	2.Y	0.16	-0.33
3.X	-0.06	0.44	3.Y	0.2	0.04
4.X	0.04	0.41	4.Y	0.18	-0.05
5.X	0.28	0.16	5.Y	-0.04	0.15
6.X	-0.26	0.09	6.Y	0.15	0.14
7.X	-0.25	-0.2	7.Y	0.03	0.11
8.X	0.07	-0.24	8.Y	-0.21	0.09

9.X	0.37	-0.37	9.Y	-0.39	0.01
10.X	0.14	-0.08	10.Y	-0.22	-0.18
11.X	-0.48	-0.26	11.Y	0.06	0.21

Anexo 5. Rejillas de deformación de las ocho morfoespecies con respecto a la forma consenso

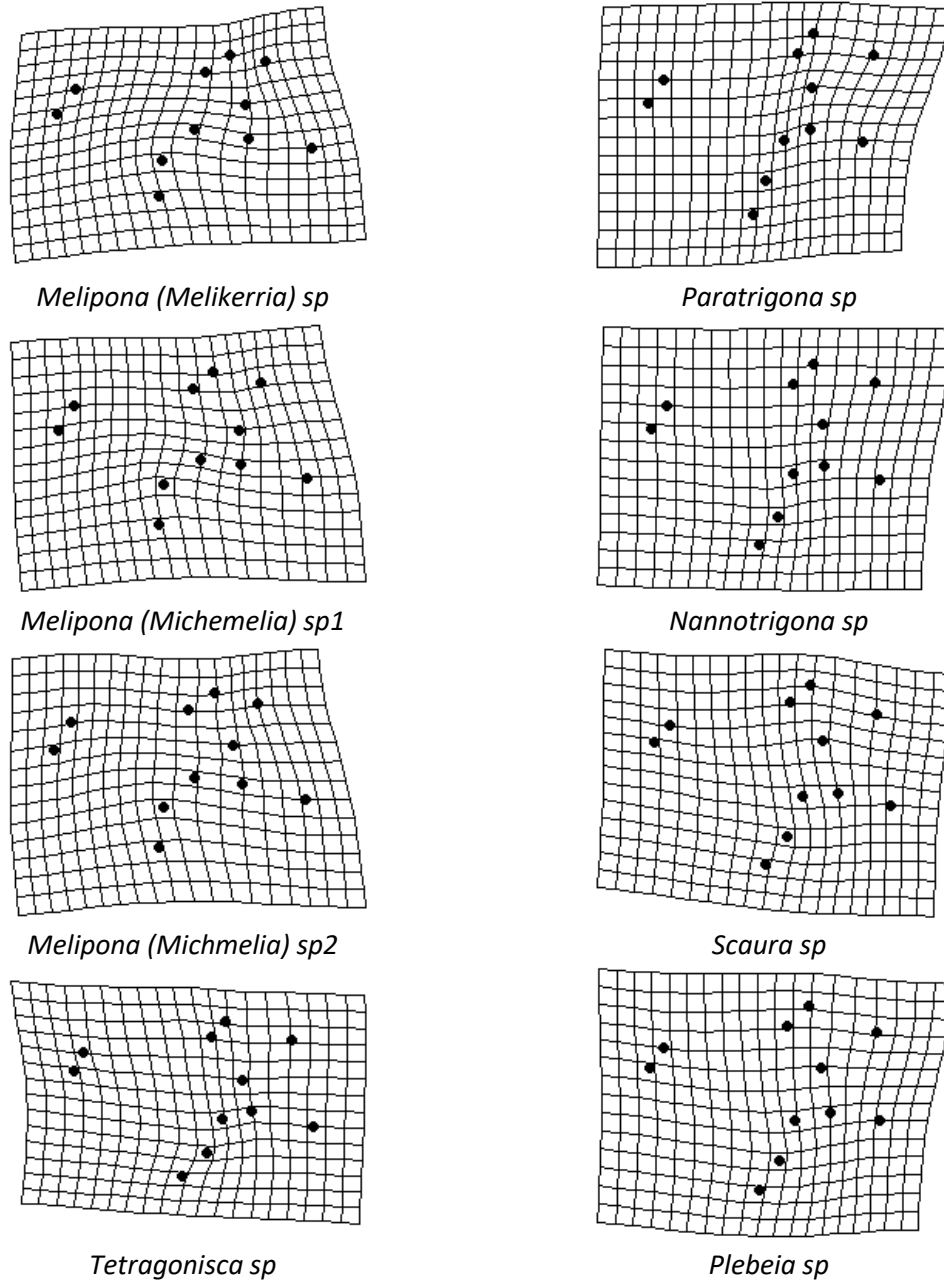


Figura 18. Rejillas de deformación consenso para cada morfoespecie con respecto a la forma consenso general