



Secretaría Nacional  
de Ciencia y Tecnología



**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -CONCYT-  
SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -SENACYT-  
FONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -FONACYT-  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
CENTRO DE ESTUDIOS CONSERVACIONISTAS -CECON-  
UNIDAD PARA EL CONOCIMIENTO, USO Y VALORACIÓN DE LA  
BIODIVERSIDAD**

**INFORME FINAL**

*Evaluación e implementación en Guatemala del Código de Barras de la Vida para  
resolver conflictos taxonómicos en abejorros (Bombus)*

**PROYECTO FODECYT No. 032-2012**

María José Dardón Peralta  
**Investigadora Principal**

GUATEMALA, MARZO 2015



**Equipo de Investigación**

**María José Dardón Peralta  
Carmen Lucía Yurrita Obiols  
Patricia Landaverde González  
Mabel Anelisse Vásquez Soto  
Natalia Escobedo Kenefic**

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero dentro del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología -FONACYT-, otorgado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT- y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONCYT-.

## **OTROS AGRADECIMIENTOS**

Conocer la fauna de nuestro país requiere de mucho esfuerzo y dedicación para la recolecta de especímenes en el campo y para su estudio en el laboratorio. Esta labor se realiza con el apoyo de diversos actores, individuales e institucionales, a los que queremos manifestar nuestro agradecimiento. Damos inicio con reconocer el aporte valioso del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que, a través del apoyo financiero otorgado por medio de los proyectos FODECYT 013-2009 y 032-2012, nos ha permitido conocer aspectos sobre la distribución, la ecología y la situación taxonómica de las especies de abejorros de Guatemala, de donde nació esta publicación.

Queremos aprovechar para agradecer a aquellos que, a través de la colecta de abejas en el país, han contribuido a enriquecer la Colección de Abejas Nativas de la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, CECON. También agradecemos a las instituciones académicas, áreas protegidas, fincas privadas y municipalidades por las facilidades otorgadas para la colecta de abejorros dentro de su jurisdicción. De manera especial, agradecemos el apoyo de otros grupos de investigación que contribuyeron para la realización de este trabajo: Laboratorio LENAP y herbarios BIGU y USCG, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Por último, agradecemos sinceramente a Ana Gabriela Armas y a Jessica López por el apoyo brindado durante la realización del proyecto FODECYT 032-2012, y al Dr. Ricardo Ayala de la Universidad Nacional Autónoma de México por su apoyo en el estudio de abejas nativas de Guatemala.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>2</b>
<b>PARTE I</b>	
<b>I.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>5</b>
I.2.1 Antecedentes en Guatemala	5
I.2.2 Justificación del trabajo de investigación	6
<b>I.3 OBJETIVOS E HIPOTESIS</b>	<b>8</b>
I.3.1 Objetivos	
I.3.1.1 General	8
I.3.1.2 Específicos	8
I.3.1.3 Hipótesis	8
<b>I.4 METODOLOGÍA</b>	<b>9</b>
I.4.1 Localización	9
I.4.2 Las variables	
I.4.2.1 Variables dependientes	9
I.4.2.2 Variables independientes	9
I.4.3 Indicadores	9
I.4.4 Estrategia metodológica	9
I.4.3.1 Población y muestra	9
I.4.5 El método	10
I.4.6 La técnica estadística	20
I.4.7 Los instrumentos a utilizar	20
<b>PARTE II</b>	
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
II.1 Importancia de las abejas	21
II.2 Abejorros del género <i>Bombus</i>	21
II.3 Código de Barras de la Vida	23
II.4 ¿Cómo se realiza el código de Barras de la Vida?	24
<b>PARTE III</b>	
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>25</b>
<b>III.1</b> Discusión de resultados	66
<b>PARTE IV.</b>	
<b>IV.1 CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>
<b>IV.2 RECOMENDACIONES</b>	<b>74</b>
<b>IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>75</b>
<b>IV.4 ANEXOS</b>	<b>81</b>
<b>PARTE V</b>	
<b>V.1 INFORME FINANCIERO</b>	<b>103</b>

## RESUMEN

Los abejorros son abejas de gran importancia por su capacidad de polinización, cualidad por la que existe una creciente demanda de estas abejas como polinizadores en invernadero. Debido a los problemas taxonómicos observados en este grupo de abejas, las especies no han sido claramente definidas, lo que es indispensable para desarrollar su tecnificación. Este proyecto propone resolver el conflicto taxonómico de los abejorros en Guatemala empleando caracteres morfológicos y moleculares, este último por medio del Código de Barras de la Vida. El uso de un caracter molecular para resolver problemas taxonómicos de especies en abejas es una técnica novedosa en nuestro país, convirtiéndose en un trabajo pionero de taxonomía integrativa en Apoidea para Guatemala.

Este informe es producto de una exhaustiva revisión bibliográfica, así como de un minucioso estudio de laboratorio para el análisis de caracteres morfológicos, morfométricos y moleculares para la discriminación de especies. Los resultados obtenidos permitieron generar un listado de abejorros presentes en Guatemala, que está conformado por *B. brachycephalus*, *B. macgregori*, *B. variabilis*, *B. medius*, *B. mexicanus*, *B. pullatus* y *B. weisi*, *B. trinominatus*, *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*. Estas dos últimas, resultaron ser tan cercanas que parecen corresponder a una sinonimia. Esta información se corrobora con los datos obtenidos por el código de barras de la vida, que analiza una pequeña región génica (citocromo oxidasa COI) y que se considera la mejor herramienta para la discriminación de especies. La taxonomía integrativa es crucial para el conocimiento de las especies, en la que los caracteres moleculares, a pesar de ser costosos, son determinantes. No obstante, es necesario confirmar estos resultados con un mayor número de individuos provenientes de toda el área de distribución de las especies, con énfasis en *B. ephippiatus* - *B. wilmattae* y *B. brachycephalus*- *B. macgregori*.

Con este estudio, Guatemala contribuye a reducir los vacíos taxonómicos en las especies de abejorros presentes en nuestro país. Así mismo, provee información valiosa para el desarrollo de planes de manejo y conservación de las especies, proporcionando datos sobre la biología, distribución e identificación de abejorros.

## SUMMARY

Bumblebees are known among bees for their pollination proficiency, and are increasingly demanded to be used as pollinators for greenhouse crops. In order to develop systematic bumblebee breeding protocols, the resolution of taxonomic conflicts within the group is indispensable. This work proposes a resolution to taxonomic conflicts in Guatemalan bumblebees, using measurements of morphological characters and molecular characters from the Barcode of Life Initiative (BOL). The use of morphological characters for the resolution of taxonomic conflicts in bee groups is a novel technique in Guatemala, making this a pioneer work in integrative taxonomy of Apoidea for our country.

This report is the product of an exhaustive bibliographic review, as well as a meticulous laboratory analysis of morphological, morphometric and molecular characters, used to discriminate species. The obtained results were used to generate a list of the bumblebee species present in Guatemala, consisting of *B. brachycephalus*, *B. macgregori*, *B. variabilis*, *B. medius*, *B. mexicanus*, *B. pullatus*, *B. weisi*, *B. trinominatus*, *B. ephippiatus* and *B. wilmattae*. These last two species seem to be synonyms, given their close similarity. This was also corroborated with data from BOL, which analyzes a small gene region (cytochrome oxidase COI) and it is considered to be the best tool for species discrimination. Integrative taxonomy is essential to the understanding and differentiation of species, given that it takes into consideration molecular characters that, despite being expensive, are decisive. Although, it is necessary to corroborate this results using a larger number of individuals from the entire distribution area of each species, especially for the *B. ephippiatus* - *B. wilmattae* and *B. brachycephalus*- *B. macgregori* groups.

This study constitutes a contribution to reduce the taxonomic voids for bumblebees in Guatemala. Also, it offers valuable information about biology, distribution and identification criteria, which are useful to the development of management and conservation plans for bumblebee species.

## I. 1 INTRODUCCIÓN

Las abejas del género *Bombus* (superfamilia Apoidea), conocidas también como abejorros de la tierra (porque anidan bajo la tierra), son al igual que la mayoría de las abejas, excelentes agentes polinizadores de plantas silvestres y agrícolas. Su importancia llevó a que en la década de los 80 la especie de abejorro, *Bombus terrestris* L., fuera utilizada en Holanda de manera comercial para el cultivo de tomates en invernadero. Esta especie, nativa de Europa, ha sido desde entonces criada a gran escala y exportada a distintos países, pese a que la introducción de especies no nativas puede acarrear problemas que afecten a las poblaciones nativas. El estudio de abejorros nativos es necesario para lograr la conservación de sus poblaciones silvestres. Además, con base en el conocimiento adquirido sobre su biología, ecología, distribución y diversidad será posible desarrollar estrategias para aprovecharlas de manera eficiente en la polinización de cultivos de importancia agrícola e investigar sobre la tecnificación de su crianza.

Un estudio previo, realizado de forma sistemática en Guatemala, reportó la presencia de 10 especies de abejorros, sin embargo la correcta clasificación taxonómica de estas especies resultó complicada. Algunas de estas especies presentan claros problemas taxonómicos y su diferenciación radica empleando únicamente el patrón de coloración. Esto hace necesario el uso de nuevas herramientas que permita discriminarlas, como la biología molecular. Esta aporta una nueva dimensión al entendimiento de la biodiversidad y es utilizada actualmente en varios países para la determinación de diversas especies de abejas, entre ellas *Bombus*.

Este proyecto propone, a través de la recolección en regiones con ausencia de colecta y la evaluación de especímenes de las diferentes especies de *Bombus*, resolver el conflicto taxonómico de los abejorros en Guatemala a través de análisis sistemáticos empleando características morfológicas y un carácter molecular. El uso del carácter molecular -COI-, por primera vez para el estudio de abejas en Guatemala, integrado a caracteres morfológicos da como resultado un trabajo pionero de taxonomía integrativa de Apoidea en nuestro país.



Este trabajo contribuye en la diferenciación de especies de abejorros (*Bombus*) en nuestro país, útil para continuar con la tecnificación de abejorros nativos para ser empleados en la polinización de cultivos de importancia económica, aunque para ello es necesario considerar también aspectos de biología y etología de las especies. La información presentada conviene corroborarla, empleando individuos provenientes de localidades representativas de todo el rango de distribución que muestren las especies. Así mismo, hay que considerar que los resultados acá presentados para las especies poco comunes, con poblaciones pequeñas, requieren de un mayor esfuerzo de recolecta para aumentar la cantidad de individuos a estudiar y lograr ser confirmados.

## I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### I.2.1 Antecedentes en Guatemala

El estudio sistemático de la diversidad de abejas de Guatemala dio inicio en el 2003, conociendo la riqueza de especies presentes en Chiquimula (Enriquez et al 2004). A partir de este trabajo se derivan estudios sistemáticos en la Ecorregión Lachuá, El Progreso e Izabal, y se realizan recolectas puntuales en diversas zonas del país. Estos esfuerzos permitieron la creación de la colección de abejas nativas, que cuenta en la actualidad con más de 18,000 ejemplares, en donde se albergan diversos grupos de importancia ecológica, cultural y económica.

De la diversidad apícola presente en nuestro país, los abejorros (Hymenoptera: Apoidea: Apidae: Bombini: *Bombus*) conforman uno de los grupos de mayor relevancia por su diversidad, abundancia y biología. Son abejas de tamaño mediano que resultan atractivos visualmente debido a los patrones de coloración que exhibe la pilosidad de su cuerpo. Así mismo, son abejas polinizadoras de los ecosistemas naturales y de cultivos de importancia económica.

El primer estudio del género *Bombus* en Guatemala (Vásquez et al 2010) indicó la presencia de 8 especies y 2 morfoespecies, reduciendo el número dado por Marroquín (2000) y Abrahamovich (2004) que reportaban 12 especies, señalando además que existe mucha variación morfológica que dificulta su diferenciación y que posiblemente el número de especies sea mayor. La diferenciación de especies de abejorros presenta una serie de problemas taxonómicos, debido a que en muchos casos su descripción se ha centrado en los patrones de coloración, y que para su resolución se requiere de un estudio exhaustivo empleando diversas técnicas.

Además del interés científico en resolver los conflictos taxonómicos de los abejorros y conocer el total de especies presentes en nuestro país, debe considerarse la demanda del sector agrícola por el desarrollo de estudios que propicien la crianza de abejorros para proveer colmenas que aumenten la productividad de determinados cultivos.

## I.2.2 Justificación el trabajo de investigación

El mundo cruza una crisis de taxonomía, en donde no hay suficientes profesionales dedicados a resolver los problemas entre las especies, aunado a que las técnicas tradicionales han resultado insuficientes. Ante esto es necesario el desarrollo e implementación de nuevas herramientas que permitan resolver los problemas taxonómicos, especialmente en aquellos grupos de importancia biológica, económica y/o cultural. Un ejemplo de estas herramientas es la innovadora técnica del Código de Barras de la Vida, que ha resultado efectiva para la identificación de especies.

En Mesoamérica, los abejorros (*Bombus*) presentan dificultades en la correcta diferenciación de las especies. Esto se refleja en las claves taxonómicas donde se describen características ligadas a los patrones de coloración de la pilosidad del cuerpo, carácter muy variable que se pierde conforme transcurre el tiempo. Estas abejas además de su importancia biológica como polinizadores de ecosistemas naturales son útiles para polinizar cultivos económicamente relevantes. Por lo que existe una demanda de colonias de abejorros con este fin, sin embargo para esto es necesario desarrollar la crianza de abejorros. En Guatemala esto no ha sido posible, dado que las especies no están claramente definidas, y hoy en día es introducido *Bombus impatiens*, lo que conlleva a una serie de problemas ocasionados por especies invasoras. Es evidente la urgencia de resolver los problemas taxonómicos de los abejorros presentes en Guatemala, empleando caracteres morfológicos y siendo indispensable la utilización de técnicas moleculares de punta que agilicen esta tarea.

La biología molecular es una herramienta utilizada principalmente para el estudio de la herencia en los seres vivos, sin embargo en los últimos años ha ido más allá mediante la diferenciación de las especies. Contribuyendo al estudio de dinámicas ecológicas, rastreo del origen de especies, demografía de las poblaciones e historias ancestrales. Al observar la enorme cantidad de información que se puede obtener de un segmento de ADN, dio origen la Iniciativa del Código de Barras de la Vida, que tiene como fin el uso de un marcador de ADN (COI) para el reconocimiento de especies a nivel

mundial. La técnica permite que a las descripciones morfológicas y clasificaciones de las especies realizadas por taxónomos pueda agregarse información de una secuencia de ADN, resolviendo así discrepancias no resueltas con caracteres morfológicos. De esta forma se propone resolver los problemas taxonómicos identificados en las especies del género *Bombus* en Guatemala.

En la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad se cuenta con especialistas que han logrado identificar gran parte de los ejemplares de abejorros depositados en las colecciones entomológicas de nuestro país. Sin embargo, existen especímenes que aún no han sido determinados hasta especie debido a la ausencia de pilosidad y a la variación observada en la coloración de esta. Establecer la correcta identidad taxonómica de las especies dentro del género es una necesidad, tanto por el conocimiento de la riqueza de especies y su distribución en Guatemala, y porque el tener claramente diferenciadas las especies de *Bombus* podrá iniciarse con la tecnificación de abejorros nativos con potencial para la polinización de cultivos. De igual forma, contribuirá a la conservación de las especies que participan en la polinización de los ecosistemas naturales.

Al mismo tiempo, con el desarrollo de esta investigación se introduce una técnica novedosa que se emplea a nivel mundial como herramienta para resolver problemas taxonómicos, haciendo que Guatemala (un país altamente diverso pero con pocos recursos que necesita conocer su diversidad y los beneficios que pueda obtener de ella) participe en una red internacional de colaboración y conocimiento científico.

### **I.3 OBJETIVOS**

#### **General**

- Implementar en Guatemala el Código de Barras de la Vida para resolver el conflicto taxonómico de abejorros (*Bombus*).

#### **Específicos**

- Colectar y evaluar especímenes de las diferentes especies de *Bombus* presentes en Guatemala en regiones con ausencia de colecta.
- Realizar análisis sistemáticos en base a características morfológicas de las diferentes especies dentro del género *Bombus* en Guatemala.
- Hacer uso por primera vez en Guatemala del Código de Barras de la Vida para obtener la información genética de los abejorros de Guatemala a partir del COI, marcador escogido para el Código de Barras de la Vida en animales.
- Efectuar una breve diagnosis de la identidad taxonómica de las especies de *Bombus* en Guatemala basada en características morfológicas y uno molecular.
- Realizar un manual pictórico de identificación que contenga dicha información para su uso en beneficio del ambiente, agroindustria y el conocimiento.
- Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.

### **HIPÓTESIS**

Existen en Guatemala más de 10 especies del género *Bombus*, las que se pueden reconocer mediante el uso de las técnicas del Código de Barras de la Vida y sistemática de datos morfológicos

## **I.4 METODOLOGÍA**

### **I.4.1 Localización**

El presente trabajo se realizó estudiando ejemplares de abejorros de todo el país, presentes en la Colección de Abejas Nativas (CECON), de la Colección de Invertebrados del Museo de Historia Natural, de la Colección de Insectos de la Escuela Nacional de Agricultura, material tipo del Centro de Biodiversidad Naturalis de Holanda y ejemplares de la Colección de Abejas de la Estación Biológica Chamela, Jalisco, México.

### **I.4.2 Las variables**

#### **I.4.2.1 Variables dependientes:**

Caracteres morfológicos

Caracteres morfométricos

Caracter molecular -COI-

#### **I.4.2.2 Variables independientes:**

10 morfoespecies de abejorros identificados para Guatemala.

### **I.4.3 Indicadores**

-71 caracteres morfológicos y sus estados en ejemplares obreras, machos y reinas de abejorros.

-13 caracteres morfométricos en ejemplares obreras, machos y reinas de abejorros.

-1 caracter molecular -COI- en ejemplares hembras y machos, cuando fue posible.

### **I.4.4 Estrategia metodológica**

#### **I.4.3.1 Población y muestra**

La población corresponde a individuos del total de morfoespecies de abejorros presentes en Guatemala. La muestra se restringe al material disponible en las colecciones estudiadas.

#### **I.4.5 El método**

La estrategia metodológica se presenta en base a los objetivos planteados en el estudio.

#### ***Recolectar especímenes de las diferentes especies de Bombus presentes en Guatemala en regiones con ausencia de colecta.***

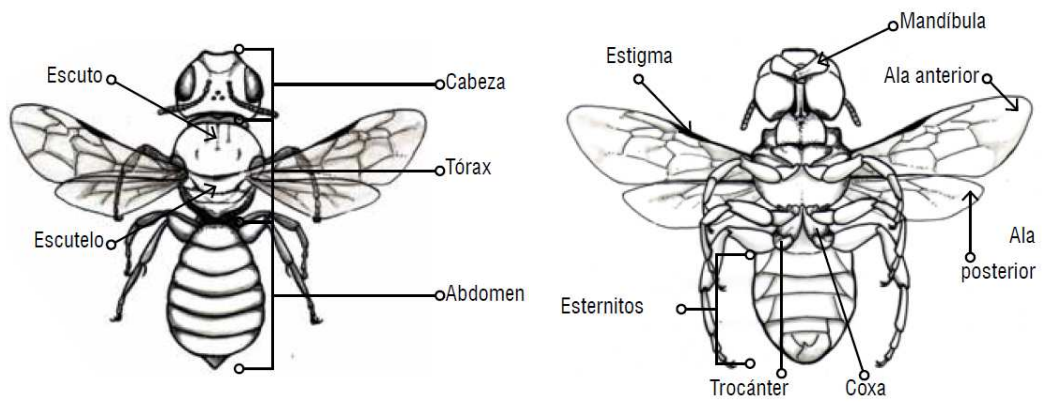
Para el cumplimiento de esta actividad la recolecta de ejemplares de abejorros se realizó empleando redes entomológicas, colocando las abejas en cámaras letales (provistas con cianuro) y después ubicándolas junto a los datos de recolecta en frascos, para ser procesadas posteriormente en el laboratorio. Los datos fueron anotados en las libretas de campo, en donde se incluyeron las coordenadas geográficas y sitio exacto en el que se encontraron las abejas. En el caso de los ejemplares encontrados en plantas con flor, se tomaron muestras vegetales en prensas de herbario para su posterior identificación. En el laboratorio, los especímenes de abejorros fueron montados en alfileres entomológicos y etiquetados. La información de cada individuo fue introducida a la base de datos de la Colección de Abejas Nativas.

#### ***Realizar análisis sistemáticos en base a características morfológicas de las diferentes especies dentro del género Bombus en Guatemala.***

##### **I. Estudio morfológico.**

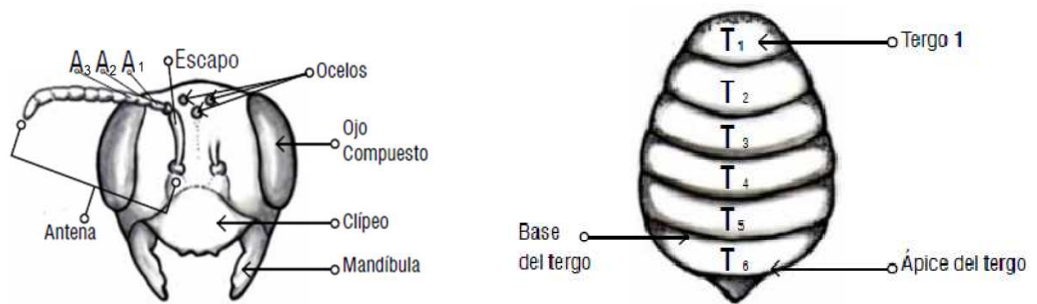
Se estudió un total de 2,922 abejorros, 2738 ejemplares correspondientes a la Colección Entomológica de la Unidad de Biodiversidad del CECON y 184 especímenes de la Colección del Museo de Historia Natural de la Escuela de Biología. Para el estudio de las características morfológicas de los grupos taxonómicos del género fue necesaria la revisión minuciosa de las diferentes estructuras corporales, tomándose información sobre 71 caracteres distintos y sus respectivos estados (Anexo 1). A continuación se incluyen los esquemas empleados de la estructuras analizadas, reelaborados por N. Escobedo (Schmid-Egger & Scheuchl 1997) que resultan útiles en el estudio de la morfología de abejas (Figura 1, 2 y 3).

**Fig. 1.** Vista dorsal (izquierda) y vista lateral (derecha) del cuerpo de una abeja



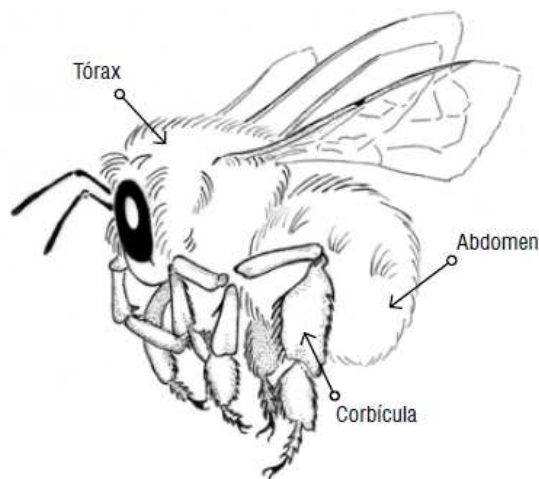
Fuente. Schmid-Egger & Scheuchl 1997

**Fig. 2.** Cabeza (izquierda) y abdomen (derecha) del cuerpo de una abeja



Fuente. Schmid-Egger & Scheuchl 1997

**Fig. 3.** Vista lateral del cuerpo de un abejorro



Fuente. Vásquez et al 2010



Los caracteres empleados se detallan a continuación (los estados de los caracteres se presentan en el anexo 1):

*Cabeza.* Forma del área intertubercular, protuberancias del labro (tubérculos), ancho de labro, brillo del clípeo, profundidad en el punteado del clípeo, densidad del punteado en el clípeo, uniformidad en el punteado del clípeo, tamaño del clípeo, largo y ancho del área malar, tamaño del diente anterior en la mandíbula, número de dientes, tamaño del escapo, tamaño del A<sub>1</sub>, color de la antena, posición y tamaño de los ocelos, ubicación de los ocelos respecto al borde superior del ojo compuesto, espacio entre los ocelos, ornamentación del área alrededor de los ocelos y del espacio entre el ojo compuesto y el vértex, densidad y profundidad del punteado en el área del ojo compuesto al ápice del vértex, ubicación de los ocelos en vista frontal.

*Tórax.* Microescultura del escuto, densidad del punteado de escuto, notoriedad de las líneas parapsidiales, punteado del área media del escuto, forma del escutelo, densidad y profundidad del punteado de escutelo, conspicuidad de postescutelo, presencia y tipo de lóbulo yugal, tipo de celda marginal, tipo de venación alar, presencia de la segunda vena recurrente, tamaño y alcance del estigma, ornamentación y forma del triángulo propodeal, forma de la tibia posterior, presencia de filo interno en la tibia posterior, número de caras de la tibia posterior, forma de tibia posterior, desarrollo del tarsómero, presencia de espolones tibiales, presencia de arolias, forma de tibia posterior, tipo de uñas y forma del basitarso.

*Abdomen.* La microescultura de T<sub>1</sub>, la presencia de cresta en T<sub>1</sub>, largo de T<sub>1</sub>, punteado de T<sub>1</sub>, zona marginal de T<sub>1</sub>, ornamentación T<sub>2</sub>-T<sub>4</sub>, forma T<sub>6</sub>, presencia de aguijón.

*Patrón de coloración y pubescencia.*

Color de pelos en la cabeza, presencia de setas en la cabeza, uniformidad en el color de pelos en escuto, color de pelos en T<sub>1</sub> y escuto, color de pelos en preepisterno, color de pelos entre patas, color pelos en T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> T<sub>5</sub> y esternitos.

### **Elaboración de esquemas y toma de fotografías.**

Para ilustrar los caracteres morfológicos fueron tomadas fotografías de los diferentes grupos taxonómicos estudiados, empleando la cámara adaptada *AmScope* de 3.1 MP del microscopio estereoscopio marca *Boeco*. Así mismo, se elaboraron esquemas de la genitalia masculina, útiles para la diferenciación de machos.

### **II. Análisis filogenético.**

Se realizó el análisis de los 71 caracteres estudiados, variando según su manifestación en los grupos taxonómicos estudiados (Anexo 1). Debido a que solamente se encontraban representantes obreras de todos los grupos taxonómicos, el análisis filogenético se realizó únicamente para esta casta. Después de codificar los caracteres se construyó la matriz para el análisis cladístico, empleándose la especie *Melipona favosa* F. como grupo externo. La reconstrucción filogenética se realizó utilizando NONA (Goloboff 1993) a través de WinClada (Nixon 2002) y se elaboraron 122 posibles árboles, formando un único cladograma general.

### **III. Análisis morfométrico.**

Como complemento de los datos morfológicos estudiados, fueron tomados datos métricos correspondientes a 13 caracteres en ejemplares de obreras (n=96), reinas (n=26) y machos (n=49) de los grupos taxonómicos presentes en Guatemala. Para esto se utilizó el microscopio estereoscopio marca *Boeco* con cámara adaptada *AmScope* de 3.1 MP, y la información fue manejada en el programa *ToupView 3.7*.

Siglas de datos medidos: **T**=tamaño, **OMV**=Longitud del ocelo medio a vértex, **ALCL**=Relación entre ancho y largo de clípeo, **AML**=Largo del área malar, **AM/AC**=Relación entre el largo del área malar y el ancho del clípeo, **DOV**= Distancia del ojo compuesto al vértex, **LVAP**=Longitud del vértex al ápice del clípeo, **DOLOC**= Distancia del ocelo lateral al ojo compuesto, **LC/AC**=Relación entre el largo y ancho del clípeo, **A/E**= Relación entre la longitud entre alas y el largo del escudo, **LE/LA**=Relación entre la longitud de la antena y la del escapo, **A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>/A<sub>3</sub>**=Relación entre la sumatoria de los segmentos antenales 1 y 2 en proporción a la longitud del segmento 3. **T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub>**=Relación entre longitud de tergo 1 y tergo 2.

Los datos fueron analizados con estadística descriptiva, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. Para analizar con mayor detalle las variaciones entre los caracteres medidos y los grupos taxonómicos, los valores fueron normalizados por el logaritmo en base 10 y promediados para obtener el estimador de tamaño (ET) para cada individuo, no considerando a qué grupo taxonómico fuese asignado. El ET se obtuvo con el promedio de cada variable por el total de individuos. La diferencia entre el ET y el valor de la variable para cada individuo fue utilizada para obtener una nueva matriz de datos libres de tamaño isométrico (Gamboa y Arrivillaga 2010).

Para el total de especímenes estudiados correspondientes a todos los grupos taxonómicos de abejorros en Guatemala fue estimado el promedio y la desviación estándar de cada variable estudiada. Para cada grupo taxonómico fue calculado el promedio, que fue restado del promedio total y dividido por la desviación estándar total. La diferencia obtenida de cada grupo taxonómico fue graficada en el programa Excel, con el fin de determinar caracteres diagnósticos para cada especie (perfiles de Guillaumin, Guillaumin 1972).

***Hacer uso por primera vez en Guatemala del Código de Barras de la Vida para obtener la información genética de los abejorros de Guatemala a partir del COI, marcador escogido para el Código de Barras de la Vida en animales.***

### **Preparación de muestras**

Para obtener las secuencias del código de barras del gen mitocondrial de la citocromo oxidasa 1 (COI) fueron seleccionados ejemplares de diez especies del género *Bombus* (*B. brachycephalus*, *B. ephippiatus*, *B. macgregori*, *B. medius*, *B. mexicanus*, *B. pullatus*, *B. variabilis*, *B. weisi*, *B. wilmattae*, *B. xelajuensis*). Para las especies con las que se disponía de machos y hembras se seleccionaron ejemplares de ambos sexos. La información de recolecta de los ejemplares fue capturada en una base de datos. A cada ejemplar se le asignó un código que lo identifica durante el proceso de extracción, amplificación, secuenciación y análisis del ADN.

## **Extracción, amplificación y secuenciación de ADN**

Esta parte del trabajo fue realizada en dos partes. Una parte de las muestras fue enviada al “Canadian Centre for DNA Barcoding -CCDB-”, de la Universidad de Guelph, Ontario, Canadá, para su procesamiento (extracción, amplificación y secuenciación). La otra parte de las muestras fue procesada en laboratorio de Biología Molecular del Departamento de Zoología del Instituto de Biología de la UNAM, en México, gracias al apoyo del Dr. Alejandro Zaldívar-Riverón y del Dr. Ricardo Ayala. Para extraer el ADN de los ejemplares seleccionados anteriormente se utilizó un fragmento de la primera o segunda pata del lado derecho de cada ejemplar.

### *Extracción*

Las muestras enviadas al CCDB fueron procesadas de acuerdo a protocolos ya establecidos en dicha institución y que están disponibles en la red (<http://www.dnabarcoding.ca/page/research/protocols>). El producto del ADN genómico obtenido se encuentra almacenado en las instalaciones del CCDB. Las muestras procesadas en el departamento de Zoología del Instituto de Biología de la UNAM (IBUNAM) se realizaron utilizando el kit comercial GeneAll® Exgene™ Tissue SV, siguiendo el procedimiento indicado por el productor. El producto del ADN genómico obtenido está diluido en 1.5 ml de agua purificada y se almacena a -20°C en el departamento de Zoología de la UNAM.

### *Amplificación*

Posteriormente a la extracción se procede a amplificar la región de interés del ADN. Las muestras enviadas al CCDB fueron amplificadas utilizando los marcadores genéticos LepF1 y LepR1 de acuerdo a los procedimientos establecidos en los protocolos utilizados en la institución. Las muestras trabajadas en IBUNAM fueron amplificadas utilizando los marcadores genéticos LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') y HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3'), exclusivos para amplificar la región del código de barras del gen mitocondrial de la enzima citocromo oxidasa 1 (COI). Las amplificaciones de ADN realizada por medio de reacciones en cadena de la polimerasa

(PCR) fueron hechas utilizando 2-4  $\mu\text{l}$  de muestra de ADN en 19-23  $\mu\text{l}$  de mix. El mix usado incluyó 18.08  $\mu\text{l}$  de agua esterilizada, 2.40  $\mu\text{l}$  10 x PCR buffer, 0.96  $\mu\text{l}$   $\text{MgCl}_2$ , 0.48  $\mu\text{l}$  dNTP (10  $\mu\text{M}$ ), 0.38  $\mu\text{l}$  de cada marcador (LCO y HCO) y 0.24  $\mu\text{l}$  de Taq polimerasa. Las condiciones térmicas para la amplificación consistieron de una desnaturalización inicial de 3 min a 95°C seguido de 30 ciclos de 40 s a 94°C, 45 s a 50°C y 45 s a 72°C y una extensión final de 7 min a 72°C. Los productos finales de PCR fueron visualizados en geles de agarosa al 1%. Posteriormente estos productos fueron enviados a la Universidad de Washington para obtener las secuencias. Previo a establecer las condiciones finales de las PCR se hicieron varias pruebas para poder establecer la temperatura óptima de alineación de los marcadores genéticos utilizados.

### *Secuenciación*

Las muestras procesadas en CCDB fueron secuenciadas *in situ*, mientras que las trabajadas en IBUNAM fueron enviadas para secuenciación a la Unidad de Genómica de alto rendimiento de la Universidad de Washington (<http://www.htseq.org/index.html>). Todas las muestras fueron secuenciadas en ambas direcciones (*forward* y *reverse*).

### **Edición de secuencias**

Las secuencias en ambas direcciones procesadas en CCDB fueron combinadas directamente en el centro previo a hacerlas disponibles para su manipulación. Las secuencias de ida y vuelta obtenidas a partir de las muestras procesadas en IBUNAM se editaron utilizando el programa Sequencher. En este programa se combinan los pares de secuencias y se obtiene una secuencia de consenso. Esa secuencia fue editada en el programa Mega para su alineación. Las secuencias de consenso pueden presentar ambigüedades, es decir que el programa no identifica qué tipo de base (ATCG) está presente en el sitio donde se observa la ambigüedad, problema que se resuelve observando el cromatograma de ambas secuencias para identificar personalmente la base presente, aunque algunas veces esto no es posible. Todas las secuencias de consenso fueron alineadas utilizando el método ClustalW implementado en el programa MEGA5 (Tamura et al 2011), posteriormente fueron corregidas a mano para eliminar errores de alineamiento obvios.

El formato de los códigos atribuidos a las secuencias fue reducido y homogeneizado, todos incluyen el código de registro de la secuencia (que permite identificar al espécimen del cual proviene la muestra de ADN), las siglas del código ISO del país de origen (fueron incluidos ejemplares de Guatemala) y un código que identifica a la especie. Así el registro 5661G01GT\_Bvar corresponde al ejemplar de Guatemala (GT) de la especie *B. variabilis* (Bvar) con código 5661G01.

### **Análisis de inferencia filogenética**

A partir del alineamiento obtenido se construyó un árbol para inferir sobre las relaciones filogenéticas entre las secuencias obtenidas para las especies del género *Bombus* en Guatemala. Se procedió a generar un árbol filogenético utilizando el método de Neighbour- Joining (NJ), con base en el modelo de distancias de Kimura 2P, implementado en el programa MEGA5 (Tamura et al 2011).

### ***Efectuar una breve diagnosis de la identidad taxonómica de las especies de Bombus en Guatemala basada en características morfológicas y uno molecular.***

Empleando los datos morfológicos, morfométricos y moleculares fue elaborada una diagnosis que permite reconocer cada una de las especies de *Bombus* en Guatemala. Los caracteres fueron seleccionados considerando que éstos fuera reconocibles fácilmente, no requiriendo gran conocimiento del grupo o la extracción de estructuras morfológicas. Se elaboró una clave dicotómica para machos y obreras, que fue evaluada con las especies de abejorros de Guatemala y confirmando su utilidad.

### ***Realizar un manual pictórico de identificación que contenga dicha información para su uso en beneficio del ambiente, agroindustria y el conocimiento.***

Reunida la información de las especies de abejorros de Guatemala se trabajó en conjunto con la diseñadora gráfica, Disvania Lorena Luarca, para la elaboración de un manual pictórico. Fue utilizado como documento base “Los abejorros de la tierra:

*distribución y recursos alimenticios en Guatemala*” publicado por Vásquez et al (2010). Este nuevo documento incluye información general sobre la biología y ecología del género, clave dicotómica, diagnosis y ficha descriptiva para cada especie. Esta última proporciona una breve descripción de la especie, un listado de los departamentos donde ha sido encontrada y algunos de los recursos vegetales que visitan. Así mismo, se re-elaboraron mapas de distribución potencial con los datos actualizados de las colecciones estudiadas, empleando variables bioclimáticas obtenidas de WordClim (<http://www.worldclim.org>) en el programa Maxent versión 2.3 (ver Vásquez et al 2010).

Se trasladaron fotografías adquiridas dentro del trabajo de campo y de laboratorio a la diseñadora, con el objetivo de ilustrar los caracteres indicados para las especies y el hábitat en el que se encuentran. La diseñadora gráfica presentó tres propuestas para el diseño del manual pictórico, las que fueron evaluadas entre los investigadores y seleccionado el diseño presentado en los resultados de este proyecto.

***Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.***

#### *I Seminario de Polinizadores*

Los días 05 y 06 de octubre de 2012, fue realizado el I Seminario de Polinizadores, con el apoyo de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y la Facultad de Agronomía. Los objetivos de la actividad eran dos, 1) divulgar a diversos sectores la importancia de los polinizadores, incluyendo abejorros, para los ecosistemas y cultivos, y 2) conformar una red para el estudio de polinizadores en Guatemala. Se contó con la participación de la Dra. María del Coro Arizmendi, representante regional de la Red de Polinizadores de Norteamérica, quien impartió la charla magistral. El día 05 de octubre se impartieron 8 conferencias, dos de las conferencias versaron sobre abejorros nativos. El 06 de octubre se conformó la red para el estudio de polinizadores en Guatemala, un total de 54 asistentes trabajaron en la identificación de prioridades para el estudio y estrategias de conservación de polinizadores (ver Memoria de Actividades en anexo 2).

## *II Seminario de Polinizadores*

Los días 24 y 25 de octubre de 2013, se realizó el II Seminario de Polinizadores, organizado por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y la Facultad de Agronomía. Los objetivos de la actividad fueron, 1) divulgar a diversos sectores la importancia de los polinizadores y, 2) reunir a la red para el estudio de polinizadores en Guatemala. El día 24 de octubre se realizó una gira de campo para el estudio de polinizadores en campo y sus aplicaciones, visitando cultivos que emplean abejorros para mejora de los frutos. El viernes 25 de octubre se programaron once conferencias, con expertos en el tema de polinizadores. En esta actividad se presentó una ponencia, a cargo de la Licda. Mabel Anelisse Vásquez, sobre la diversidad de abejorros en Guatemala y su distribución.

## *Elaboración de material educativo*

Con el objetivo divulgar la importancia de los polinizadores, incluyendo los abejorros, se trabajó en la elaboración de un paquete educativo. Para esto se contó con el apoyo de la diseñadora gráfica, Lorena Luarca, quien diseñó un folleto sobre polinizadores, nueve infografías y un juego de lotería destinado a todo público. Para esto fue necesario reunir bibliografía sobre los grupos de polinizadores y redactar en un documento Word la información a presentar. Para la elaboración de este material se contó con el apoyo de diversos profesionales, a quienes se les reconoce en los créditos de la publicación.

## *Elaboración de artículo científico*

Para la realización de un trabajo sistemático se requiere la revisión exhaustiva del material bibliográfico disponible sobre el grupo a estudiar, con el fin de identificar su estatus y los problemas taxonómicos previamente señalados. Con la información recabada se elaboró el primer catálogo de abejorros de Guatemala, en el que se presentan datos taxonómicos de trece especies de abejorros reportadas para nuestro país. Este catálogo ha sido enviado al *Boletín de la Asociación española de Entomología* para su evaluación.



#### **I.4.6 La técnica estadística**

Se detalla en la sección de métodos para cada objetivo (I.4.5).

#### **I.4.7 Los instrumentos a utilizar**

Se detalla en la sección de métodos para cada objetivo (I.4.5)

## **II MARCO TEÓRICO**

### **II.1 Importancia de las abejas**

Las abejas se clasifican en el Orden Hymenoptera, Superfamilia Apoidea, de las que se conocen alrededor de 20,000 especies distribuidas en todo el mundo. Se agrupan en 7 familias taxonómicas: Mellitidae, Stenotritidae, Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae y Apidae (Michener 2007), las 5 últimas presentes en nuestro país (Marroquín 2000). Las abejas difieren en diversos aspectos morfológicos, aunque comparten el hábito de coleccionar polen y néctar de las flores para alimentar a sus crías y a ellas mismas (Velthius 1997).

Son uno de los grupos más comunes de insectos que poseen importancia ecológica y económica por sus hábitos alimenticios, ya que suelen dar paso a la polinización (Nates-Parra 2005). Michener (2007) considera a las abejas como el grupo de insectos mejor adaptado a la visita floral, y debido a la diversidad de especies y abundancia, son esenciales para la polinización de plantas con flores, especialmente de interés agrícola. Cerca del 30% del alimento para el consumo humano deriva de la polinización de plantas por las abejas (O'Toole 1993), quienes polinizan más del 66% de 1,500 especies de cultivos alrededor del mundo (Kremen et al 2002). Esto ha originado que en países de Europa, Norteamérica y Latinoamérica se introduzcan abejas en cultivos con resultados satisfactorios (Aguilar 1999; Nates-Parra 2005; O' Toole 1993). La utilización de abejas en la polinización de cultivos ha surgido recientemente en el área centroamericana, donde se evidenció el aumento en un 50% de la producción en Costa Rica de melón (Aguilar 1999) y en la producción de café (Ricketts 2001) con la utilización de abejas.

### **II.2 Abejorros del género *Bombus***

Existen alrededor de 250 especies en el mundo, estando 43 especies presentes en México, Centro América y Sur América (Michener 2007). Para Guatemala, Labougle et al (1985) reporta ocho especies, elevando el número 5 años después a nueve (Labougle 1990). Marroquín (2000) y Abrahamovich (2004) reportan 12 especies de este género

basándose en revisiones de literatura. Vásquez et al (2010) realiza recolectas en algunas regiones del país, identificando 8 especies y 2 morfoespecies, señalando que probablemente el número de especies sea mayor ya que existe mucha variación dentro de algunos de los grupos lo que dificulta su diferenciación.

Los abejorros del género *Bombus* (superfamilia Apoidea) son insectos de tamaño mediano (0.8 cm) a grande (3 cm) cuyas especies presentan patrones de coloración característicos (Michener 2007). En Guatemala se encuentran especies cuya coloración se manifiesta en combinaciones de negro, amarillo, blanco y rojizo, aunque también hay abejorros completamente negros (Vásquez et al 2010). Las reinas y las obreras de *Bombus*, al igual que las obreras de las abejas sin aguijón (meliponinos), las abejas de las orquídeas (euglossinos) y las abejas de la miel (*Apis mellifera* L.), poseen en el tercer par de patas una corbícula (estructura ensanchada en forma de cuchara) para transportar polen (Michener 2007).

Los abejorros presentan una organización social avanzada, similar a la de los meliponinos y abejas de la miel, a diferencia de la mayoría de abejas que son solitarias. Los abejorros forman colonias con una marcada división de castas: una única reina capaz de producir hijos, varias obreras (hijas de la reina) que generalmente no se reproducen y que se encargan de recolectar alimento y colaborar en la crianza de sus hermanas, y varios machos cuya única función es fecundar a una reina virgen (Michener 2007).

Son abejas de gran importancia para los ecosistemas por su capacidad de realizar polinización por vibración (al vibrar los músculos de sus patas), cualidad no observada en *Apis mellifera* L. (Delaplane y Mayer 2000, Fishbein y Venable 1996). Este tipo de polinización se requiere en flores con anteras poricidas, como las del tomate, que asegura su éxito y genera mejores frutos (Aldana et al 2007). Debido a este comportamiento, y a que son abejas con gran capacidad de tolerancia a condiciones climáticas desfavorables, varias especies han sido introducidas para la polinización de cultivos en diferentes países alrededor del mundo (Delaplane y Mayer 2000). Siendo *Bombus terrestris* y *Bombus impatiens* las especies comúnmente introducidas (Aldana et al 2007).

No obstante, la introducción de especies conlleva riesgos para los ecosistemas y sus especies. Desde el siglo XIX el abejorro europeo, *Bombus terrestris*, ha sido introducido en varios países causando efectos negativos. Esto se ha demostrado en Japón, donde se originó el cruce del abejorro europeo con especies nativas, permitiendo la introducción de nuevas enfermedades para las especies oriundas (Aldana et al 2007; Delaplane y Mayer 2000). En Guatemala se han recolectado ejemplares de esta especie exótica que se encuentran depositados en la Colección de Abejas Nativas del CECON.

### **II.3 Código de Barras de la Vida (Barcode of Life -BOL-)**

Paul Hebert, de la Universidad de Guelph, en Canadá, ideó un método para identificar a cada uno de los seres vivos usando secuencias cortas de ADN. Su idea ha funcionado bien en muchos casos, particularmente en el reino animal. A la fecha hay aproximadamente 600 mil secuencias de unas 50 mil especies. Desde su primera discusión en el 2003, el Código de Barras de la Vida ha llamado la atención de científicos a nivel internacional, agencias del gobierno, empresas y el público en general. El principal objetivo de la iniciativa es reunir información en una librería genómica y obtener la tecnología necesaria para identificar organismos de manera rápida, eficiente y poco costosa (Ratnasingham y Hebert 2007).

La conservación de las especies no puede ser posible sin un amplio conocimiento de las mismas, lo que es muy difícil en un mundo donde la tasa de pérdida de especies es acelerada y las herramientas eficientes y rápidas son casi nulas. Percatándose de esto se creó en el 2002 la Iniciativa Global de Taxonomía (GTI Global Taxonomy Initiative), como parte del CBD, con el fin de apoyar y promover iniciativas para resolver el problema del “impedimento” taxonómico. Este se refiere principalmente a la poca resolución de la identidad taxonómica de las especies y al insuficiente personal que trabaja en ello. En este contexto fue desarrollado el Código de Barras de la Vida (BOL), como una herramienta que contribuya a disminuir el impedimento (Janzen 2009).

El Código de Barras de la Vida se basa principalmente en los objetivos del Convenio de Diversidad Biológica (CBD), creado con el fin de monitorear e identificar la diversidad de especies. Guatemala es miembro de ese convenio desde 1993, al que se unió por medio del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Entre los compromisos adquiridos está el de procurar la obtención de información sobre la diversidad y riqueza de especies en el país para su protección (CONAP 2006). Debido a que Guatemala por medio de CONAP es miembro del CBD, está comprometido en la búsqueda e implementación de herramientas que le ayude a solventar los problemas taxonómicos, y más cuando se toma en consideración que Guatemala es un centro de endemismos y diversidad biológica muy importante a nivel mundial. La aplicación de esta técnica ayudará no solo a cumplir con parte de los convenios a los que Guatemala se ha agregado sino que producirá información muy importante para el beneficio económico, social y ambiental del país.

#### **II.4 ¿Cómo se realiza el Código de Barras de la Vida?**

El Código de Barras de la Vida de un organismo no identificado puede ser leído usando técnicas estándares de PCR (Polimerase Chain Reaction) y empleando una secuencia corta de ADN mitocondrial, COI (Citocromo Oxidasa I). Para su ejecución son necesarias tres fases; la primera referente al trabajo con organismos, en donde debe de recolectarse especímenes e identificarlos hasta donde sea posible (de preferencia morfotipos). Aportando la mayor información posible de su origen (siendo indispensable las coordenadas geográficas) y cualidades (fotografías y preservación de los especímenes voucher). La segunda fase es concerniente al trabajo de laboratorio, siendo la extracción de ADN de las muestras recolectadas un paso vital en el éxito de la técnica, para dar paso al procesamiento en técnicas estándares para la obtención del Código de Barras de la Vida. La última fase consiste en el manejo y análisis de los datos. Estos se analizan de manera estándar con programas fenéticos. La información generada debe ser compartida en la librería del consorcio del Código de Barras de la Vida para su conocimiento público, brindando información del espécimen voucher (Janzen 2009).

### III RESULTADOS

***Recolectar especímenes de las diferentes especies de Bombus presentes en Guatemala en regiones con ausencia de colecta.***

Fueron realizadas diversas giras de campo a 12 departamentos del país (Fig. 4), en las que se recolectaron un total de 461 abejorros (Tabla 1). El material se encuentra depositado en la Colección de Abejas Nativas de la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad en el CECON.

**Tabla 1.** Departamentos visitados y las especies de abejorros encontrados, entre paréntesis el número de ejemplares tomados.

Sitio	Especie encontrada
Alta Verapaz	<i>B. ephippiatus</i> (3)
Baja Verapaz	<i>B. ephippiatus</i> (2), <i>B. variabilis</i> (1) y <i>B. weisi</i> (1)
Chiquimula	<i>B. pullatus</i> (2)
El Progreso	<i>B. variabilis</i> (3) y <i>B. ephippiatus</i> (44)
Escuintla	<i>B. weisi</i> (7), <i>B. ephippiatus</i> (2) y <i>B. wilmattae</i> (1)
Guatemala	<i>B. mexicanus</i> (8) y <i>B. wilmattae</i> (6)
El Petén	<i>B. medius</i> (2)
Quetzaltenango	<i>B. wilmattae</i> (16), <i>B. variabilis</i> (1) y <i>B. ephippiatus</i> (2)
El Quiché	<i>B. variabilis</i> (1) y <i>B. mexicanus</i> (1)
San Marcos	<i>B. ephippiatus</i> (182), <i>B. wilmattae</i> (59), <i>B. variabilis</i> (3), <i>B. brachycephalus</i> (1), <i>B. weisi</i> (3) y <i>B. xelajuensis</i> (1)
Sololá	<i>B. ephippiatus</i> (12), <i>B. weisi</i> (3) y <i>B. wilmattae</i> (22)
Totonicapán	<i>B. ephippiatus</i> (39), <i>B. wilmattae</i> (30), <i>B. xelajuensis</i> (2) y <i>B. variabilis</i> (1)
	<b>Total 461 ejemplares</b>

Fuente: FODECYT 32-2012

**Fig. 4.** Mapa de Guatemala en el que se ubican los sitios visitados para la recolecta de abejorros



Fuente: FODECYT 32-2012

*Realizar análisis sistemáticos en base a características morfológicas de las diferentes especies dentro del género Bombus en Guatemala.*

## I. ESTUDIO MORFOLÓGICO

### RESULTADOS BIBLIOGRÁFICOS

La revisión preliminar de literatura generó un listado para Guatemala de trece especies válidas, que corresponden a cuatro subgéneros. Este listado no coincide con las especies recolectadas y representadas en las colecciones entomológicas estudiadas, que ascienden a un total de 10 especies.

### LISTADO DE ESPECIES DE *BOMBUS* REPORTADAS EN LITERATURA

1. *Bombus (Cullumanobombus) brachycephalus* Handlirsch, 1888
  2. *Bombus (Cullumanobombus) macgregori* Labougle y Ayala, 1985
  3. *Bombus (Psithyrus) variabilis* (Cresson, 1872)
  4. *Bombus (Pyrobombus) ephippiatus* Say, 1837
  5. *Bombus (Pyrobombus) wilmattae* Cockerell, 1912
  6. *Bombus (Thoracobombus) digressus* (Milliron, 1962)\*
  7. *Bombus (Thoracobombus) diligens* Smith, 1861\*
  8. *Bombus (Thoracobombus) medius* Cresson, 1863
  9. *Bombus (Thoracobombus) mexicanus* Cresson, 1878
  10. *Bombus (Thoracobombus) pensylvanicus* (De Geer, 1773)\*
  11. *Bombus (Thoracobombus) pullatus* Franklin, 1913
  12. *Bombus (Thoracobombus) weisi* Friese, 1903
  13. *Bombus (Thoracobombus) xelajuensis* Asperen de Boer, 1992
- \* Especies no representadas en la colecciones entomológicas estudiadas

### LISTADO DE ESPECIES DE *BOMBUS* REPRESENTADAS EN COLECCIONES

1. ***Bombus (Cullumanobombus) brachycephalus*** Handlirsch, 1888  
*Bombus brachycephalus* Handlirsch, 1888. *Ann. Naturh. Hof. Wien.*, III. p. 244.  
*Bombus neotropicus* Frison, 1928. *Bull. Brooklyn Entomol. Soc.* 23: 151-152.  
*Bombus krusemani* Asperen de Boer, 1990. *Entomologische Berichten* 50:1-3.
2. ***Bombus (Cullumanobombus) macgregori*** Labougle y Ayala, 1985  
*Bombus macgregori* Labougle y Ayala, 1985. *Fol. Entomol. Mex.* 66:50  
*Bombus menchuae* Asperen de Boer, 1995. *Ent. Ber.* 55: 47  
*Bombus rasmonti* Asperen de Boer, 2007. *Entomol. Zeit.* 117: 236.
3. ***Bombus (Psithyrus) variabilis*** Cresson, 1872  
*Apathus intrudens* Smith, 1861. *J. Entomol.* 1:146-155.  
*Apathus variabilis* Cresson, 1872. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 4: 73:284.  
*Psithyrus guatemalensis* Cockerell, 1912 *Ann. Mag. Nat. Hist.* 10(8):21.  
*Psithyrus sololensis.* Franklin, 1915. *Entomol. News* 26:409-417.

?*Psithyrus bicolor* Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39:73-200  
*Psithyrus mysticus* Frison, 1925. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 51:138.

4. ***Bombus (Pyrobombus) ephippiatus*** Say, 1837  
*Bombus ephippiatus* Say, 1837. *Boston Journ. Nat. Hist.* 1(4): 414.  
*Bombus ephippiatus variegatus* Frison, 1925. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 51:139.  
*Bombus ephippiatus pretiosus* Milliron, 1962. *Can. Entomol.* 94(7):731.  
*Bombus formosus* Smith, 1854. *British Museum.* 403p.  
*Bombus lateralis* Smith, 1879. *British Museum.* 134p.  
*Bombus pulcher* Cresson, 1863. *Proc. Entomol. Soc. Phila.* 2:108.  
?*Bombus schneideri* Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.* 3:253.  
?*Bombus schneideri badiocollis* Friese, 1916. *Stett. Entomol. Ztg.* 77:298, 348.  
?*Bombus schneideri fuliginosus* Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.* 3:253.  
*Bombus vau-flavus* Cockerell, 1949. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 98:486.  
*Bremus folsoni* Frison, 1922. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 48:322.
5. ***Bombus (Pyrobombus) wilmattae*** Cockerell, 1912  
*Bombus lateralis wilmattae* Cockerell, 1912. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 10(8):21.  
*Bombus guatemalensis* Franklin, 1912. *Trans. Amer. Ent. Soc.* 38:197  
*Bombus alboniger* Franklin, 1915. *Entomol. News.* 26:409.
6. ***Bombus (Thoracobombus) medius*** Cresson, 1863  
*Bombus medius* Cresson, 1863. *Proc. Entomol. Soc. Phila.* 2:97
7. ***Bombus (Thoracobombus) mexicanus*** Cresson, 1878  
*Bombus mexicanus* Cresson, 1878. *Proc. Acad. Nat. Sc. Phila.* 30:187.  
*Bombus unifasciatus* Smith, 1879. *British Museum.* 133p.  
*Bombus mexicanus adani* Cockerell, 1949. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 98:488
8. ***Bombus (Thoracobombus) pullatus*** Franklin, 1913  
*Bombus pullatus* Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39:122.  
*Bombus niger* Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39:120.
9. ***Bombus (Thoracobombus) weisi*** Friese, 1903  
*Bombus laboriosus* Smith, 1861. *J. Entomol.* 1:153  
*Bombus weisi* Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.* 3:253.  
*Bombus nigrodorsalis* Franklin, 1907. *Entomol. News.* 18:90.  
*Bombus nigrodorsalis laticollis* Franklin, 1907. *Entomol. News.* 18:91.  
*Bombus mateonis* Cockerell, 1949. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 98:487.
10. ***Bombus (Thoracobombus) xelajuensis*** Asperen de Boer, 1992  
*Bombus xelajuensis* Asperen de Boer, 1992. *Entomol. Ber. (Amst).* 52(11):162.



## RESULTADOS MORFOLÓGICOS

### Género *Bombus* Latreille, 1802

*Bombus* Latreille, 1802. *Barrois*. 8:437.

#### Diagnosis.

El género *Bombus* está constituido por especies de aspecto robusto, de tamaño mediano, con venación alar completa, bien definida y de estigma pequeño; las hembras presentan corbículas en las patas traseras. Todas las especies exhiben abundante pilosidad negra en el cuerpo entero, combinada con pelos amarillos, blancos, rojizos o una mezcla de estos.

#### Distribución.

El género se distribuye principalmente en la región Holártica y Neotropical, siendo comunes en áreas templadas (Michener 2007). En Guatemala el género se distribuye en todo el país, en altitudes de 160 msnm a 3500msnm.

### *Bombus* (*Cullumanobombus*) Vogt, 1911

*Bombus* (*Cullumanobombus*) Vogt, 1911. *Sitz. Ber. der gesell. Naturforsch. Freunde, Berlin*. 57.

Especie tipo: *Apis cullumana* Kirby, 1802, por designación de Frison, 1927: 66.

*Bremus* (*Rufocinctobombus*) Frison, 1927. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 53:78.

Especie tipo: *Bombus rufocinctus* Cresson, 1863, monobásico.

*Brachycephalibombus* Williams, 1985. *Syst. Entomol.* 10:247.

Especie tipo: *Bombus brachycephalus* Handlirsch, 1888 por designación original.

*Coccineobombus* Skorikov, 1922. *Petrograd*. 4:157.

Especie tipo: *Bombus coccineus* Firese, 1903. Por designación subsecuente ver Sandhouse (1943)

*Crotchiibombus* Franklin, 1954. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 80:51

Especie tipo: *Bombus crotchii* Creson, 1878, por designación original

*Dasybombus* Labougle & Ayala, 1985. *Fol. Entomol. Mex.* 66:49

Especie tipo: *Bombus macgregory* Labougle and Ayala, 1985, por designación original

*Fraternobombus* Skorikow, 1922. *Bull. Sta. Reg. Protect. Plantes Petrograd*, 4: 156

Especie tipo: *Apathus fraternus* Smith, 1854, por designación original de Frison, 1927:63

*Rubicundobombus* Skorikow, 1922. *Bull. Sta. Reg. Protect. Plantes Petrograd*, 4: 155

Especie tipo: *Bombus rubicundus* Smith, 1854, por designación de Sandhouse, :597

*Separatobombus* Frison, 1927. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 53:64.

Especie tipo: *Bombus separatus* Cresson, 1863= *Apis griseocollis* DeGeer, 1773, por designación original.

### **Diagnosis.**

Las hembras del subgénero presentan ocelos ubicados ligeramente por encima de la línea supraorbital. El espacio malar es más corto que ancho. En la antena,  $A_1$  más corto que el  $A_2+A_3$ ; clípeo con punteado tosco y fino, entremezclado en la zona central. Los machos con el ojo compuesto largo, protuberante y ligeramente convergiendo únicamente en la región inferior. En la antena, el flagelo es tres veces más largo que el escapo, el  $A_1$  más corto que el  $A_3$ . La valva peneana con ápice curvado y acuminado; la volsella con una longitud superior a la del gonostilo.

### **Distribución.**

El subgénero se distribuye en la región Holártica y al norte de la región Neotropical, de las que se han descrito 23 especies hasta el momento (Michener 2007 y Williams 1998). En Guatemala se presenta en la región occidental y central.

***Bombus (Cullumanobombus) brachycephalus*** Handlirsch, 1888

*Bombus brachycephalus* Handlirsch, 1888. *Ann. Naturh. Hof. Wien.*, III. p. 244.

*Bombus neotropicus* Frison, 1928. *Bull. Brooklyn Entomol. Soc.* 23: 151-152.

*Bombus krusemani* Asperen de Boer, 1990. *Entomologische Berichten* 50:1-3.

### **Diagnosis.**

Las obreras presentan una longitud de  $\pm 1.4$  cm y los machos de  $\pm 1.3$  cm, mientras que las reinas son de mayor tamaño ( $\pm 2.2$  cm). Estos abejorros se reconocen porque el tórax presenta un patrón unicolor, cubierto únicamente con pelos negros. El abdomen es bicolor, en el que predominan los pelos negros combinado con un área de pelos rojizos en el ápice, desde el  $T_4$  hasta el  $T_6$ . El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 3.

### **Distribución.**

Especie con distribución neotropical, reportada en Guatemala, El Salvador, Honduras y México (Abrahamovich y Díaz 2002; Moure y Melo 2012). En nuestro país se ha recolectado principalmente en la región oeste, en los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos y Sololá, en localidades entre 2500 a 3050 msnm (Anexo 3).

### **Biología.**

Habita el Bioma Bosque de Montaña y, aunque no es tan frecuente, se le puede encontrar en vegetación asociada a bosques de pino, ciprés y encino. Sin embargo también se hallan en áreas de cultivos. Busca como recurso floral plantas resistentes a temperaturas bajas y vientos fuertes, como los cardos del género *Cirsium*. Estas flores, además de alimento, pueden servirles de refugio para soportar los climas húmedos y fríos de las regiones donde habitan. Ha sido recolectada en *Barkleyanthus salicifolius* (Kunth) H. Rob y Brettell, *Cirsium subcoriaceum* (Less.) Sch. Bi. y *Brassica rapa* L.

### **Discusión.**

La descripción detallada en la literatura coincide con las observaciones de las hembras recolectadas en Guatemala, tanto para lo descrito en obreras como en reinas, quienes se diferencian, según lo indicado, solo en el tamaño. Cabe mencionar que la información disponible es escueta. Para el macho, se observó que la longitud del área malar es ligeramente más corta que lo reportado por Franklin (1913). La genitalia concuerda a lo descrito por P. Williams (2013) y a lo señalado por Franklin en la descripción original. En Guatemala no se han capturado aún reinas de *B. brachycephalus*.

### ***Bombus (Cullumanobombus) macgregori* Labougle y Ayala, 1985**

*Bombus macgregori* Labougle y Ayala, 1985. *Fol. Entomol. Mex.* 66:50

*Bombus menchuae* Asperen de Boer, 1995. *Ent. Ber.* 55: 47

*Bombus rasmonti* Asperen de Boer, 2007. *Entomol. Zeit.* 117: 236.

### **Diagnosís.**

Las obreras presentan una longitud de  $\pm 1$  cm, los machos de  $\pm 1.5$  cm, mientras que las reinas son de mayor tamaño ( $\pm 2$  cm). Se reconocen porque el tórax muestra un patrón unicolor, cubierto únicamente con pelos negros. El abdomen es bicolor cubierto predominantemente con pelos negros y combinado con un área de pelos blancos en el ápice, que se localiza desde el T<sub>3</sub> hasta el T<sub>6</sub>. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 4.

### **Distribución.**

Especie con distribución neotropical, reportado en Guatemala y México (Abrahamovich y Díaz 2002; Moure y Melo, 2012). En Guatemala se distribuye principalmente en la región oeste y central, ha sido recolectada en los departamentos de Escuintla, Quetzaltenango, Sacatepéquez y San Marcos. Los sitios de recolecta se ubican entre 2720 a 3260 msnm (Anexo 4).

### **Biología.**

El Bioma en el que se encuentra es Bosque de Montaña, principalmente en la región oeste del país. Es una especie poco frecuente y visita hierbas de espacios abiertos, como *Brassica*. Suele estar presente en áreas con bosques conservados, e incluso en plantas de sotobosque como *Fuchsia* sp. Ha sido recolectada en *Brassica rapa* L., *Raphanus raphanistrum* L. y *Fuchsia microphylla* Kunth

### **Discusión.**

En el estudio de *B. macgregori* se presenta el problema taxonómico respecto a la validez de dos especies que son muy semejantes a esta, *Bombus menchuae* y *Bombus rasmonti* que fueron descritas para Guatemala por Asperen de Boer, en 1995 y 2007 respectivamente. Sobre esto, hay diversas opiniones que mantienen o no la validez de las tres especies (Moure y Melo 2012; Williams 2013). En la comparación de la descripción de *B. macgregori* con los ejemplares recolectados en Guatemala se observó que estos coinciden con lo referido para la especie. Los caracteres estudiados en mayor detalle y

útiles para la comparación fueron: Labro dos veces más ancho que largo; disco clipeal de igual morfología para *B. macgregori* y *B. menchuae*, depresión intertubercular con margen apical de forma casi cuadrática y no triangular como se indica para *B. menchuae*, para la que se reporta triangular; segmentos antenales como en *B. menchuae*, sin embargo Asperen de Boer no indica una comparación con *B. macgregori*, por lo que es posible que coincidan en las proporciones; distancia ocelo-ocular similar a *B. macgregori*; cabeza con pelos blanquecinos y no grisáceos como se describen para *B. macgregori*.

Así mismo, los ejemplares se compararon con la descripción de *B. menchuae* dada por Asperen de Boer (1995), que coincide en su mayoría con la descripción de *B. macgregori*. Este autor señala como principal diferencia morfológica la ornamentación en el espacio entre ocelos, siendo en *B. menchuae* un área circundante claramente delimitada, lisa y ligeramente deprimida, mientras que en los ejemplares de *B. macgregori* el área no se encuentra claramente definida. En los ejemplares estudiados de Guatemala, el área ocelar coincide con lo reportado para *B. menchuae*, sin embargo, Labougle y Ayala (1985) no profundizan al describir a *B. macgregori*. Dado que Asperen de Boer no señala en su publicación el estudio de ejemplares de *B. macgregori*, resulta confuso reconocer la validez de este carácter y hace suponer que este autor empleara únicamente la información reportada por Labougle y Ayala (1985). Asperen de Boer señala además, la presencia de pelos ferruginosos en *B. menchuae* en el margen posterior del T<sub>3</sub>, laterales del T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y en los esternitos, mezclados con pelos blancos. No obstante, los ejemplares de *B. macgregori* también presentan este carácter.

Por último, la separación geográfica indicada por Asperen de Boer entre *B. menchuae* y *B. macgregori* parece no corresponder, debido a que esta última muestra una distribución potencial desde el sur de México hasta el centro de Guatemala. En conclusión, los ejemplares presentes en Guatemala y depositados en las colecciones estudiadas corresponden a *B. macgregori*, lo que coincide con la opinión de P. Williams (2013), quien considera a *B. menchuae* una sinonimia de *B. macgregori*. Para la especie *B. rasmonti* no fue posible disponer de la descripción original de la especie.

***Bombus (Psithyrus) Lepeletier, 1833***

*Psithyrus* Lepeletier, 1833. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 1:373.

Especie tipo: *Apis rupestris* Fabricius, 1793, por designación de Curtis, 133: pl. 468.

**Diagnosis.**

El subgénero está compuesto por especies parásitas, en donde no existe casta de obreras. Las hembras, por lo tanto, no presentan corbícula en la pata posterior.

**Distribución.**

De distribución holártica (Michener 2007; Williams 1998), se presenta en Guatemala en todo el país junto al resto de especies de abejorros.

***Bombus (Psithyrus) variabilis (Cresson, 1872)***

*Apathus intrudens* Smith, 1861. *J. Entomol.* 1:146-155.

*Apathus variabilis* Cresson, 1872. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 4: 73:284.

*Psithyrus guatemalensis* Cockerell, 1912 *Ann. Mag. Nat. Hist.* 10(8):21.

*Psithyrus sololensis*. Franklin, 1915. *Entomol. News* 26:409-417.

?*Psithyrus bicolor* Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39:73-200

*Psithyrus mysticus* Frison, 1925. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 51:138.

**Diagnosis.**

Las hembras presentan una longitud de  $\pm 1.5$  cm y los machos de  $\pm 1.2$  cm. *B. variabilis* muestra un patrón unicolor en el tórax, cubierto únicamente con pelos amarillos. El abdomen también es unicolor, cubierto, en las hembras, solamente con pelos negros, mientras que en los machos tiene pelos amarillos, entremezclados con escasos pelos negros. Generalmente la pilosidad del abdomen es menos densa y abundante que en el resto de las especies. *B. variabilis* es parásita, por lo que las hembras no presentan corbícula desarrollada observándose similar a la de los machos. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 5.

**Distribución.**

Especie con distribución neotropical, reportado en Guatemala, Honduras y México (Abrahamovich y Díaz 2002; Moure y Melo 2012). En Guatemala ha sido recolectada en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula,

Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos y Totonicapán. La distribución altitudinal en la que se presenta se encuentra entre 1780 a 3260 msnm (Anexo 5).

### **Biología.**

*B. variabilis* habita principalmente el Bioma Bosque de Montaña y probablemente puede encontrarse en Selva de Montaña y Selva Subtropical Húmeda. Aunque por ser una especie parásita no se esperaría encontrarla visitando flores, se le ha observado en flores de una amplia variedad de plantas, sugiriendo un comportamiento generalista. También es menos exigente en requerimientos de hábitat, siendo posible encontrarla tanto en áreas de bosque como en cultivos. Ha sido recolectada en *Calea integrifolia* (DC.) Hemsl., *Dahlia imperialis* Roetzl ex Ortgies, *Eupatorium picnocephalus* B. L. Rob., *Schistocarpa kellermanii* Rydb., *Senecio warszewiczii* A. Braun & Bouché, *Tithonia sp.*, *Brassica rapa* L., *Raphanus sativus* L., *Cucurbita pepo* L., *Houstonia serpyllacea* (Schltdl.) C.L. Sm. *Ex Greenm.* y *Solanum nigrescens* Mart. & Gal.

### **Discusión.**

*B. variabilis* se reconoce fácilmente por ser la única especie parásita correspondiente a este género. Así mismo, el patrón de coloración es característico y se mantiene constante en todos los ejemplares estudiados.

### ***Bombus (Pyrobombus) Dalla Torre, 1880***

*Bombus (Pyrobombus)* Dalla Torre, 1880. *Die Naturhistoriker*, 2:40

Especie tipo: *Apis hypnorun* Linnaeus, 1758. Monobásico.

*Bombus (Poecilobombus)* Dalla Torre, 1882. *Bericht des Naturwissenschaftlich-Medezinischen Vereins in Innsbruck*, 12:23

Especie tipo: *Bombus sitkensis* Nylander, 1848, por designación de Sandhouse, :589

*Bombus (Pratobombus)* Vogt, 1911. *Sitz. Ber. der gesell. Naturforsch. Freunde, Berlin*, : 49

Especie tipo: *Apis ptratorum* Linnaeus, 1761, por designación de Frison, 1927:67

*Bombus (Anodontobombus)* Krüger, 1917 *Entomologische Mitteilungen* 6:61

Especie tipo: *Apis hypnorun* Linnaeus, 1758, por designación de Williams, 1991: 69

*Bombus (Uncobombus)* Krüger, 1917. *Entomologische Mitteilungen* 6:65.

Especie tipo: *Apis hypnorum* Linnaeus, 1758, por designación de Williams, 1991: 69

*Bombus (Hypnorobombus)* Quilis, 1927 *Trabajos del Laboratorio de Historia Natural de Valencia* 16:97

Especie tipo: *Apis hypnorum* Linnaeus, 1758, monobásico

*Bombus (Lapponicobombus)* Quilis, 1927 *Trabajos del Laboratorio de Historia Natural de Valencia* :19, 22, 63.

Especie tipo: *Apis lapponica* Fabricius, 1793, por designación de Milliron, :58

### **Diagnosis.**

Las hembras con los ocelos ubicados en paralelo a la línea supraorbital; espacio malar tan largo o incluso más largo que ancho;  $A_1$  más corto que  $A_2+A_3$ . Los machos con los ojos compuestos no protuberantes; la antena es de 2.5 a 3 veces más larga que el escapo; valva peneana recurvada apicalmente y dirigiéndose hacia adentro.

### **Distribución.**

El subgénero se presentan en Europa, Asia, Norte América y Centroamérica. Es considerado como el subgénero más grande, con al menos 50 especies descritas entre el hemisferio oriental y occidental (Michener 2007; Williams et al. 2008).

### ***Bombus (Pyrobombus) ehippiatus* Say, 1837**

*Bombus ehippiatus* Say, 1837. *Boston Journ. Nat. Hist.* 1(4): 414.

*Bombus ehippiatus variegatus* Frison, 1925. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 51:139.

*Bombus ehippiatus pretiosus* Milliron, 1962. *Can. Entomol.* 94(7):731.

*Bombus formosus* Smith, 1854. *British Museum.* 403p.

*Bombus lateralis* Smith, 1879. *British Museum.* 134p.

*Bombus pulcher* Cresson, 1863. *Proc. Entomol. Soc. Phila.* 2:108.

?*Bombus schneideri* Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.* 3:253.

?*Bombus schneideri badiocollis* Friese, 1916. *Stett. Entomol. Ztg.* 77:298, 348.

?*Bombus schneideri fuliginosus* Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.* 3:253.

*Bombus vau-flavus* Cockerell, 1949. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 98:486.

*Bremus folsoni* Frison, 1922. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 48:322.

### **Diagnosis.**

Los machos y las obreras presentan una longitud entre 0.8 a 1.3 cm, mientras que las reinas son de mayor tamaño ( $\pm 2$  cm). *B. ehippiatus*, tradicionalmente, se reconoce porque el tórax presenta un patrón bicolor, en donde la región lateral está cubierta únicamente por pelos amarillos y la región dorsal generalmente está cubierta solo por



pelos negros. El abdomen es bicolor o tricolor cubierto con pelos negros y combinado con pelos amarillos presentes en la parte basal, formando una pirámide invertida. Cuando es tricolor se observan pelos rojizos en los extremos laterales de esta pirámide. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 6.

### **Distribución.**

Especie con distribución neotropical, reportado en Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y Venezuela (Abrahamovich y Díaz 2002; Moure y Melo 2012). En Guatemala ha sido recolectada en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, El Petén, El Progreso, El Quiché, Escuintla, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá, Suchitepéquez y Totonicapán. La distribución altitudinal en la que se presenta va desde 1027 a 3500 msnm (Anexo 6).

### **Biología.**

*B. ephippiatus* habita principalmente el Bioma Bosque de Montaña y Selva de Montaña y es una de las más abundantes en Guatemala. Se ha encontrado visitando un gran número de recursos florales por lo que puede considerarse como una especie generalista. Se ha observado con mucha frecuencia en asteráceas con flores grandes y vistosas, como *Dahlia* y *Tithonia*. Al igual que la mayoría de especies de *Bombus*, habita zonas montañosas y frías con vegetación asociada a bosques de coníferas y encinos.

### **Discusión.**

El patrón de coloración de *B. ephippiatus* es variable, ya que en algunos ejemplares puede observarse una mancha poco evidente de pelos amarillos en la región más cercana a la cabeza, llegando a confundirse con *B. wilmattae*. Así mismo, el abdomen en algunos especímenes presenta únicamente pelos amarillos y negros, mientras que en algunos ejemplares aparecen también pelos rojizos. Esta variabilidad, manifiesta en los especímenes de toda la región mesoamericana, ha generado debate en diversos autores (Cockerell 1912; Labougle et al 1985; Williams 2013, Moure y Melo 2012; Cameron et al 2007, Duennes et al 2012), algunos cuestionan que se trate de una sola especie junto a

*Bombus wilmattae* Cockerell, 1912 o que sean realmente dos especies válidas. La confusión taxonómica de estas especies es evidente al observar que 11 nombres han sido asignados a *B. ephippiatus*, producto de la variabilidad morfológica que presenta.

El estudio morfológico de los especímenes correspondientes a *B. ephippiatus* permitió corroborar que estos encajan a lo descrito originalmente para las reinas (Franklin 1913), excepto en la presencia de pelos ferruginosos en el escudo y a los lados de los segmentos T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub> que se observan en los especímenes estudiados de nuestro país y que se reporta además para ejemplares de Costa Rica. Algunos pocos individuos reinas de *B. ephippiatus* muestran pelos amarillos entremezclados con pelos negros en el vértex, no observándose pelos ferruginosos como indica Franklin (1913). Estos pelos se encuentran también en *B. wilmattae*, aunque manifiestos en todos los ejemplares y siendo más abundantes. La descripción de las obreras de *B. ephippiatus* es similar a la de las reinas. La revisión morfológica de la especie no permite identificar caracteres que logren diferenciar claramente con *B. wilmattae*, lo que hace necesario un estudio genético y morfométrico que brinde mayor información. Aunado a esto, comparten una misma distribución potencial en Guatemala.

***Bombus (Pyrobombus) wilmattae* Cockerell, 1912**

*Bombus lateralis wilmattae* Cockerell, 1912. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 10(8):21.

*Bombus guatemalensis* Franklin, 1912. *Trans. Amer. Ent. Soc.* 38:197

*Bombus alboniger* Franklin, 1915. *Entomol. News.* 26:409.

**Diagnosis.**

Los machos y las obreras presentan una longitud entre 0.8 a 1.2 cm, mientras que las reinas son de mayor tamaño ( $\pm 2$  cm). Se reconoce porque el tórax presenta un patrón bicolor en donde la región lateral está cubierta únicamente con pelos amarillos, a veces blancos, mientras que en la región dorsal se presenta predominantemente pubescencia amarilla, a veces blanca, con un área central de pelos negros. El abdomen es bicolor cubierto con pelos negros, combinado en la parte basal con pelos amarillos, a veces blancos, formando una pirámide invertida. Estos abejorros a diferencia de *B. ephippiatus*

nunca presentan pelos rojizos en el abdomen. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 7.

### **Distribución.**

Especie con distribución neotropical, reportado en Guatemala y sur de México (Abrahamovich y Díaz 2002; Moure y Melo 2012). En nuestro país ha sido recolectada en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, El Petén, El Progreso, El Quiché, Escuintla, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Sololá, Suchitepéquez y Totonicapán. La distribución altitudinal en la que se presenta va de 1020 a 3500 msnm (Anexo 7).

### **Biología.**

Habita principalmente el Bioma Bosque de Montaña y probablemente también en la Selva de Montaña. Es sumamente frecuente en el altiplano de Guatemala, en zonas con vegetación asociada a bosques de coníferas y encinos. Además, existen registros de visitas florales a aproximadamente 100 especies de plantas, indicando un comportamiento altamente generalista. Dada su abundancia y versatilidad, *B. wilmattae* es probablemente un polinizador muy importante en varias regiones de Guatemala, tanto en ecosistemas naturales como agrícolas.

### **Discusión.**

*B. wilmattae* es una especie considerada confusa por su similitud morfológica y distribución geográfica cercana a *B. ephippiatus*. Una descripción amplia de *B. wilmattae* es proporcionada por Franklin (1913), indicando que la obrera es muy similar en morfología, de esta última brinda más información morfológica basada en especímenes recolectados en Guatemala (Quiché). Este estudio permitió comparar ejemplares de *B. wilmattae* de nuestro país con la información dada por Franklin (1913), en la que se observó una discrepancia. El autor señala una banda de pelos negros en el escudo, dispuesta entre las alas, que se describe como delgada y poco evidente, invadida por pelos amarillos; no obstante los especímenes estudiados disponen de una banda negra, gruesa y muy evidente. La descripción que realiza Franklin (1913) parece corresponder a un

caracter intermedio entre *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*, diferenciados por la presencia de una zona clara de pelos negros en el área central del escudo. Este patrón de coloración es variable, ya que en algunos ejemplares la cantidad de pelos amarillos, o blancos, en la región dorsal del escudo es reducida predominando los pelos negros y llegando a parecerse a *B. ephippiatus*, cuya región dorsal está cubierta únicamente con pelos negros.

En el abdomen, *B. ephippiatus* y *B. wilmattae* muestran bandas de pelos amarillos (o blancos) que forman una pirámide invertida desde la base, indicándose en la literatura que *B. ephippiatus* muestra en ocasiones pelos rojizos a los laterales de esta pirámide. Sobre este carácter, cabe indicar que los ejemplares que presentan pelos rojizos a los laterales de la pirámide manifiestan, a simple vista, únicamente pelos negros en el escudo (aunque en aumento se observan pelos amarillos entremezclados en la zona basal del escudo y en el escutelo).

Dada la variabilidad en los patrones de coloración (Anexo 6 y 7) y no siendo posible identificar diferencias en otras estructuras morfológicas entre *B. wilmattae* y *B. ephippiatus*, se hace necesario el estudio genético y morfométrico para identificar características que permitan su discriminación.

***Bombus (Thoracobombus) Dalla Torre, 1880***

*Bombus* (Thoracobombus) Dalla Torre, 1880 *Die Naturhistoriker*, 2:40

Especie tipo: *Apis sylvarum* Linnaeus, 1761 por designación de Sandhouse, :604.

*Bombus* (Chromobombus) Dalla Torre, 1880 *Die Naturhistoriker*, 2:40

Especie tipo: *Apis muscorum* Linnaeus, 1758 por designación de Sandhouse, :538.

*Bombus* (Agrobombus) Vogt, 1911. *Sitz. Ber. der gesell. Naturforsch. Freunde, Berlin*, : 52

Especie tipo: *Apis agrorum* Fabricius, 1787 (nec Shcrank, 1781)= *Apis pascuorum* (Scopoli), 1763, por designación de Sandhouse, :523

*Bombus* (Ruderariobombus) Krüger, 1920 *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tierre* 42:350

Especie tipo: *Apis ruderaria* Müller, 1776, por designación de Yarrow, 1971, :27

*Agrobombus* (Adventoribombus) Skorikov, 1922. *Bull. Sta. Reg. Protect. Plantes Petrograd*, 4: 25

Especie tipo: *Apathus sylvarum* Linnaeus, 1761, por designación de Yarrow, 1971 :28

### **Diagnosis.**

Las hembras presentan el área malar de mayor longitud que el A<sub>1</sub>. El escapo es pequeño, menor a 0.5 la longitud del flagelo. La corbícula pequeña y parcialmente aplanada, ocupando un máximo de 1/5 el área de la tibia. La pubescencia en la cabeza y esternitos es unicolor. En machos el punteado en el clípeo es escaso, mientras que en el escuto es un poco más denso (E=1-3).

### **Distribución.**

El subgénero presenta distribución holártica y es poco probable en áreas tropicales. Se han descrito 19 especies correspondientes a este subgénero (Michener 2007; Williams 1998), en Guatemala está conformado por cinco especies, siendo el más numeroso.

### ***Bombus (Thoracobombus) medius* Cresson, 1863**

*Bombus medius* Cresson, 1863. *Proc. Entomol. Soc. Phila.* 2:97

### **Diagnosis.**

Las hembras y los machos presentan una longitud de  $\pm 1.1$  cm; reinas de *B. medius* no se encuentran depositadas en las colecciones estudiadas. Presenta el tórax con la región lateral cubierta únicamente por pelos negros, mientras que la región dorsal muestra dos áreas de pelos amarillos rodeando un área central de pelos negros. El abdomen es bicolor cubierto predominantemente con pilosidad negra combinada con un área de pelos amarillos en el T<sub>3</sub>. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 8.

### **Distribución.**

La especie tiene una distribución neotropical, reportada en Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá (Abrahamovich y Díaz 2002; Moure y Melo 2012). En Guatemala ha sido recolectada en el departamento de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén. La distribución altitudinal en la que se presenta varía entre 1655 y 700 msnm (Anexo 8).

### **Biología.**

*B. medius* habita el Bioma Selva Tropical Húmeda y Selva Tropical Lluviosa. Su distribución está limitada a altitudes relativamente bajas, y a selvas húmedas, en donde es poco frecuente encontrarla. Este abejorro, al igual que *B. pullatus*, habita regiones cálidas de Guatemala.

### **Discusión.**

*B. medius* no presenta problemas taxonómicos, lo que se corroboró con las descripción original (Cresson 1878). En Guatemala es poco abundante, por lo que se disponen escasos individuos en las colecciones entomológicas estudiadas.

### ***Bombus (Thoracobombus) mexicanus* Cresson, 1878**

*Bombus mexicanus* Cresson, 1878. *Proc. Acad. Nat. Sc. Phila.* 30:187.

*Bombus unifasciatus* Smith, 1879. *British Museum.* 133p.

*Bombus mexicanus adani* Cockerell, 1949. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 98:488

### **Diagnosis.**

Las hembras y los machos presentan una longitud  $\pm 1.1$  cm, mientras que las reinas son de mayor tamaño ( $\pm 2$  cm). Se reconocen porque el tórax presenta un patrón unicolor, cubierto únicamente con pelos negros. El abdomen es bicolor, en el que predominan los pelos negros combinados con una banda de pelos amarillos, presente en el T<sub>3</sub> de la hembra, mientras que en los machos se encuentra en el T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 9.

### **Distribución.**

Especie con distribución neotropical, reportado en Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá (Abrahamovich y Díaz 2002; Moure y Melo 2012). En Guatemala ha sido recolectada en los departamentos de Chimaltenango, Quiché, Guatemala, Sacatepéquez y Sololá. La distribución altitudinal varía entre 1400 a 2125 msnm (Anexo 9).

### **Biología.**

*B. mexicanus* habita el Bioma Bosque de Montaña, pero es probable que esté presente además en un área limitada del Bioma Sabana Tropical Húmeda, específicamente en lo que corresponde al departamento de Jutiapa. Se han encontrado abundantes individuos en zonas urbanas cercanas a bosques o barranco, por lo que no es raro observarle visitando plantas ornamentales como *Pentas*, *Duranta* y *Andira inermis* (W. Wright) DC.

### **Discusión.**

*B. mexicanus* no presenta problemas taxonómicos y los caracteres morfológicos resultan útiles para su reconocimiento. Los especímenes de Guatemala correspondientes a *B. mexicanus* concuerdan a la descripción proporcionada por Creson (1878), aunque esta es breve. En ella se describe básicamente la coloración del tegumento, de los tarsómeros y tibias, así como el patrón de coloración de la pubescencia del cuerpo.

### ***Bombus (Thoracobombus) pullatus* Franklin, 1913**

*Bombus pullatus* Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39:122.

*Bombus niger* Franklin, 1913. *Trans. Am. Entomol. Soc.* 39:120.

### **Diagnosis.**

Los machos y las obreras presentan una longitud de  $\pm 1.4$  cm, mientras que las reinas son de mayor tamaño ( $\pm 2$  cm). Estos abejorros se reconocen fácilmente por que presentan el cuerpo cubierto únicamente con pubescencia negra. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 10.

### **Distribución.**

Con distribución neotropical, es reportado en Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá y Venezuela (Abrahamovich y Díaz, 2002; Moure y Melo, 2012). En Guatemala ha sido recolectada en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, Izabal y Quiché. La distribución altitudinal varía entre 1600 a 1760 msnm (Anexo 10).

### **Biología.**

*B. pullatus* se distribuye principalmente en los Bioma Selva Tropical Lluviosa y Selva de Montaña, aunque es probable que también esté presente en Selva Tropical Húmeda. Prefiere ambientes húmedos y calurosos, donde se le ha encontrado visitando plantas de interés comercial, como el cardamomo (*Elettaria cardamomum*) y el achiote (*Bixa orellana*), y dada la eficiencia de los abejorros como polinizadores, es probable que sea un polinizador importante de estos cultivos.

### **Discusión.**

*B. pullatus* es fácil de identificar ya que presenta únicamente pelos negros en todo el cuerpo y no se reconocen problemas taxonómicos con otras especies. La comparación de los especímenes de Guatemala con la descripción dada por Franklin (1913) discrepa únicamente en la longitud de los segmentos antenales, ya que en los ejemplares de nuestro país, los segmentos A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> y A<sub>5</sub> son del mismo tamaño y no difieren en longitud como indica Franklin.

### ***Bombus (Thoracobombus) weisi* Friese, 1903**

*Bombus laboriosus* Smith, 1861. *J. Entomol.* 1:153

*Bombus weisi* Friese, 1903. *Z. Syst. Hymenopterol. Dipterol.* 3:253.

*Bombus nigrodorsalis* Franklin, 1907. *Entomol. News.* 18:90.

*Bombus nigrodorsalis laticollis* Franklin, 1907. *Entomol. News.* 18:91.

*Bombus mateonis* Cockerell, 1949. *Proc. U.S. Nat. Mus.* 98:487.

### **Diagnosis.**

Los machos y las obreras presentan una longitud de  $\pm 1$  cm, mientras que las reinas son de mayor tamaño ( $\pm 2$  cm). Se reconoce porque el tórax muestra un patrón bicolor, similar al de *B. ephippiatus*, en donde la región lateral está cubierta únicamente por pelos amarillos, nunca blancos, mientras la región dorsal está cubierta solo por pelos negros. El abdomen es bicolor, cubierto con pubescencia negra combinada con pelos amarillos, nunca rojizos ni blancos, en el T<sub>1</sub> al T<sub>3</sub>, formando franjas que cubren de un extremo al otro del abdomen. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 11.



### **Distribución.**

Especie con distribución neártica y neotropical. En el neotrópico está reportada en Costa Rica, Guatemala, Honduras y México (Abrahamovich y Díaz 2002; Moure y Melo 2012). Ha sido recolectada en el departamento de Baja Verapaz, Chimaltenango, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos y Sololá. La distribución altitudinal varía entre 1585 a 3157 msnm (Anexo 11).

### **Biología.**

*B. weisi* habita el Bioma Bosque de Montaña y Selva Subtropical Húmeda. Aunque no existen muchos registros de visitas florales para ella, se han encontrado abundantes individuos de *B. weisi* en áreas agrícolas. Esto sugiere que podría ser un polinizador importante para hábitats fragmentados y/o con agricultura dependiente de la polinización.

### **Discusión.**

*B. weisi* presenta una morfología similar a *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*, aunque estas últimas especies corresponden al subgénero *Pyrobombus*. Las especies del género *Thoracobombus* presentan, en la esquina que converge el margen distal con el margen posterior, un diente o espina (puede no ser tan evidente en individuos pequeños), mientras que en las especies de *Pyrobombus* esta esquina es redondeada y no se pronuncia. Este carácter resulta útil para diferenciar a *B. weisi* de *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*. A lo que se une el patrón de coloración, que difiere especialmente entre las obreras, en las que *B. weisi* no presenta bandas de pelos amarillos en el abdomen dispuestas en forma de pirámide invertida.

### ***Bombus (Thoracobombus) xelajuensis* Asperen de Boer, 1992**

*Bombus xelajuensis* Asperen de Boer, 1992. *Entomol. Ber. (Amst)*. 52(11):162.

### **Diagnosis.**

Los machos y las obreras presentan una longitud de  $\pm 1$  cm, mientras que las reinas son de mayor tamaño ( $\pm 2$  cm). Estos abejorros se reconocen porque el tórax presenta un patrón bicolor, en donde la región lateral está cubierta únicamente por pelos

negros y la región dorsal presenta dos áreas de pelos amarillos que rodean un área central de pilosidad negra. El abdomen es bicolor, cubierto predominantemente con pelos negros combinado con un área de pubescencia amarilla en el T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> que se extienden hasta el ápice. El patrón de coloración y la genitalia masculina se presenta en el Anexo 12.

### **Distribución.**

*B. xelajuensis* endémica de Guatemala, donde se presenta en la región occidental (Asperen de Boer 1992). Ha sido recolectada en los departamentos de Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos y Totonicapán. La distribución altitudinal oscila entre 2920 a 3500 msnm (Anexo 12).

### **Biología.**

Habita el Bioma Bosque de Montaña. Es un abejorro restringido a altitudes cercanas a los 3000 msnm, por lo que no es raro encontrarlo en plantas con distribución altitudinal similar, como *Geranium alpicola* y *Halenia shannonii*. Es posible que tenga un comportamiento de forrajeo más especialista que el de las especies comunes. Sin embargo, también se le ha observado visitando hierbas de amplia distribución en el altiplano, como *B. rapa* (colinabo).

### **Discusión.**

*B. xelajuensis* fue descrita por Asperen de Boer (1992), basando su descripción en individuos capturados en el este de Quetzaltenango, a una altitud de 3,100 msnm, ejemplares depositados en la colección de Hymenoptera del Centro de Biodiversidad Naturalis de Holanda. Se ha considerado a *B. menchuae* como una posible sinonimia de *Bombus trinominatus* Dalla Torre, 1890 (Williams 2013) que se ubica dentro del mismo subgénero. El estudio morfológico realizado en este trabajo fue realizado con los individuos recolectados en Guatemala y depositados en las colecciones indicadas, especímenes tipo correspondientes a obrera y macho depositados en el Centro de Biodiversidad Naturalis de Holanda y ejemplares de México de la especie *B. trinominatus* de la Colección de Abejas de la Estación Biológica Chamela, Jalisco, México.

Los especímenes de Guatemala fueron comparados con la descripción proporcionada por Asperen de Boer (1992), tanto en el patrón de coloración como en otros caracteres morfológicos. Cabe mencionar que la coloración del escuto coincide con lo reportado por Dalla Torre (1890), mientras que sí difiere a lo indicado por el autor respecto a la coloración del escutelo. Dado que las descripciones proporcionadas por ambos autores son breves, se hizo necesario el estudio morfológico de los ejemplares para identificar caracteres diagnósticos.

Los especímenes de Guatemala presentan en el abdomen pelos negros predominantes en el T<sub>1</sub>, tal como se cita en *B. xelajuensis* y *B. trinominatus*. Sin embargo, sus descripciones no indican la presencia de pubescencia amarilla entremezclada en la región lateral y la presencia de un pequeño mechón de pelos amarillos, poco notorio, en el centro de este tergo que se detectó en los ejemplares de Guatemala, mismo que fue corroborado en los tipos de *B. xelajuensis*. Este carácter no fue ubicado en los especímenes de *B. trinominatus* estudiados. Así mismo, en *B. trinominatus* hay únicamente pelos unicolor en el T<sub>2</sub> mientras que en *B. xelajuensis* hay evidentes pelos amarillos entremezclados con la pubescencia negra que predomina en este tergo. Fue detectada además una variación en el patrón de coloración en el T<sub>5</sub> entre las dos especies. Cabe mencionar, que en *B. trinominatus* el tórax, en vista dorsal, no presenta una zona central de pelos negros entre dos parches de pelos amarillos, que sí se presenta en *B. xelajuensis*.

Debido a que el patrón de coloración suele ser un carácter cuestionable por las variaciones que se presentan entre individuos de una misma especie (Carolan et al 2012), fue necesaria la identificación de caracteres morfológicos no concernientes al patrón de coloración en la pubescencia. Las diferencias morfológicas identificadas entre *B. xelajuensis* y *B. trinominatus* conciernen a la posición de los ocelos, la ornamentación y profundidad del punteado en el área entre el ojo y el vértex, la densidad del punteado en el escuto y escutelo y la presencia de setas entremezcladas en la cabeza.

Debe mencionarse que *B. xelajuensis* está restringida a áreas altas de Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos y Totonicapán, recolectada a altitudes mayores de 2,900 msnm. En México, *B. trinominatus* ha sido capturada en Guerrero y Oaxaca, por lo que si estas especies corresponden a una sola debe haber existido migración entre México y Guatemala, y es esperada su presencia en el estado de Chiapas. Sin embargo los reportes en literatura o bases de datos electrónicas no citan la presencia de *B. trinominatus* en Chiapas y no es posible corroborar la migración entre ambas áreas.

Respecto a los machos, la morfología de la genitalia es útil para diferenciar especies, sin embargo no se contó para este trabajo con ejemplares masculinos y no fue posible ubicar imágenes de la genitalia de *B. trinominatus* para evidenciar similitudes o diferencias con *B. xelajuensis*. No obstante, la información provista por los caracteres morfológicos estudiados indican que *B. xelajuensis* es una especie válida y no corresponde a una sinonimia de *B. trinominatus*.

## **ESTUDIO MORFOMÉTRICO.**

### **Machos.**

Fueron tomadas las medidas de 49 ejemplares de ocho grupos taxonómicos de abejorros de Guatemala (Anexo 13). Para conocer la variación de cada uno de los caracteres medidos entre individuos de un mismo grupo taxonómico se calculó el coeficiente de variación por grupo. Se determinó que *B. brachycephalus* es el grupo más variable, con valores de *cv* en algunos caracteres de 30 a 60%, mientras que en el resto de grupos taxonómicos no sobrepasó el 20%. Fue nuevamente calculado el *cv*, sin incluir a los ejemplares de *B. brachycephalus*, y se corroboró que las variables estudiadas no presentan un valor mayor al 25%, por lo que se descarta que en el resto de grupos la variación observada corresponda a diferencias entre individuos de un mismo grupo taxonómico. Los caracteres con mayor variabilidad (*cv*) entre grupos taxonómicos fueron la longitud del ocelo medio al vértex, el largo del área malar, la relación entre el largo del área malar y el ancho del clípeo, la distancia del ojo al vértex, la distancia del ocelo lateral al ojo compuesto, la relación entre  $A_1+A_2/A_3$  y la relación entre  $T_1/T_2$ .

**Tabla 2.** Datos libres de efecto isométrico de siete variables estudiadas en machos de ocho grupos taxonómicos del género *Bombus* en Guatemala.

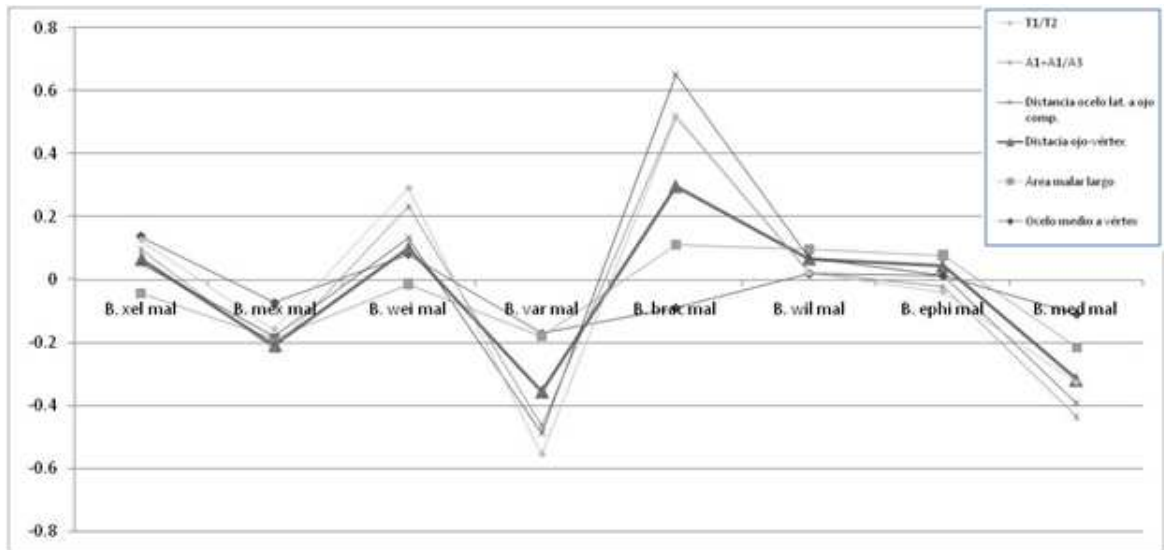
G. taxonómico	T	OMV	ALCL	AML	AM/AC	DOV	LVAP	DOLOC	LC/AC	A/E	LE/LA	A1+A1/A3	T1/T2
<i>B. xelajuensis</i>	0.012625	0.137021	0.051411	-0.178816	-0.175403	0.107217	0.031059	-0.012754	-0.054768	-0.024218	0.161003	0.044199	0.027503
<i>B. mexicanus</i>	-0.054408	-0.073568	0.058924	-0.112076	-0.117802	-0.022375	-0.042700	0.027572	0.022193	0.017941	0.183060	-0.042634	0.066857
<i>B. weisi</i>	0.008036	0.080589	0.002780	-0.093997	-0.077899	0.113269	-0.000953	0.033956	0.012856	0.026402	0.196817	0.099426	0.057581
<i>B. variabilis</i>	0.001518	-0.171121	-0.007288	-0.007618	-0.030046	-0.176422	-0.001296	-0.132120	0.022301	-0.005500	0.007196	0.022546	-0.088624
<i>B. brachycephalus</i>	-0.075874	-0.089153	0.009729	0.199484	0.198238	0.185477	-0.061526	0.354942	0.008642	-0.006708	0.034492	-0.131546	-0.004425
<i>B. wilmattae</i>	0.009174	0.018580	-0.033738	0.078583	0.078985	-0.030889	0.015240	0.003707	0.000229	0.001110	0.094670	-0.046577	-0.003313
<i>B. ephippiatus</i>	0.008464	0.012376	0.006412	0.064847	0.061714	-0.034676	-0.001301	-0.027890	-0.007824	-0.014637	0.103723	-0.039930	-0.013362
<i>B. medius</i>	-0.059154	-0.109144	-0.007666	-0.104250	-0.066511	-0.104910	-0.062748	-0.073098	-0.005527	0.037424	0.085308	-0.046700	0.112150

Fuente: FODECYT 32-2012

T= tamaño, OMV= Longitud del ocelo medio a vértex, ALCL= Relación entre ancho y largo de clípeo, AML= Largo del área malar, AM/AC= Relación entre el largo del área malar y el ancho del clípeo, DOV= Distancia del ojo compuesto al vértex, LVAP= Longitud del vértex al ápice del clípeo, DOLOC= Distancia del ocelo lateral al ojo compuesto, LC/AC= Relación entre el largo y ancho del clípeo, A/E= Relación entre la longitud entre alas y el largo del escudo, LE/LA= Relación entre la longitud de la antena y la del escapo, A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>/A<sub>3</sub>= Relación entre la sumatoria de los segmentos antenales 1 y 2 en proporción a la longitud del segmento 3. T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub>= Relación entre la longitud de tergo 1 y tergo 2.

Los datos libres de efecto isométrico (Tabla 2) fueron graficados (Perfiles de Guillaumin) para conocer las diferencias entre grupos taxonómicos y cada variable estudiada, con énfasis en las variables con mayor *cv*. Esto se realizó por variable para detectar variaciones en todos los grupos taxonómicos. La distancia del ocelo medio al vértex permite identificar tres grupos: a) *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*, b) *B. mexicanus*, *B. brachycephalus* y *B. medius*, c) *B. variabilis*, d) *B. weisi* y f) *B. xelajuensis*. El largo del área malar y la relación entre área malar, así como el ancho del clípeo identifica a los grupos a) *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*, b) *B. mexicanus*, *B. weisi*, *B. variabilis* y *B. medius*, c) *B. xelajuensis* y d) *B. brachycephalus*, ambas variables se comportan de igual manera. La variable de distancia del ojo compuesto al vértex agrupa de la siguiente manera: a) *B. wilmattae*, *B. ephippiatus*, *B. medius* y *B. mexicanus*, b) *B. xelajuensis*, *B. weisi* y *B. brachycephalus* (este último un poco más alejado), y c) *B. variabilis*. Con la variable de distancia del ocelo lateral al ojo compuesto se reconoce claramente una separación de *B. brachycephalus* y el resto de grupos taxonómicos. La relación entre A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>/A<sub>3</sub> congrega en tres grupos a: a) *B. mexicanus*, *B. wilmattae*, *B. ephippiatus* y *B. medius*, b) *B. xelajuensis*, *B. weisi* y *B. variabilis*, y c) *B. brachycephalus*. La variable de T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub> agrupó a *B. brachycephalus*, *B. wilmattae* y *B. ephippiatus*, otro conjunto lo conformó *B. xelajuensis*, *B. mexicanus* y *B. weisi*, y de forma aislada, muy distantes entre sí, quedaron *B. medius* y *B. variabilis*.

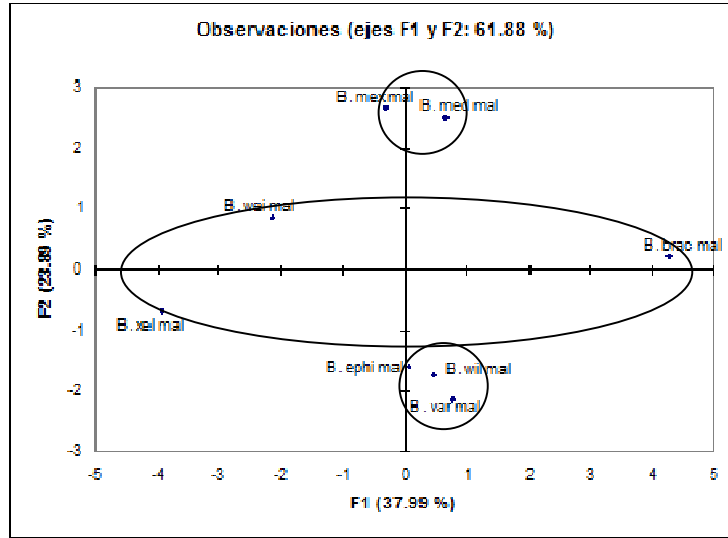
**Fig. 5.** Seis variables estudiadas con datos libres del tamaño isométrico (Perfiles de Guillaumin) en machos de los grupos taxonómicos de abejorros en Guatemala.



Fuente: FODECYT 32-2012

El análisis de componentes principales generado con datos libres de efecto isométrico de los trece caracteres medidos en machos empleando los dos primeros componentes principales (Figura 6), representa el 61.88% del total de variación entre todas las variables medidas. En la representación bidimensional, el componente principal 1 (F1) separa a) *B. mexicanus* y *B. medius*, b) *B. weisi*, *B. brachycephalus* y *B. xelajuensis*, c) *B. ephippiatus*, *B. wilmattae* y *B. variabilis*. El componente principal 2 (F2) separa a *B. brachycephalus* y *B. xelajuensis* en polos opuestos, muy distantes del resto de especies agrupadas al centro. El componente F1, con un peso de 37.99% de la variabilidad, es explicado principalmente por la distancia del ocelo lateral al ojo compuesto, el largo del área malar y la relación entre el área malar-el ancho del clípeo, que representan el 80% de la variabilidad entre los grupos taxonómicos. El F2 explica el 23.89% de la varianza, donde la distancia del ojo compuesto al vértex y la distancia del ocelo medio al vértex contribuye un 60 % a la variabilidad observada.

**Fig. 6.** Análisis de componentes principales de seis variables estudiadas con datos libres del tamaño isométrico en machos de abejorros en Guatemala.



Fuente: FODECYT 32-2012

**Reinas.**

Fueron tomadas las medidas de 26 ejemplares que corresponden a cinco grupos taxonómicos de abejorros de Guatemala (Anexo 13). Para conocer la variación de cada uno de los caracteres medidos entre individuos de un mismo grupo taxonómico se calculó el coeficiente de variación (*cv*) por grupo. Se determinó que para las reinas medidas, los grupos *B. wilmattae* y *B. ephippiatus* fueron las más variables, presentando un *cv* superior a 15% para la longitud de T<sub>1</sub>. Los caracteres con mayor variabilidad (*cv* >= 20) fueron el largo del área malar, la relación entre el largo del área malar y el ancho del clípeo y la relación entre T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub>.

**Tabla 3.** Datos libres de efecto isométrico de siete variables estudiadas en reinas de cinco grupos taxonómicos del género *Bombus* en Guatemala.

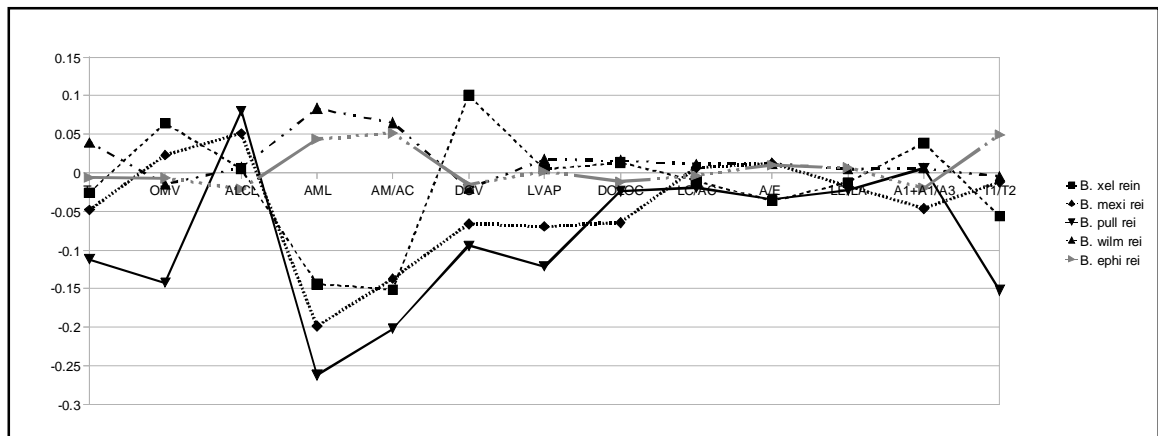
G. taxonómico	T	OMV	ALCL	AML	AM/AC	DOV	LVAP	DOLOC	LC/AC	A/E	LE/LA	A1+A2/A3	T1/T2
<i>B. xelajuensis</i>	-0.025643	0.063831	0.005057	-0.144265	-0.151221	0.100077	0.004299	0.012929	-0.010413	-0.036730	-0.012469	0.038373	-0.056595
<i>B. mexicanus</i>	-0.048392	0.022990	0.050937	-0.198684	-0.137290	-0.066121	-0.069794	-0.064731	0.006652	0.012126	-0.017352	-0.046132	-0.012187
<i>B. pullatus</i>	-0.112163	-0.142636	0.079922	-0.261877	-0.202071	-0.094378	-0.121447	-0.023895	-0.019406	-0.034479	-0.022769	0.005719	-0.152088
<i>B. wilmattae</i>	0.039031	-0.015007	0.006474	0.082960	0.064607	-0.020348	0.017100	0.015856	0.011042	0.011848	0.004444	0.005572	-0.004993
<i>B. ephippiatus</i>	-0.006251	-0.006818	-0.021441	0.043524	0.051400	-0.015675	0.001584	-0.011873	-0.003456	0.009937	0.006248	-0.020161	0.049218

Fuente: FODECYT 32-2012

T= tamaño, OMV= Longitud del ocelo medio a vértex, ALCL= Relación entre ancho y largo de clípeo, AML= Largo del área malar, AM/AC= Relación entre el largo del área malar y el ancho del clípeo, DOV= Distancia del ojo compuesto al vértex, LVAP= Longitud del vértex al ápice del clípeo, DOLOC= Distancia del ocelo lateral al ojo compuesto, LC/AC= Relación entre el largo y ancho del clípeo, A/E= Relación entre la longitud entre alas y el largo del escudo, LE/LA= Relación entre la longitud de la antena y la del escapo, A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>/A<sub>3</sub>= Relación entre la sumatoria de los segmentos antenales 1 y 2 en proporción a la longitud del segmento 3. T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub>= Relación entre la longitud de tergo 1 y tergo 2.

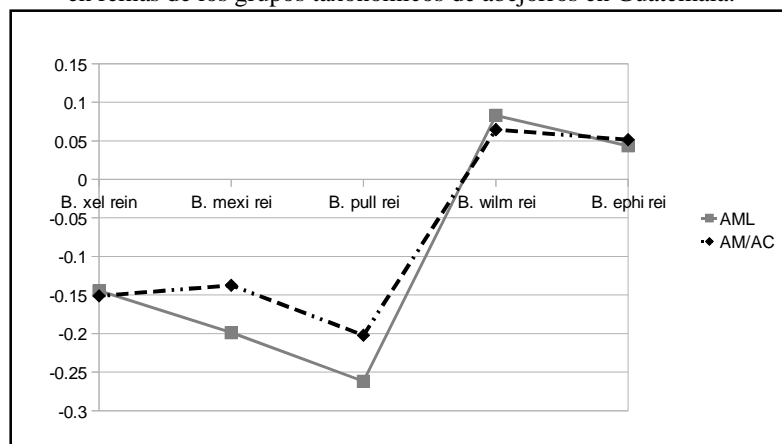
Los datos libres de efecto isométrico (Tabla 3) fueron graficados (Perfiles de Guillaumin) para conocer las diferencias entre grupos taxonómicos y cada variable estudiada, con énfasis en las variables con mayor *cv*. Los datos fueron graficados por variable para detectar variaciones en todos los grupos taxonómicos a menor escala. La distancia del ocelo medio al vértex, el tamaño, la longitud del ocelo medio a vértex y la relación entre  $T_1$  y  $T_2$  permiten identificar claramente dos grupos: a) *B. mexicanus* y *B. xelajuensis*, y b) *B. pullatus*, *B. wilmattae* y *B. ehippiatus*. La relación entre el largo del área malar y el ancho del clípeo, así como el largo del área malar, agrupan claramente a *B. wilmattae* y *B. ehippiatus*, distantes de *B. pullatus* y el resto de especies (Fig. 8).

**Fig. 7.** Seis variables estudiadas con datos libres del tamaño isométrico (Perfiles de Guillaumin) en reinas de los grupos taxonómicos de abejorros en Guatemala.



Fuente: FODECYT 32-2012

**Fig. 8.** Variables AM/AC y AML libres del tamaño isométrico (Perfiles de Guillaumin) en reinas de los grupos taxonómicos de abejorros en Guatemala.

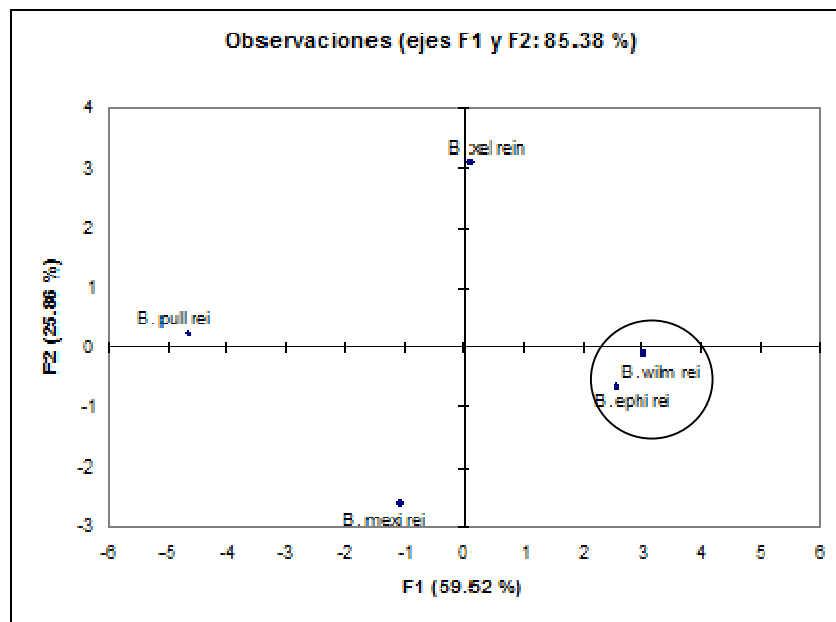


Fuente: FODECYT 32-2012



El análisis de componentes principales generado con datos libres de efecto isométrico de los trece caracteres medidos en reinas (Tabla 3) empleando los dos primeros componentes principales, representa el 85.38% del total de variación entre todas las variables medidas (Fig. 9). En la representación bidimensional, el componente principal 1 (F1) separa a a) *B. mexicanus*, b) *B. xelajuensis*, y c) *B. ephippiatus*, *B. wilmattae* y *B. pullatus*. El componente principal 2 (F2) separa a *B. pullatus* y, aunque no tan unidos entre sí, separa a *B. xelajuensis*, *B. mexicanus*, *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*. Un análisis global de la representación permite corroborar la agrupación de *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*, mientras que el resto de especies se grafican aisladas entre sí. El componente F1, con un peso de 37.99% de la variabilidad, es explicado principalmente por el largo del área malar y la relación entre área malar-ancho del clípeo. El F2 explica el 23.89% de la varianza, donde la distancia del ocelo al vértex y la distancia del ojo compuesto al vértex contribuye un 74% a la variación observada.

**Fig. 9.** Análisis de componentes principales de seis variables estudiadas con datos libres del tamaño isométrico en reinas de abejorros en Guatemala.



Fuente: FODECYT 32-2012

## Obreras.

Fueron tomadas las medidas de 96 ejemplares que corresponden a obreras de diez grupos taxonómicos de abejorros de Guatemala y un grupo taxonómico de México (*B. trinominatus*) (Anexo 13). Para conocer la variación de cada uno de los caracteres medidos entre individuos de un mismo grupo se calculó el coeficiente de variación (*cv*) por grupo. Se determinó que para las obreras estudiadas, *B. brachycephalus*, *B. wilmattae* y *B. ephippiatus* fueron las de mayor variación en los caracteres medidos, presentando *cv* superiores a 20% para el tamaño, la distancia del ocelo medio al vértex, largo del área malar, la distancia del ojo al vértex y la relación entre el largo y ancho del clípeo. Los caracteres con mayor variabilidad ( $cv \geq 25$ ), unificando todos los grupos, fueron el tamaño, la distancia del ocelo medio al vértex y la distancia del ojo al vértex.

**Tabla 4.** Datos libres de efecto isométrico de siete variables estudiadas en obreras de once grupos taxonómicos del género *Bombus*.

Grupo taxonómico	T	OMV	ALCL	AML	AM/AC	DOV	LVAP	DOLOC	LC/AC	A/E	LE/LA	A1+A1/A3	T1/T2
<i>B. variabilis</i>	-0.911268	-2.847954	-0.768776	-0.635868	-0.257716	-2.188839	-1.223670	-1.931898	0.159037	0.411808	0.039750	1.043029	-1.193172
<i>B. xelajuensis</i>	0.753382	0.628402	1.555556	-0.533226	-1.638205	1.134755	1.086132	0.328573	-0.220264	-1.892297	-0.079421	0.623278	0.942724
<i>B. medius</i>	0.459311	0.355222	0.065772	0.607850	0.263910	0.427410	0.650503	0.784422	-0.138837	0.390240	0.188550	0.478153	-0.289283
<i>B. trinominatus</i>	0.302852	0.544898	0.853482	-0.545125	-1.060204	0.487028	0.244839	0.748602	-0.178552	-0.714831	-0.166929	0.798995	0.036518
<i>B. macgregori</i>	-2.261544	-0.044257	-0.895960	-0.816834	0.732688	0.202858	-1.757974	0.341952	-0.192227	0.372905	0.046844	-2.101971	1.152211
<i>B. mexicanus</i>	-0.754407	0.273511	0.284741	-0.455864	-0.338966	0.146636	-0.091203	-0.522603	-0.048196	0.127436	0.304906	-0.184227	-0.451938
<i>B. pullatus</i>	-0.566486	0.114121	0.222249	-1.181307	-0.856303	-0.305969	-0.905338	-0.932475	-0.291865	-0.044290	-0.703535	-0.238285	-0.359230
<i>B. weisi</i>	0.453688	0.426290	0.444529	-0.205563	-0.469960	0.835842	0.219108	0.803531	-0.248711	0.230237	0.361698	-0.030577	0.496464
<i>B. brachycephalus</i>	-0.618507	0.331245	-1.051591	0.414950	0.820628	0.548895	-0.367013	0.784566	-0.007132	-0.266485	0.076165	-1.055574	0.747767
<i>B. wilmattae</i>	0.751243	0.337027	-0.511783	1.289655	1.129440	-0.260637	0.761550	0.424402	0.317464	0.584537	-0.430163	0.185273	-0.223083
<i>B. ephippiatus</i>	0.490476	0.373114	-0.199309	1.298511	1.120732	-0.172673	0.726717	0.180216	0.502451	0.100563	0.428138	0.077653	-0.171453

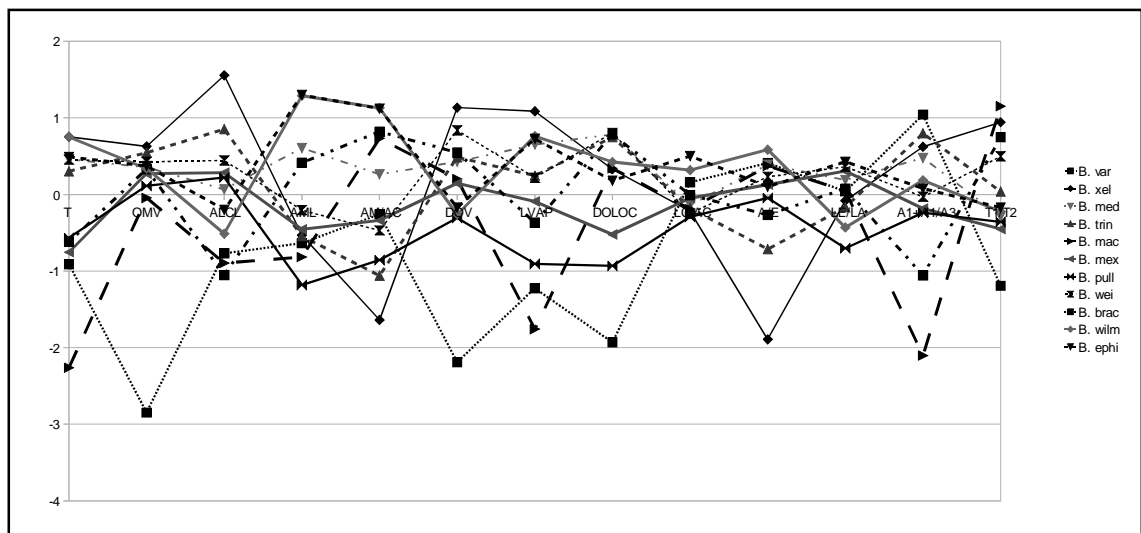
Fuente: FODECYT 32-2012

T= tamaño, OMV= Longitud del ocelo medio a vértex, ALCL= Relación entre ancho y largo de clípeo, AML= Largo del área malar, AM/AC= Relación entre el largo del área malar y el ancho del clípeo, DOV= Distancia del ojo compuesto al vértex, LVAP= Longitud del vértex al ápice del clípeo, DOLOC= Distancia del ocelo lateral al ojo compuesto, LC/AC= Relación entre el largo y ancho del clípeo, A/E= Relación entre la longitud entre alas y largo del escudo, LE/LA= Relación entre la longitud de la antena y del escapo, A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>/A<sub>3</sub>= Relación entre la sumatoria de los segmentos antenales 1 y 2 en proporción a la longitud del segmento 3. T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub>= Relación entre la longitud de tergo 1 y tergo 2.

Los datos libres de efecto isométrico (Tabla 4) fueron graficados (Perfiles de Guillaumin) para conocer las diferencias entre grupos taxonómicos y de cada variable (Fig. 10). Las variables fueron graficados para identificar variaciones en todos los grupos a menor escala. Se aprecia que el tamaño permite diferenciar claramente a *B. macgregori* del resto de grupos. *B. variabilis* es separada del resto de grupos por la longitud del ocelo medio a vértex, la distancia del ocelo lateral al ojo compuesto y la distancia del ojo compuesto al vértex. *B. ephippiatus* y *B. variabilis* se comportan de manera similar, diferenciándose sutilmente en la relación A<sub>1</sub>+A<sub>2</sub>/A<sub>3</sub> y T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub>.

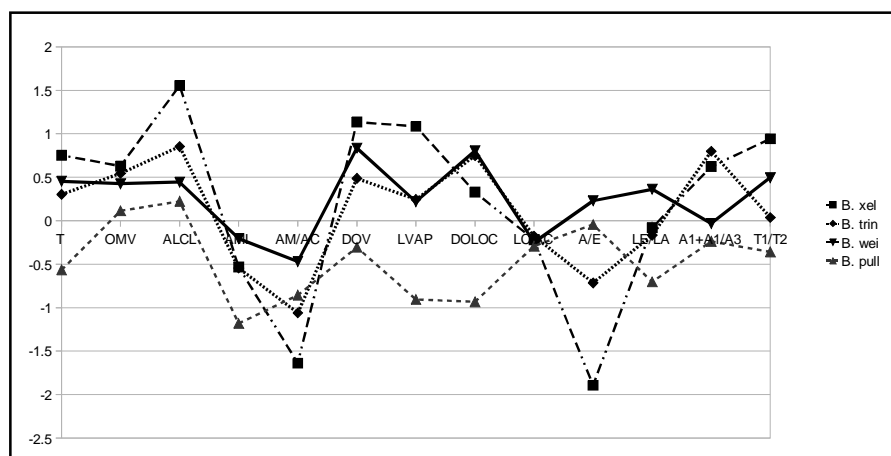
El análisis de los grupos taxonómicos correspondientes al subgénero *Thoracobombus* (Fig. 11), permite agrupar a *B. weisi* y *B. trinominatus* por ser similares en los caracteres medidos, mientras que *B. xelajuensis* se diferencia respecto a la relación entre ancho y largo del clípeo, relación entre el largo del área malar y el ancho del clípeo y la relación entre la longitud entre alas y largo del escuto. *B. pullatus* discrepa con el resto de grupos en los caracteres de longitud del vértex al ápice del clípeo, distancia del ocelo lateral al ojo compuesto y el tamaño de los ejemplares.

**Fig. 10.** Variables estudiadas con datos libres del tamaño isométrico (Perfiles de Guillaumin) en obreras de los grupos taxonómicos de abejorros en Guatemala.



Fuente: FODECYT 32-2012

**Fig. 11.** Variables libres del tamaño isométrico (Perfiles de Guillaumin) para obreras del subgénero *Thoracobombus* en Guatemala.



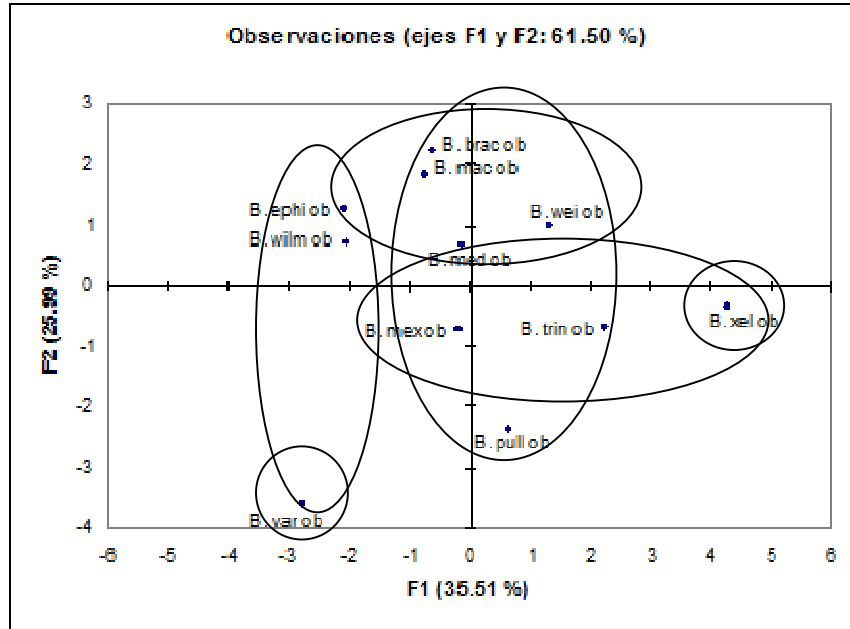
Fuente: FODECYT 32-2012

El análisis de componentes principales generado con datos libres de efecto isométrico de los trece caracteres medidos en obreras (Fig. 12), empleando los dos primeros componentes principales, representa el 61.5% del total de variación entre todas las variables medidas. En la representación bidimensional, ambos componentes no separan los grupos taxonómicos de forma clara. El F1, muestra tres grupos: a) *B. macgregori*, *B. brachycephalus*, *B. weisi*, *B. medius*, *B. ehippiatus* y *B. wilmattae*, b) *B. mexicanus*, *B. trinominatus*, *B. xelajuensis* y *B. pullatus*, c) *B. variabilis*. El F2, con un peso de 25.99%, muestra la conformación de tres unidades, a) *B. ehippiatus*, *B. wilmattae* y *B. variabilis*, b) *B. brachycephalus*, *B. macgregori*, *B. weisi*, *B. medius*, *B. trinominatus*, *B. mexicanus* y *B. pullatus*, y c) *B. xelajuensis*.

Al analizar de forma global el gráfico obtenido con el ACP se identifica a *B. variabilis* y *B. xelajuensis*, que se alejan del resto de grupos. Los grupos más cercanos entre sí son *B. ehippiatus* y *B. wilmattae*, y *B. brachycephalus* y *B. macgregori*. El componente F1, con un peso de 37.99% de la variabilidad, es explicado principalmente por la relación entre ancho y largo del clípeo, la distancia entre alas y escuto, la relación entre la longitud del área malar y el ancho del clípeo y la distancia del ojo al vértex. F2 explica el 23.89% de la varianza, donde la distancia del ocelo lateral al ojo compuesto, la relación entre ancho de T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, la distancia del ojo compuesto al vértex contribuye un 57 %.

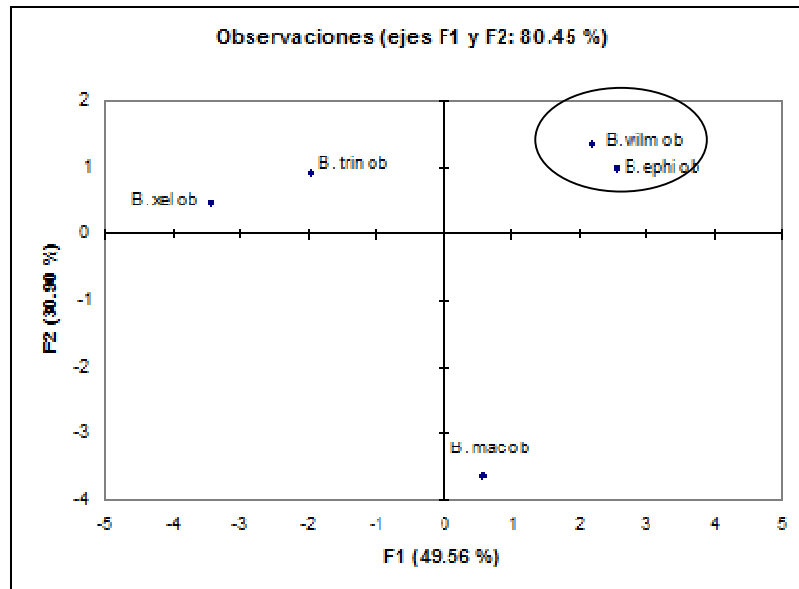
Así mismo, se generó el ACP empleando los datos libres de efecto isométrico de todas las variables medidas en obreras de los grupos taxonómicos en conflicto (*B. trinominatus*, *B. xelajuensis*, *B. ehippiatus* y *B. wilmattae*) (Fig. 13). En este se obtuvo que los dos primeros componentes principales, que representan el 80.45% del total de variación, agrupan fácilmente a *B. ehippiatus* y *B. wilmattae*, mientras que separan de forma más clara a *B. trinominatus* y *B. xelajuensis*.

**Fig. 12.** Análisis de componentes principales de las variables estudiadas con datos libres del tamaño isométrico en obreras de abejorros en Guatemala.



Fuente: FODECYT 32-2012

**Fig. 13.** Análisis de componentes principales de las variables estudiadas con datos libres del tamaño isométrico en obreras de 5 especies de abejorros en Guatemala.

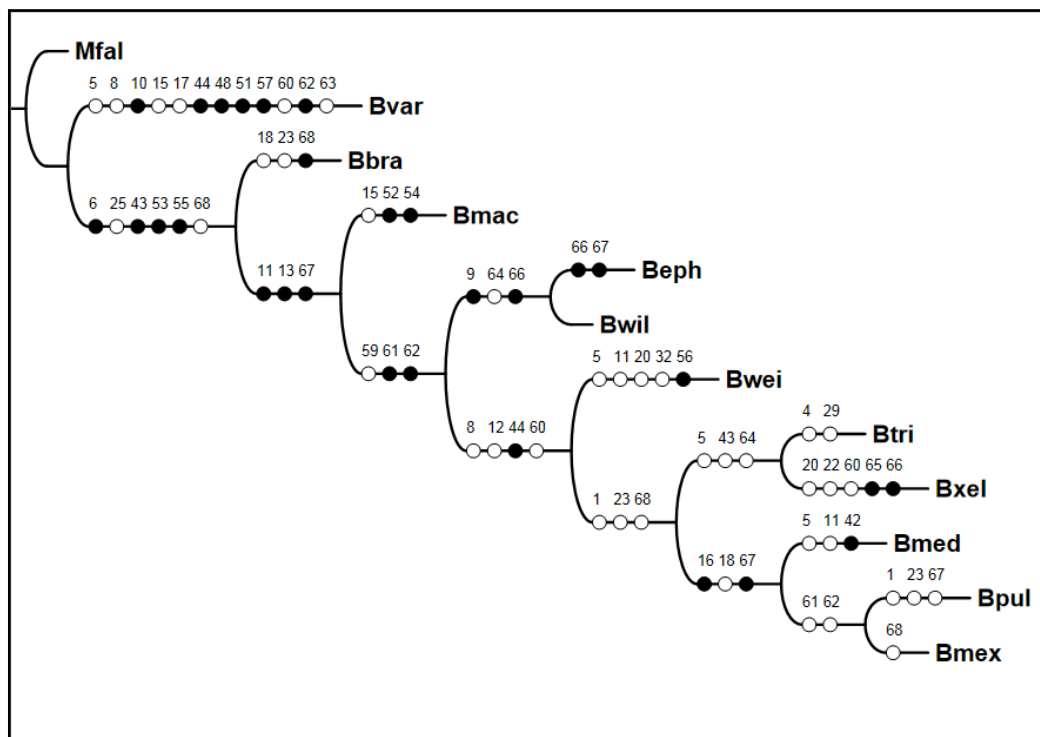


Fuente: FODECYT 32-2012

## ESTUDIO FILOGENÉTICO

La construcción de un solo árbol filogenético a partir de los grupos taxonómicos del género *Bombus* en Guatemala, utilizando datos morfológicos de ejemplares de obreras (Anexo 14), permite la diferenciación entre los diferentes grupos (Fig. 14). *B. ephippiatus* y *B. wilmattae* resultaron ser los más cercanos, separados únicamente por caracteres referentes a patrones de coloración. Así mismo, *B. trinominatus* y *B. xelajuensis* se encuentran próximos, aunque difieren en un mayor número de caracteres, que incluyen tanto cualidades morfológicas como patrón de coloración.

Fig. 14. Reconstrucción filogenética del género *Bombus* en Guatemala



Fuente: FODECYT 32-2012

*Hacer uso por primera vez en Guatemala del Código de Barras de la Vida para obtener la información genética de los abejorros de Guatemala a partir del COI, marcador escogido para el Código de Barras de la Vida en animales.*

En total se han incluido 41 secuencias de ejemplares del género *Bombus* (*B. brachycephalus*, *B. ephippiatus*, *B. macgregori*, *B. medius*, *B. mexicanus*, *B. pullatus*, *B.*

*variabilis*, *B. weisi*, *B. wilmattae* y *B. xelajuensis*) y 5 secuencias que corresponden a grupos externos (Tabla 5). Las secuencias utilizadas como grupos externos corresponden a especies de otras tribus de la sub-familia Apinae, a la que también pertenece la tribu Bombini: 1 secuencia corresponde a *Eulaema bombiformis* de la tribu Euglossini y 4 secuencias a especies pertenecientes de la tribu Meliponini (*Melipona beecheii*, *M. solani*, *Scaptotrigona pectoralis* y *Partamona bilineata*).

**Tabla 5.** Ejemplares estudiados para el caracter molecular. Se incluyen el nombre del género y de la especie, el código de procesamiento de la secuencia, el país de procedencia de la muestra (BR: Brasil, GT: Guatemala) y el largo de la secuencia expresado en pares de bases (Bp).

Género	Especie	Código	País	Largo (Bp)
<i>Eulaema</i>	<i>E. bombiformis</i>	5664E06BR_Eubo	BR	658
<i>Melipona</i>	<i>M. solani</i>	5661C11GT_Msol	GT	658
<i>Melipona</i>	<i>M. beecheii</i>	5661B02GT_Mbee	GT	658
<i>Partamona</i>	<i>P. bilineata</i>	5661H09GT_Pbil	GT	658
<i>Scaptotrigona</i>	<i>S. pectoralis</i>	14490_95GT_Spec	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. brachycephalus</i>	5661G02GT_Bbra	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. brachycephalus</i>	5661G09GT_Bbra	GT	597
<i>Bombus</i>	<i>B. brachycephalus</i>	Mel19GT_Bbra	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. brachycephalus</i>	Mel32GT_Bbra	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. ephippiatus</i>	5661A07GT_Beph	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. ephippiatus</i>	5661C10GT_Beph	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. ephippiatus</i>	5661D05GT_Beph	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. ephippiatus</i>	5661F04GT_Beph	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. ephippiatus</i>	5661F09GT_Beph	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. ephippiatus</i>	5661H04GT_Beph	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. macregori</i>	5661F05GT_Bmac	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. macregori</i>	5661G04GT_Bmac	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. medius</i>	Mel48GT_Bmed	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. medius</i>	Mel65GT_Bmed	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. mexicanus</i>	5661A12GT_Bmex	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. mexicanus</i>	5661C12GT_Bmex	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. mexicanus</i>	5662A08GT_Bmex	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. mexicanus</i>	Mel20GT_mex	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. pullatus</i>	3754C08GT_Bpul	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. pullatus</i>	5661C05GT_Bpul	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. pullatus</i>	Mel55GT_Bpul	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. variabilis</i>	4743H11GT_Bvar	GT	648
<i>Bombus</i>	<i>B. variabilis</i>	5661A08GT_Bvar	GT	658

<i>Bombus</i>	<i>B. variabilis</i>	5661E11GT_Bvar	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. variabilis</i>	5661G01GT_Bvar	GT	648
<i>Bombus</i>	<i>B. variabilis</i>	5661G07GT_Bvar	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. variabilis</i>	Mel61GT_Bvar	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. weisi</i>	mel17GT_Bwei	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. weisi</i>	Mel29GT_Bwei	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. weisi</i>	Mel30GT_Bwei	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. weisi</i>	Mel44GT_Bwei	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. wilmattae</i>	5661E05GT_Bwil	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. wilmattae</i>	5661G10GT_Bwil	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. wilmattae</i>	5661G12GT_Bwil	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. wilmattae</i>	Mel58GT_Bwil	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. xelajuensis</i>	5661C04GT_Bxel	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. xelajuensis</i>	5661E03GT_Bxel	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. xelajuensis</i>	5661E07GT_Bxel	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. xelajuensis</i>	5662A07GT_Bxel	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. xelajuensis</i>	Mel18GT_Bxel	GT	658
<i>Bombus</i>	<i>B. xelajuensis</i>	Mel31GT_Bxel	GT	658

Fuente: FODECYT 32-2012

La divergencia entre pares de secuencias entre y dentro de grupos fue calculada (Tabla 6 y 7 respectivamente). Se consideraron 8 grupos: 1) Grupo externo (GE): *M. beecheii*, *M. solani*, *S. pectoralis* y *P. bilineata*; 2) *B. pullatus*; 3) *B. variabilis*; 4) *B. ephippiatus*-*B. wilmattae*; 4) *B. mexicanus*; 5) *B. xelajuensis*; 6) *B. macgregori*-*B. brachycephalus*; 7) *B. weisi* y 8) *B. medius*. Las divergencias dentro de los grupos son pequeñas (Tabla 6). Este resultado es esperado ya que cada grupo representa secuencias de la misma especie con excepción de los grupos BephBwil y BmacBbra. Estos dos grupos están conformados por secuencias de ejemplares que corresponde a dos especies morfológicamente distintas, principalmente con base en los patrones de coloración. Estas especies morfológicas, sin embargo, comparten su área geográfica de distribución por lo que existe la posibilidad de que conformen una misma especie.



**Tabla 6.** Divergencia dentro de grupos. Porcentaje del número de diferencias de pares de bases cuando se comparan dos pares de secuencias dentro de un grupo. La desviación estándar se muestra en la última columna.

Especie	% Dist.	Desv.Est
GrupoExt	16.703	1.3442958
Bpul	0	0
Bvar	0.0511	0.0480834
BephBwil	0.0712	0.0528212
Bmex	<b>0.1526</b>	0.1026046
Bxel	<b>0.2653</b>	0.136489
BmacBbra	0.199	0.1126915
Bwei	0	0
Bmed	0	0

Fuente: FODECYT 32-2012

Las divergencias entre grupos son amplias, igual o mayores al 5% (Tabla 7). Esto sugiere que los grupos corresponden efectivamente a especies diferentes. Los grupos BephBwil, Bvar, BmacBbra corresponden a distintos sub-géneros (sub-géneros *Pyrobombus*, *Psythirus* y *Cullumanobombus* respectivamente) concordando, por lo tanto, con las divergencias tan amplias que se observan al ser comparados entre ellos. Por otra parte los grupos Bwei, Bpul, Bmed, Bxel y Bmex corresponden al mismo sub-género (sub-género *Thoracobombus*) lo cual puede verse reflejado en la menor divergencia que existen entre ellos en comparación con las divergencias que se observan entre cada uno de ellos y los otros tres grupos que corresponden cada uno a un sub-género distinto.

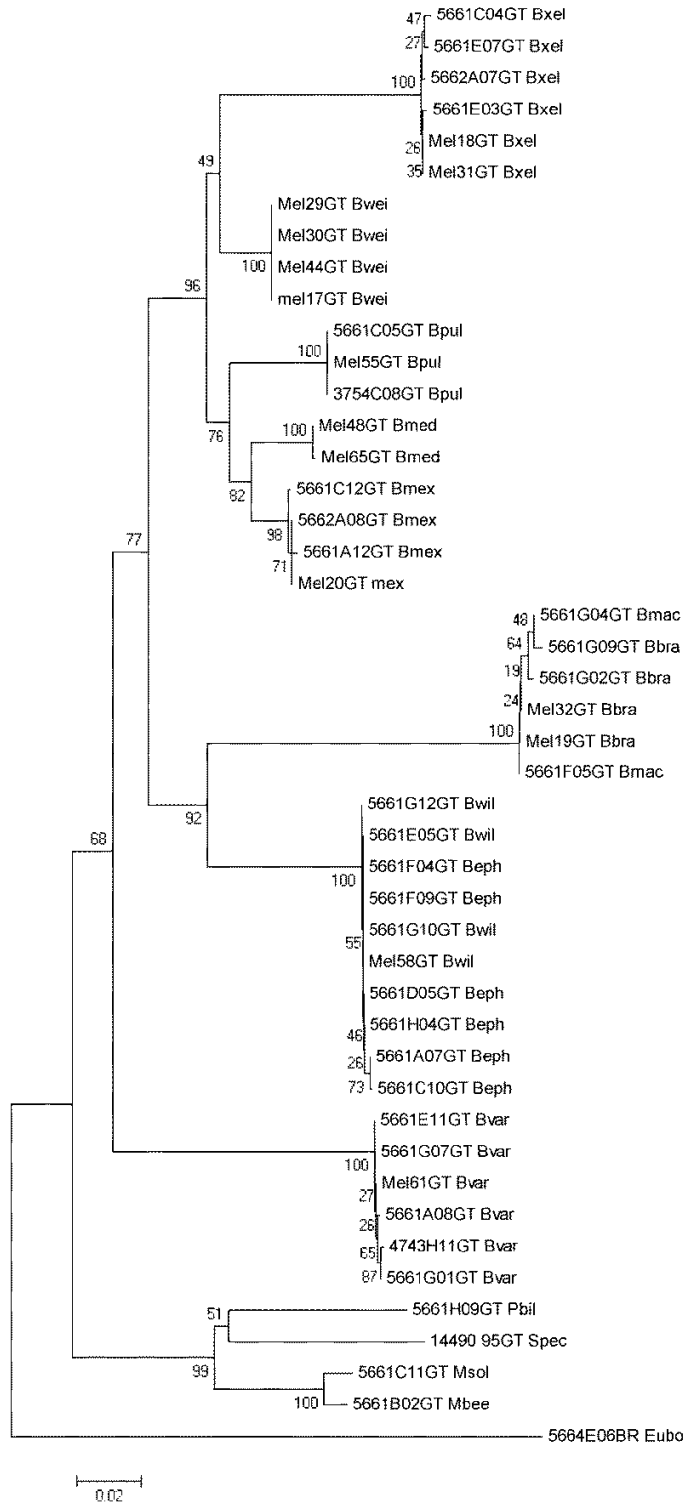
**Tabla 7.** Divergencia entre grupos. Porcentaje del número de diferencias de pares de bases cuando se comparan dos grupos. La desviación estándar se muestra en la parte superior\*.

	GE	Bpul	Bvar	BephBwil	Bmex	Bxel	BmacBbra	Bwei	Bmed
GE		1.72*	1.86*	1.77*	1.63*	1.89*	2.15*	1.52*	1.61*
Bpul	20.06		1.77*	1.53*	0.93*	1.48*	2.06*	0.97*	1.01*
Bvar	21.21	15.92		1.88*	1.69*	1.89*	2.36*	1.61*	1.76*
BephBwil	20.52	11.85	15.98		1.47*	1.89*	1.68*	1.44*	1.58*
Bmex	18.71	4.76	14.27	11.10		1.30*	1.97*	0.89*	0.70*
Bxel	21.40	11.13	16.71	15.80	8.79		2.12*	1.22*	1.35*
BmacBbra	25.07	19.37	21.85	14.66	17.24	18.43		1.83*	1.88*
Bwei	17.92	5.90	12.92	10.48	5.03	8.05	15.65		0.95*
Bmed	18.94	5.84	14.34	11.97	3.10	9.02	16.07	5.65	

Fuente: FODECYT 32-2012

El árbol presentado en la figura 15, representa gráficamente los resultados obtenidos en relación a las divergencias dentro de grupos y entre los grupos. Se observa que los clados correspondientes a cada sub-género están bien sustentados.

**Fig. 15.** Árbol de Neighbor-Joining obtenido para inferir las relaciones filogenéticas entre las secuencias estudiadas. Con bootstrap de 100 repeticiones. Los grupos externos utilizados corresponden a *Bombus bombiformis*, *M. beecheii*, *M. solani*, *P. bilineata* y *S. pectoralis*.



Fuente: FODECYT 32-2012

***Efectuar una breve diagnosis de la identidad taxonómica de las especies de Bombus en Guatemala basada en características morfológicas y uno molecular.***

**GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE *BOMBUS* DE GUATEMALA**

**Hembras y machos**

1. Tórax unicolor cubierto únicamente por pubescencia negra.....2  
Tórax con pubescencia amarilla o blanquecina, unicolor o bicolor.....5
- 2(1). Abdomen unicolor cubierto únicamente con pubescencia negra.....*Bombus pullatus*  
Abdomen bicolor cubierto con pubescencia negra y combinado con pubescencia amarilla, blanquecina o rojiza en el ápice.....3
- 3(2). Abdomen bicolor cubierto predominantemente con pubescencia negra y combinado con una banda de pubescencia amarilla en T<sub>3</sub> o T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>.....*Bombus mexicanus*  
Abdomen bicolor, cubierto predominantemente con pubescencia negra y combinado con pubescencia blanca o rojiza en los últimos tergos del abdomen.....4
- 4(3). Abdomen bicolor cubierto predominantemente con pubescencia negra y combinado con pubescencia blanca en el ápice (T<sub>3</sub> a T<sub>5</sub>).....*Bombus macregori*  
Abdomen bicolor cubierto predominantemente con pubescencia negra y combinada con pubescencia rojiza en el ápice (T<sub>4</sub> a T<sub>6</sub>).....*Bombus brachycephalus*
- 5(2). Tórax unicolor cubierto únicamente con pubescencia amarilla. Abdomen a simple vista unicolor, negro en la hembra y amarillo en el macho. Hembras sin corbículas.....*Bombus variabilis*  
Tórax bicolor cubierto de pubescencia amarilla o blanquecina, y negra. Abdomen bicolor o tricolor, cubierto predominantemente con pubescencia negra combinada con pubescencia amarilla (a veces blanquecina) y cuando es tricolor también con pubescencia rojiza. Hembras con corbículas.....6
- 6(5). Tórax bicolor, con área lateral únicamente con pubescencia negra y región dorsal con dos áreas de pubescencia amarilla rodeando un área central de pubescencia negra.....7  
Tórax bicolor con área lateral del tórax presenta únicamente pelos amarillos y área dorsal con o sin pubescencia amarilla.....8
- 7(6). Abdomen bicolor cubierto predominantemente con pubescencia negra, con un área de pubescencia amarilla únicamente en el T<sub>3</sub>. Ápice del abdomen con pilosidad negra.....*Bombus medius*  
Abdomen bicolor cubierto predominantemente con pubescencia negra combinada con un área de pubescencia amarilla en el T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>. Ápice del abdomen con pilosidad negra.....*Bombus xelajuensis*
- 8(6). T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub> unicolor, cubierto con pubescencia blanquecina o amarilla, en ocasiones el T<sub>3</sub> con pubescencia negra a los laterales. T<sub>4</sub>-T<sub>5</sub> con pubescencia negra. El T<sub>6</sub> presenta pubescencia parda.....*Bombus weisi*  
T<sub>2</sub> bicolor, cubierto con pubescencia blanquecina o amarilla y a los laterales con pubescencia negra o anaranjada.....9
- 9(8). Tórax bicolor con región dorsal cubierta predominantemente con pubescencia amarilla, con un área central de pelos negros. Abdomen bicolor.....*Bombus wilmattae*  
Tórax bicolor con región dorsal cubierta únicamente con pelos negros (a veces con manchas de pelos amarillos poco evidentes). Abdomen bicolor o tricolor.....*Bombus ephippiatus*

**Realizar un manual pictórico de identificación que contenga dicha información para su uso en beneficio del ambiente, agroindustria y el conocimiento.**

El manual se imprimió con un tiraje de 500 ejemplares, a full color, en tamaño media carta y consta de 60 páginas. Está disponible además en versión digital para facilitar su distribución (ver Anexo 15).

**Fig. 16** Imágenes de manual pictórico de abejorros de Guatemala



**Indice**

Prefacio	5
Agradecimientos	6
Introducción	7
1. Bomboos de Guatemala	10
1.1 Género Bomboos	11
2. Morfología de las abejas	12
2.2. Guía para la identificación de abejorros (Bomboos) de Guatemala	14
2.2.1. Bomboos (Cullumanobomboos) brachycephalus Handlirsch, 1889	17
2.2.2. Bomboos (Cullumanobomboos) macgregori Labougle y Ryjala, 1995.	21
2.2.3. Bomboos (Polityrus) variabilis Cresson, 1872	25
2.2.4. Bomboos (Pyrobomboos) ephippiatus Say, 1837	29
2.2.5. Bomboos (Pyrobomboos) wilsoni Cockerell, 1912	33
2.2.6. Bomboos (Thoracobomboos) medius Cresson, 1863	37
2.2.7. Bomboos (Thoracobomboos) mexicanus Cresson, 1878	41
2.2.8. Bomboos (Thoracobomboos) pullatus Franklin, 1913	45
2.2.9. Bomboos (Thoracobomboos) weisi Friese, 1909	49
2.2.10. Bomboos (Thoracobomboos) velutinus Algerren de Soer, 1992	53
Referencias	57

**Prefacio**

En el 2010 fue publicada la primera edición de la guía de identificación de abejorros "Bomboos de Guatemala: distribución, ecología y recursos alimenticios en Guatemala", bajo el título "Los abejorros de la tierra: distribución y recursos alimenticios en Guatemala". Dicho documento es una obra introductoria que proporciona información general sobre la biología y ecología del género. Además incluye una clave para reconocerlos fácilmente a las especies de abejorros del género Bomboos presentes en Guatemala y una ficha descriptiva para cada una. Esta última contiene una breve descripción de la especie, un listado de los departamentos donde ha sido encontrada y algunas plantas que utilizan para obtener recursos alimenticios.

Los abejorros del género Bomboos, conocidos también como abejorros de la tierra (porque andan bajo la tierra) son, al igual que la mayoría de los abejorros, importantes agentes polinizadores de plantas silvestres y de importancia agrícola. Por esta razón, durante estos tres últimos años hemos profundizado en su estudio, recabando información más precisa que se detalla en esta segunda edición.

Esta nueva edición presenta modificaciones importantes, sin embargo permanece la misma esencia. El nombre del título decidimos cambiarlo debido a dos razones básicas, la primera fue que la palabra "tierra" provocaba confusión, causando la impresión de que nos referíamos a los abejorros del planeta Tierra. La segunda razón fue promover el uso y conocimiento de los nombres científicos de los otros seres vivos con quienes compartimos nuestro entorno.

Además, se ha revisado y complementado el listado de especies, incorporando dicha información dentro de la guía para la identificación de las especies. En la ficha descriptiva de cada especie incluimos un mapa de su distribución potencial. Así mismo proporcionamos datos adicionales sobre su ecología, referidos principalmente a los tipos de biomas en los que es posible encontrarlos, lo que implica tener conocimiento sobre requerimientos de temperatura, humedad, altitud y tipo de vegetación. Por último, eliminamos la sección sobre otras abejas nativas de Guatemala para las que está siendo preparada una publicación especial.

Esperamos que esta nueva edición sea útil y que promueva el interés del lector por conocer y conservar a estos importantes polinizadores.

Fuente: FODECYT 32-2012

***Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.***

### *I Seminario de Polinizadores*

Se contó con la participación de estudiantes y profesionales académicos de la Universidad de San Carlos, Universidad del Valle, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, Agropecuaria Popoyan, Agropecuaria El Éxito y representantes del sector melonero del país. Fueron elaboradas las memorias de este primer seminario, entregadas a los participantes en formato digital.

**Fig. 17.** Carátula de la memoria de actividades del I Seminario Sobre Polinizadores de Guatemala



Fuente: FODECYT 32-2012

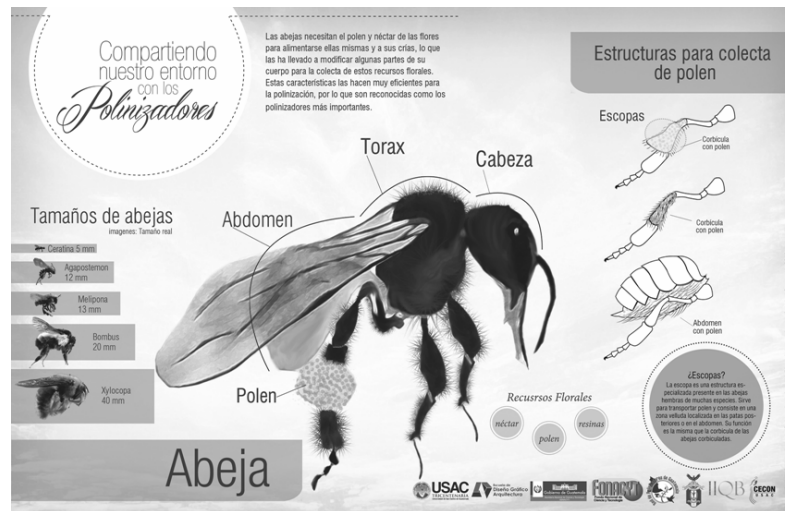
### *II Seminario sobre Polinizadores*

Para esta actividad se contó con la participación de alrededor de 75 personas, provenientes de la Universidad de San Carlos, Universidad del Valle, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y del Programa para la Conservación de los Murciélagos de Guatemala. Se entregaron las memorias del primer seminario, el afiche de convocatoria (ver anexo 16) y un folleto divulgativo sobre polinizadores. En el seminario se presentó una ponencia, a cargo de la Licda. Mabel Anelisse Vásquez, sobre la diversidad de abejorros en Guatemala y su distribución.

*Elaboración de material educativo*

Con el apoyo de la diseñadora gráfica se elaboraron nueve infografías de diversos grupos de polinizadores, incluyendo uno de abejas y abejorros (Fig. 18).

**Fig. 18.** Infografía sobre abejas y su importancia en la polinización.



Fuente: FODECYT 32-2012

**Fig. 19.** Carátula de folleto "Compartiendo nuestro entorno con los polinizadores"



Fuente: FODECYT 32-2012

*Elaboración de artículo científico*

El documento fue enviado al *Boletín de la Asociación española de Entomología* para su evaluación, esperando su evaluación y que sea aceptado para publicación.

### III.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La revisión bibliográfica del género *Bombus* en Guatemala generó un listado de trece especies de abejorros reportados para Guatemala, de las que solo diez se encuentran representadas en las colecciones entomológicas estudiadas en nuestro país. Las tres especies no encontradas en las colecciones son *B. pennsylvanicus*, *B. diligens* y *B. digressus*. *B. pennsylvanicus*, reportada para nuestro país en las Ruinas de Quiriguá por Labougle et al (1985), es una especie distribuida ampliamente en el norte del continente, con una cita además en Costa Rica, una en Brasil y una en Paraguay. En México ha sido recolectada en Chiapas, Comitán y Tuxtla, Gutiérrez, mientras que para Guatemala fue citada en las ruinas de Quiriguá (Labougle et al 1985), correspondiendo al único reporte hasta el momento en el país. Debido a que no fue recolectada en los esfuerzos sistemáticos realizados en nuestro país, realizados también en esa área, es cuestionable el reporte dado por Labougle et al (1985). Por lo anterior, este reporte no es considerado en la revisión taxonómica y la especie no es incluida dentro del listado de especies de abejorros de Guatemala.

*B. digressus*, especie descrita para Costa Rica y citada en el Volcán de Fuego, Guatemala, es señalada como una especie rara (Labougle et al 1985). Ejemplares de Costa Rica se encuentran depositados en diversas colecciones (Ascher 2014), mientras que el ejemplar de Guatemala no fue posible ubicarlo. Debido a que solo existe un reporte de la especie en nuestro país y a que los esfuerzos de campo no han permitido su recolecta, la cita se considera en este trabajo como un dato erróneo.

*B. diligens* se reporta desde el norte del continente hasta Guatemala (Moure y Melo 2012, Ascher 2014). La cita en nuestro país corresponde a un ejemplar recolectado en Santa Elena, Petén en 1976 e identificado por R.B. Miller en 1988. La especie presenta un patrón de coloración similar al de *B. macgregori* y *B. brachycephalus*, en las que los últimos tergos se presentan coloreados (Labougle et al 1985), en ejemplares de México de *B. diligens* estos son amarillo-anaranjado, mientras que en las otras especies los tergos son blancos y rojizos, respectivamente. Los ejemplares recolectados en Guatemala y disponibles en las colecciones estudiadas no coinciden con lo descrito para *B. diligens*.

Así mismo, debe considerarse que *B. macgregori* y *B. brachycephalus* no se distribuyen en el norte del país, por lo que la cita de *B. diligens* en Petén resulta extraña y no es considerada en este trabajo.

Por lo anterior, la presencia de *B. pennsylvanicus*, *B. diligens* y *B. digressus* es descartada por el momento en nuestro país, determinándose que son diez las especies que sí se encuentran en Guatemala y que están representadas en la colecciones estudiadas. El género *Bombus* se distribuye ampliamente en el país, concentrado principalmente en la meseta central, siendo *B. ephippiatus* y *B. wilmattae* más abundantes. *B. xelajuensis* es poco común, restringida a la zona occidental del país y presente a altitudes superiores a los 2920 msnm. La mayoría de especies se ubican en zonas templadas del país, sin embargo, *B. medius* se distribuye a altitudes menores y con temperaturas más cálidas.

Durante la revisión del material bibliográfico y la consulta de especímenes en las colecciones entomológicas se corroboró la necesidad de realizar un estudio en profundidad del género en Guatemala, especialmente de las especies de situación taxonómica dudosa. Este es el caso de *B. wilmattae*-*B. ephippiatus*, señaladas por diversos autores como un grupo con problemas (Hines et al 2006; Cameron et al 2007). Así mismo, la consideración de *B. xelajuensis* como una posible sinonimia de *Bombus trinominatus* Dalla Torre, 1890 (Williams 2013).

La elaboración de una diagnosis morfológica y la revisión minuciosa de las descripciones originales (en la mayoría de las especies) permitió determinar la correspondencia de las descripciones con los caracteres presentes en los ejemplares estudiados. *B. brachycephalus*, *B. macgregori*, *B. variabilis*, *B. medius*, *B. mexicanus*, *B. pullatus* y *B. weisi* Friese, 1903 resultan especies de fácil discriminación, en donde el patrón de coloración de la pubescencia es útil. No así, en el caso de los grupos taxonómicos (haciendo uso del término "grupo taxonómico" hasta corroborar la validez de especie) *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*, así como *B. xelajuensis* que es similar a *B. trinominatus* (esta última reportada hasta el sur de México).



En los resultados proporcionados del estudio morfológico de las especies, por facilidad del lector, se presenta la discusión para cada especie con la información de las descripciones originales y el estudio morfológico. En ellas se indica que para *B. ephippiatus* y *B. wilmattae* la discriminación morfológica resulta complicada por la variación en sus caracteres, evidente en todas las castas pero especialmente en las obreras. Mientras que la diferenciación entre *B. xelajuensis* y *B. trinominatus* resulta más sencilla, empleando incluso el patrón de coloración sin dificultad, que no varía en los ejemplares estudiados. Cabe mencionar, que *B. xelajuensis* es una especie poco común, lo que se refleja en el poco número de ejemplares depositados en las colecciones estudiadas.

Con caracteres morfológicos estudiados en las obreras fue elaborada una reconstrucción filogenética de los grupos taxonómicos de abejorros de Guatemala, incluyendo además *B. trinominatus*. En la reconstrucción, es evidente que las especies se agrupan de acuerdo al subgénero que corresponden, lo que parece indicar que los caracteres empleados son útiles para su diferenciación filogenética. Se observa además, la conformación de grupos taxonómicos cercanos entre sí, que son *B. ephippiatus*-*B. wilmattae*, *B. trinominatus*-*B. xelajuensis* y *B. pullatus*-*B. mexicanus*. El grupo *B. ephippiatus*-*B. wilmattae* es en el que se encuentran menores discrepancias entre sí, señalándose únicamente diferencias respecto al patrón de coloración que, como se indica anteriormente, varía entre los individuos encontrados y no es un carácter válido para su diferenciación. Entre *B. xelajuensis*-*B. trinominatus* y *B. pullatus*-*B. mexicanus* los caracteres corresponden principalmente a caracteres morfológicos y no al patrón de coloración.

El estudio morfométrico realizado en machos, obreras y reinas permite diferenciar las especies entre sí, siendo útil incluso para los que presentan dificultad en su reconocimiento. El análisis de componentes principales (ACP) de 13 caracteres morfométricos evaluados en machos permite la diferenciación de la mayoría de los ocho grupos taxonómicos evaluados. Excepto *B. ephippiatus*, *B. wilmattae* y, ligeramente un poco alejado de éstos dos primeros, *B. variabilis*. El ACP realizado con cinco grupos taxonómicos de reinas, muestra a *B. xelajuensis*, *B. pullatus* y *B. mexicanus* como

especies muy lejanas entre sí. En esta representación aparece nuevamente *B. wilmattae* y *B. ephippiatus* como un grupo estrechamente cercano entre sí y alejado del resto de grupos. Los caracteres de largo del área malar y la relación entre este y el ancho del clípeo, parecen ser los más influyentes para esta agrupación (Fig. 9). En el caso de las obreras, el ACP generado para los once grupos taxonómicos muestra a dos muy próximos entre sí, *B. ephippiatus*-*B. wilmattae* y *B. brachycephalus*-*B. macgregori*, mientras que el resto de grupos aparecen alejados entre ellos.

Los caracteres morfológicos y morfométricos estudiados son útiles para diferenciar los grupos taxonómicos, aunque la similitud entre *B. ephippiatus*-*B. wilmattae* y *B. brachycephalus*-*B. macgregori* es manifiesta. Considerando que solo el empleo de caracteres morfológicos es cuestionado para resolver problemas taxonómicos, especialmente en especies crípticas (como se señala para *B. ephippiatus*-*B. wilmattae* (Duennes et al 2012)), resulta crucial el empleo de taxonomía integrativa (Dayrat 2005, DeSalle et al 2005, Gibbs 2009), en el que se combinan distintas técnicas para discriminar especies. En este trabajo se empleó el carácter molecular COI para discriminar especies, con el objetivo de innovar en los estudios taxonómicos locales.

Las relaciones filogenéticas (Fig. 14) construidas con los datos moleculares indica que los grupos taxonómicos pueden ser diferenciados entre sí, agrupándolos según el subgénero al que corresponden, asociación observada además con la relaciones filogenéticas construidas con datos morfológicos. Los datos moleculares señalan además, la relación cercana entre *B. brachycephalus*-*B. macgregori* que aparecen incluso mezcladas y la similitud de *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*.

#### Caso *B. ephippiatus*- *B. wilmattae*

El estudio morfológico de *B. ephippiatus* y *B. wilmattae* permitió corroborar la variación en su patrón de coloración. *B. ephippiatus* se reconoce porque el tórax presenta un patrón bicolor en donde la región lateral está cubierta únicamente por pelos amarillos, que nunca son blancos, mientras que en la región dorsal hay solamente pelos negros. *B. wilmattae*, en el tórax, exhibe un patrón bicolor en donde la región lateral está cubierta

únicamente con pelos amarillos, a veces blancos, mientras la región dorsal, presenta predominantemente pelos amarillos o, en ocasiones, blancos, con un área central de pelos negros. Este carácter presenta formas intermedias en el grupo *B. ephippiatus*- *B. wilmattae*, ya que en algunos ejemplares la cantidad de pelos amarillos (o blancos) en la región dorsal es muy reducida, predominando los pelos negros y llegando a parecerse a *B. ephippiatus* cuya región dorsal está cubierta únicamente con pelos negros. El abdomen en *B. ephippiatus* es bicolor o tricolor, cubierto con pelos negros y combinado con pelos amarillos, nunca blancos, en la parte basal que forman una pirámide invertida. Cuando es tricolor se observan pelos rojizos en los extremos laterales de esta pirámide.

En *B. wilmattae* el abdomen es bicolor, cubierto con pelos negros y combinado en la parte basal con pelos amarillos, a veces blancos, y también formando una pirámide invertida. Estos abejorros, a diferencia de *B. ephippiatus*, nunca presentan pelos rojizos en el abdomen, ya que este carácter está solo en algunos ejemplares de *B. ephippiatus* no resulta diagnóstico para una especie. Resulta evidente que *B. ephippiatus* y *B. wilmattae* presentan una morfología femenina y masculina similar, confirmado en el estudio morfológico y morfométrico de este trabajo. Ambas herramientas muestran que tanto *B. ephippiatus* como *B. wilmattae* se agrupan de forma muy cercana, comparándose con la separación graficada para el resto de especies. Así también, el carácter molecular empleado para la reconstrucción filogenética no permite la diferenciación del grupo y lo muestra como uno solo. A esto cabe mencionar que comparten un mismo rango de distribución y visitan recursos florales por igual. Por lo anterior, los datos obtenidos en este trabajo señalan que *B. ephippiatus* y *B. wilmattae* corresponden a una misma especie, siendo válida *Bombus ephippiatus* Say, 1837 por antigüedad.

#### *Caso. B. xelajuensis- B. trinominatus*

Debido a los cuestionamientos planteados sobre la validez de *B. xelajuensis* y su posible sinonimia con *B. trinominatus* se realizó su estudio con énfasis. La revisión morfológica permitió discriminar entre ambas especies, reflejado en la reconstrucción filogenética. *B. xelajuensis* y *B. trinominatus*, aunque emparentadas, son separadas por diversos caracteres. El análisis morfométrico en obreras evidenció que la similitud entre

ambas no es tan cercana, como la observada en otros grupos. En el análisis molecular *B. xelajuensis* se separó fuertemente del resto de grupos taxonómicos, sin embargo no fue posible incluir ejemplares de *B. trinominatus*, lo que hubiera resuelto de forma determinante los cuestionamientos planteados. Así mismo, es considerado el aislamiento entre especies, ya que *B. trinominatus* se presenta en Guerrero y Oaxaca, México mientras que *B. xelajuensis* ha sido recolectada solo en el occidente de nuestro país. Dado que los caracteres morfológicos y morfométricos resultaron útiles para la discriminación del resto de especies, estos se consideran útiles para catalogar a *B. xelajuensis* como una especie distinta a *B. trinominatus*, hasta no determinar su sinonimia con otras herramientas.

#### Caso *B. macgregori* - *B. brachycephalus*

*B. macgregori* y *B. brachycephalus* no eran consideradas especies con problemas taxonómicos. Sin embargo, durante el análisis morfométrico se observó la agrupación muy estrecha de las obreras, que para machos y reinas no logró ser evaluado por la ausencia de ejemplares en alguna de las especies. La reconstrucción filogenética, considerando el carácter molecular COI, muestra a *B. macgregori* y *B. brachycephalus* como un solo grupo, tal como aparece *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*. Esto parece indicar que se tratan de una misma especie, en donde posiblemente las reinas correspondan a los especímenes identificados como *B. macgregori*, últimos tergos del abdomen blanquecinos e individuos de mayor longitud, mientras que las obreras y machos concuerden con lo descrito para *B. brachycephalus*, en donde los últimos tergos del abdomen son rojizos. No obstante, el material disponible de estos grupos taxonómicos es escaso, por lo que no es posible realizar un estudio con mayor fortaleza. Así mismo, en su estudio debe incluirse material proveniente de todo el rango de distribución de *B. macgregori* y *B. brachycephalus*.

## IV.1 CONCLUSIONES

1. El género *Bombus* en Guatemala se encuentra distribuido ampliamente en el país, siendo más abundante en la región occidental y central. *B. medius*, *B. brachycephalus* y *B. macgregori* son las especies menos comunes en comparación con el resto.

2. *B. pennsylvanicus*, *B. diligens* y *B. digressus* han sido citadas para Guatemala, aunque considerando que no se han encontrado ejemplares en las recolectas realizadas en el país y que sus reportes resultan dudosos, se consideran ausentes.

3. El género *Bombus* está compuesto por especies de tamaño mediano a grande en nuestro país, siendo útil el patrón de coloración para la diferenciación de *B. brachycephalus*, *B. macgregori*, *B. variabilis*, *B. medius*, *B. mexicanus*, *B. pullatus* y *B. weisi*. No siendo este el caso para *B. ephippiatus*, *B. wilmattae* y *B. xelajuensis*.

4. El uso de caracteres morfológicos, en el que se incluye el patrón de coloración de la pubescencia del cuerpo, permite la discriminación de especies, excepto en aquellas de amplia distribución (*B. ephippiatus* y *B. wilmattae*). La reconstrucción filogenética empleando la información morfológica permitió la agrupación de las especies según el subgénero al que corresponden y evidenció a las especies más próximas entre sí, que resultaron ser *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*.

5. El estudio morfométrico es una herramienta útil, que complementa el estudio de cualidades morfológicas. En el caso de abejorros, permitió identificar caracteres diagnósticos en las especies y determinar la proximidad o distancia respecto a su similitud. Esta herramienta proporcionó información valiosa para corroborar la similitud entre *B. ephippiatus*-*B. wilmattae* y *B. brachycephalus*-*B. macgregori*, mientras que corroboró la separación entre *B. trinominatus* y *B. xelajuensis*.

6. El carácter molecular COI, utilizado por primera vez en Guatemala para la diferenciación de especies de abejas, proporcionó información válida y de peso para la discriminación de los abejorros estudiados. Las relaciones filogenéticas construidas con los datos moleculares obtenidos señalan la semejanza entre *B. ephippiatus*-*B. wilmattae*. Con lo que, aunado a los caracteres morfológicos y morfométricos, se determina que se tratan de una misma especie, siendo válida *Bombus ephippiatus* Say, 1837.

7. El problema taxonómico señalado entre *B. xelajuensis* y *B. trinominatus* parece no existir, considerando los datos obtenidos en el estudio de caracteres morfológicos y morfométricos realizados en obreras de ambas especies. No obstante, para corroborar esta información debe complementarse el estudio con machos y reinas, incluyendo además caracteres moleculares.

8. Para *B. macgregori* y *B. brachycephalus* no eran reportados problemas taxonómicos, sin embargo, en este estudio se determinó que presentan similitudes morfométricas y moleculares, no detectadas en el estudio morfológico. Así mismo, el material disponible en las colecciones no es representativo de todas las castas de ambas especies por lo que su estudio ha sido fraccionado y, por lo tanto, incompleto.

9. La taxonomía integrativa, en la que se combinan caracteres moleculares, morfométricos y moleculares, otorga fortaleza al estudio de las especies de abejorros. En los ejemplares estudiados de Guatemala se logró identificar similitudes y diferencias entre las especies, lo que resultó útil para resolver los problemas taxonómicos identificados. No obstante, los datos deben ser corroborados con el estudio de ejemplares provenientes de diversas localidades, que sean representativas de todo el rango de distribución de cada especie.

10. La tecnificación de abejorros en nuestro país, en donde se presenta a *B. ephippiatus* como una de las especies más promisorias (Martínez 2013), puede realizarse indistintamente con *B. ephippiatus* y *B. wilmattae*, de confirmarse que se trata de una misma especie.

## IV.2 RECOMENDACIONES

1. La información obtenida en este estudio debe ser corroborada empleando individuos de todas las especies, provenientes de localidades representativas de todo el rango de distribución que muestren.
2. El COI es un caracter molecular útil para la diferenciación de especies, sin embargo, se recomienda el empleo de otras secuencias para disponer de mayor información.
3. El estudio morfométrico y molecular permitió identificar la similitud entre *B. brachycephalus* y *B. macgregori*, lo que no había sido señalado en otros trabajos y que resulta de gran importancia.
4. *B. medius*, *B. trinominatus*, *B. macgregori* y *B. brachycephalus* son poco comunes, por lo que la información generada en este trabajo carece de fortaleza por el bajo número de ejemplares estudiados. Se recomienda el muestreo periódico de abejorros en Guatemala para conocer mejor cada especie en nuestro país y aumentar la cantidad de individuos en los análisis.
5. La tecnificación de la crianza de especies de abejorros para ser utilizados en la polinización de cultivos puede realizarse tanto con *B. ephippiatus* como *B. wilmattae*, de corroborarse que se traten de una misma especie. Para ello se recomienda considerar aspectos de biología y etología, así como el uso de otros caracteres moleculares.

#### IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ascher, J. 2014. *Bombus* Latreille, Bumblebees. <http://www.discoverlife.org>. Estados Unidos. Nancy Lowe. 15 de enero de 2014.
2. Abrahamovich, A y N. Díaz. 2002. Bumble bees of the neotropical region (hymenoptera: apidae). *Biota colombiana*, 3(2):199-214.
3. Abrahamovich A., N. Díaz y J. Morrone. 2004. Distributional patterns of the neotropical and andean species of the genus *Bombus* (Hymenoptera: Apidae). *Acta Zoológica Mexicana*. No.20 Vol.1. México.
4. Aguilar, I. 1999. Polinización de cultivos: una alternativa económica para la apicultura regional en el nuevo milenio. *XI Congreso Agronómico/ V Congreso Nacional de Entomología*. Costa Rica.
5. Aldana J., J. Cure, M. Almanza, D. Vecil y D. Rodriguez. 2007. Efecto de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) sobre la productividad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero en la sabana de Bogotá, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 25(1):62-72.
6. Asperen de Boer, J. R. J. Van 1990. *Bombus krusemani* - a new bumblebee species from Guatemala (Hymenoptera: Apidae). *Entomologische berichten*, 50: 1-3.
7. Asperen de Boer, J. R. J. Van 1992. *Bombus xelajuensis* - a new species of bumblebee from Guatemala (Hymenoptera: Apidae). *Entomologische Berichten* **52**: 162-164.
8. Asperen de Boer, J.R.J. van. 1995. *Bombus menchuae* -a second species of the subgenus *Dasybombus* from highland Guatemala (Hymenoptera: Apidae). *Entomologische berichten*, 55: 47-50.
9. Asperen de Boer, J.R.J. van. 2007. Remarks on the subgenus *Robustobombus* Skorikov, 1922 with description of a new species (Hymenoptera: Apidae). *Entomologische zeitschrift*, 117: 234-237.
10. Cameron, S., H. Hines y P. Williams. 2007. A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 91: 161-188.
11. Cockerell, T. 1912. Descriptions and records of bees xlv. *Annals and Magazine of Natural History*, 10(8):21-31.
12. Cockerell, T. 1949. Bees from Central America, principally Honduras. *Proceedings of the United States National Museum*, 98:429-490.
13. Cresson, E. 1872. Hymenoptera Texana. *Transaction of the American Entomological Society*, 4: 153-292.



14. CONAP. 2006. *Guatemala, un país megadiverso*. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala. 22 pp.
15. Cresson, E. 1863. List of the North American Species of *Bombus* and *Apathus*. *Proceedings of the Entomological Society of Philadelphia*, 2:83-116.
16. Dalla Torre, K. 1880. Unsere hummel-(*Bombus*) arten. *Die Naturhistoriker*, 2:30, 40-41
17. Dalla Torre, k.w. 1882. Bemerkungen zur gattung *Bombus* latr., ii. *Bericht des naturwissenschaftlich-medezinischen vereins in inssbruck* 12:14-31 :23
18. Dayrat, B. 2005. Towards integrative taxonomy. *Biol. J. Linn. Soc.* 85: 407–415.
19. De Geer, C. 1773. *Mémoires pour servir a l'histoire des insectes*. Stockholm: Hesselberg 3:696.
20. Delaplane, K. y D. Mayer 2000. *Crop Pollination by bees*. CABI Publishing. UK University Press, Cambridge. 352pp.
21. DeSalle R, M. Egan y M. Siddall. 2005. The unholy trinity: taxonomy, species delimitation and DNA barcoding. *Philos. Trans. R. Soc.* 360:1905–1916
22. Duennes M., J. Lozier, H. Hines y S. Cameron. 2012. Geogrphical patterns of genetic divergence in the widespread Mesoamerican bumble bee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae). *Mol. Phylogenet Evol.* 64(1):219-231.
23. Enriquez E., C. Yurrita, C. Aldana, J. Ocheita, R. Jáuregui, P. Chau. 2004. Desarrollo de la crianza de abejas sin aguijón -Meliponicultura- para el aprovechamiento y comercialización de sus productos, como una alternativa económica sustentable en el área de El Trifinio, Chiquimula. Informe Final Proyecto SENACYT. Guatemala.
24. Fishbein, M. y L. Venable. 1996. Diversity and temporal change in the effective pollinators of *Asclepias tuberosa*. *Ecology*. 77(4):1061-1073.
25. Franklin, H. 1907. Notes on Bombinae, with descriptions of new species. *Entomological News*, 18:90-93.
26. Franklin, H. 1912. The Bombidae of the New World. *Transaction of the American Entomological Society*, 38:177-486
27. Franklin, H. 1913. The Bombidae of the New World (continued). *Transaction of the American Entomological Society*, 39:73-200.
28. Franklin, H. 1915. Notes on Bombidae, with descriptions of new forms (Hym.). *Entomological News*, 26: 409-417.

29. Franklin, H. 1954. The evolution and distribution of american bumble-bee kinds. *Transaction of the American Entomological Society*, 80:43-51
30. Friese, H. 1903. Neue bombus-arten aus der neotropischen region. (Hym). *Zeitschrift für Systematische Hymenopterologie und Dipterologie*, 3:253-255.
31. Friese, H. 1916. Zur bienenfauna von Costa Rica (Hym). *Stettiner Entomologische Zeitung*, 77:287-350.
32. Frison, T. 1922. Systematic and biological notes on bumblebees (Bremidae; Hymenoptera). *Transaction of the American Entomological Society*, 48:307-326.
33. Frison, T. 1925. Contribution to the classification of the Bremidae (bumble-bees) of Central and South America. *Transaction of the American Entomological Society*, 51:137-165.
34. Frison, T. 1927. A contribution to our knowledge of the relationships of the Bremidae of America North of Mexico (Hymenoptera). *Transaction of the American Entomological Society*, 53:51-78.
35. Frison, T. 1928. A new species of bumblebee from Guatemala (Bremidae, Hym.). *Bulletin of the Brooklyn Entomological Society*, 23: 151-152.
36. Gamboa, M. y J. Arrivillaga. 2010. Análisis morfométrico de cuatro especies simpátricas del género *Anacroneuria* (Plecoptera: Perlidae). *Limnetica*. 29(2):247-256.
37. Gibbs, J. 2009. Integrative taxonomy identifies new (and old) species in the *Lasioglossum* (*Dialictus*) *tegulare* (Robertson) (Hymenoptera, Halictidae) species group. *Zootaxa*, 2032, 1-38
38. Goloboff, P. 1993. Estimating character weights during tree search. *Cladistics*. 9, 83–91.
39. Guillaumin, M. 1972. Etude biometrique des populations naturelles de *P. Carlivae* Rbr et *P. Ciasii* Rbr (Lep. Hesperiiidae). I Estimation du taux de chevauchement des distributions statistiques de deux populations en relation avec la notion de distance taxonomique. *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 115: 505-548.
40. Handlirsch, A. 1888. Die hummelsammlung des k.k. Naturhistorischen hofmuseums. *Annalen des Naturhistorischen Museum in Wien*, 3(3):209-250.
41. Hines, H., S. Cameron, P. Williams. 2006. Molecular phylogeny of the bumble bee subgenus *Pyrobombus* (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) with insights into gene utility for lower-level analysis. *Invertebrate systematics*, 20:289-303

42. Janzen, D. 2009. Integration of DNA barcoding into an ongoing inventory of complex tropical biodiversity. *Molecular Ecology Resources* 9(1): 1-27.
43. Kremen, C., N. Williams y R. Thorp. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. PNAS. December 24, Vol.99 No.26.
44. Krüger, E. 1917. Zur Systematik der Mitteleuropäischen Hummeln. *Entomologische Mitteilungen*, 6:55-66
45. Krüger, E. 1920. Beiträge zur systematik und morphologie der mittel-europäischen hummeln. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tierre*, 42:289-464.
46. Labougle, J. y R. Ayala, 1985. A new subgenus and species of *Bombus* (Hymenoptera, Apidae) from Guerrero, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 66:47-55.
47. Lepeletier, A. 1832. Observations sur l'ouvrage intitulé: Bombi scandinavie monographice tractato, etc., á gustav dahlbom. *Annales de la Société Entomologique de France*, 1:366-382.
48. Latreille, P. 1802. *Histoire naturelle des fourmis et recueil de mémoires et d'observations sur les abeilles, les araignées, les faucheurs et autres insectes*. Paris. Barrois., 8: 445 pp.
49. Marroquín, A. 2000. *Sistemática e historia natural de las abejas (Hymenoptera: Apoidea) de Guatemala*. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 85 pp.
50. Martínez, O. 2013. *Experiencia en la crianza de abejorros nativos (Bombus ephippiatus)* en Memoria de Actividades: I Seminario sobre Polinizadores de Guatemala: Conservación y Manejo. Universidad de San Carlos de Guatemala-Red para la Protección de Polinizadores, Guatemala. 55 pp.
51. Michener, C. 2007. *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London. Xvi + 953 pp. (2nd. Edition).
52. Milliron, H. 1962. Taxonomic notes on some american bumblebees (Hymenoptera: Apidae; Bombinae). *The Canadian Entomologist*, 94(7):728-735.
53. Moure, J. y G. Melo. 2012. Bombini larerille, 1802. En Moure, J., S. Urban y G. Melo (orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region -online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Fecha de visita octubre/15/2013.
54. Nates-Parra, G. 2005. Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. No 75. Costa Rica, C.A.

55. Nixon, K. 2002. Winclada Version 1.00.08. Published by the author, Ithaca, New York.
56. O'Toole, C. 1993. *Diversity of native bees and agroecosystems*. In LaSalle, J; Gauld, ID. eds. Hymenoptera and Biodiversity. Wallingford, UK, Commonwealth Agricultural Bureau International.
57. Quilis, P. 1927. Los Ápidos de España. *Trabajos del laboratorio de historia natural de Valencia* 16:1-119.
58. Ratnasingham, S. y P. Hebert. 2007. Bold: The Barcode of Life Data System ([www.barcodinglife.org](http://www.barcodinglife.org)). *Molecular Ecology Notes*. 1-10.
59. Ricketts, T. 2001. Coffee pollination in tropical fragmented landscapes. Center for Conservation Biology UPDATE. Vol.13, No.2.
60. Say, T. 1837. Descriptions of new species of North American Hymenoptera, and observations on some already described. *Boston Journal Natural History*, 1(4): 393-416.
61. Sheffield, C., N. Hebert, P. Devan y L. Pacher. 2009. DNA barcoding a regional bee (Hymenoptera: Apoidea) fauna and its potential for ecological studies. *Ecology Resources*. 9(1) 1-27.
62. Schmid-Egger, C. y E. Scheuchl. 1997. *Ilustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschland und Österreichs, unter Berücksichtigung der Arten der Schweiz*. Band III: Schlüssel der Arten der Familie Andrenidae. Velden (Propia editorial). 180 pp.
63. Skorikov, A. 1922. Les bourdons de la faune paléarctique, partie 1, biologie générale. *Bulletin de la station regionale protectrice des plantes a petrograd*. 4:1-160
64. Smith, F. 1854. Catalogue of Hymenopterous insects in the collections of the British Museum. Part ii. Apidae. London: *British Museum*, 199-465. 403p.
65. Smith, F. 1861. Descriptions of new genera and species of exotic Hymenoptera. *Journal of Entomology*, 1:146-155.
66. Smith, F. 1879. *Descriptions of new species of Hymenoptera in collection of the British Museum*. London: British Museum. 240pp.
67. Tamura, K. D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei, S. Kumar. 2011. Mega5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Mol. Biol. Evol.* 28(19):2731-2739. doi:10.1093/molbev/msr121.

68. Vásquez, M., CL. Yurrita y N. Escobedo. 2010. Determinación de la Diversidad y Distribución de las Especies de Abejorros (*Bombus*) en las Áreas Bióticas Chimalteca, Escuintleca y Volcánica de Guatemala. Informe final de CONCYT 13-2009. Guatemala. 89pp.
69. Velthuis, H. 1997. *The biology of stingless bees*. Department of Ethology, Utrecht University. The Netherlands and Department of Ecology, University of São Paulo, Brazil. 33pp.
70. Vogt, O. 1911. Studien über das artproblem. Mitteilung 2, teil 2. *Sitzungsberichte der gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin*. 31-74
71. Williams, P. 1985. A preliminary cladistic investigation of relationships among the bumble bees (Hymenoptera, Apidae). *Systematic Entomology*, 10:239-255.
72. Williams, P. 1998. An annotated checklist of bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Bulletin of the Natural History Museum (Entomology)*, 67:79-152.
73. Williams, P., S. Cameron, H., Hines, B., Cederberg y P. Rasmont. 2008. A simplified subgeneric classification of the bumblebees (genus *Bombus*). *Apidologie* 39: 46-74.
74. Williams, P. 2013. *Bombus* Bumblebees of the world. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/bombus/>. Fecha de visita octubre/20/2013.

**ANEXOS INFORME FODECYT 32 2012**

Anexo 1. Listado de caracteres morfológicos estudiados en abejorros de Guatemala

<b>Carácter</b>	<b>Estado</b>	<b>Valor del estado</b>
Forma del Labro	Lingüiforme (triangular)	0
	Cuadrático	1
Protuberancias del labro	Fuertemente prominentes	1
	Prominentes aunque disimuladas	0
Tamaño de labro	Labro + ancho que largo	1
	Labro + largo que ancho o casi cuadrado	0
Brillo del clípeo	Con brillo	0
	Sin brillo	1
Profundidad del punteado del clípeo	Marcado	1
	Superficial	0
Densidad del punteado del clípeo	Clípeo punteado $E < 1$	2
	Clípeo punteado $E = 1-2$	1
	Clípeo punteado no denso $E > 3$	0
Uniformidad en el punteado del clípeo	Clípeo punteado uniforme	1
	Clípeo punteado no uniforme	0
Tamaño del clípeo	Clípeo tan largo como ancho	0
	Clípeo claramente más ancho que largo	1
Tamaño del área malar	Área malar al menos 1.5 el largo de $A_1$	0
	Área malar tan largo como $A_1$	1
Ancho area malar/ Largo $A_1$	Área malar $> A_1$	0
	Ara malar ancho $\leq A_1$	1
Tamaño diente	Grande	1
	Pequeño	0
No. De dientes	Un diente	0
	Dos dientes	1
	Tres dientes	2
	Más de tres dientes	3
Tamaño de escapo	Grande ( $>$ a 0.5 el largo del flagelo)	1
	Pequeño ( $\leq$ a 0.5 del flagelo)	0
Tamaño $A_1$ y $A_2$	$A_1 = A_2$	0
	$A_1 > A_2$	1
Color de antena	Homogéneo	0
	Heterogéneo	1
Tamaño de ocelos	$=$ $<$ al pedicelo	0
	$>$ al pedicelo	1
Posición de los ocelos	Claramente subtriangular	0
	Casi en línea recta	1

Ubicación de ocelos en vista lateral	Por encima del borde superior del ojo compuesto	0
	Por debajo del borde superior del ojo compuesto	1
Longitud del espacio entre ocelos	Menor a 1/2 ocelo	0
	Mayor a 1/2 ocelo	1
Microescultura del área alrededor de ocelos	Con microescultura	1
	Sin microescultura	0
Microescultura entre ojos-ocelos-vértex	Sin microescultura	0
	Con microescultura	1
Densidad punteado entre ojos y vértex	Ausente	0
	Presente (entre 1 a 3)	1
Profundidad punteado entre ojos y vértex	Superficial	0
	Profundo	1
Ubicación ocelos en vista frontal	En punto más alto del vértex	0
	En posición media en relación al borde del vértex, o al menos no al borde.	1
Microescultura del escuto	Sin microescultura	0
	Con microescultura	1
Densidad punteado de escuto	E=casi 4 o más	0
	E= entre 1 a 3	1
	E=1 o menos	2
Notoriedad líneas parapsidiales	Débiles	0
	Fuertes	1
Punteado área media de escuto	Punteado menos denso que el resto	0
	Punteado igual al resto del escuto	1
Forma del escutelo	Redondeado	0
	Proyectado	1
Densidad punteado de escutelo	E= casi 4 o más	0
	E= entre 1 a 3	1
	E= 1 o menos	2
Profundidad punteado de escutelo	Superficial	0
	Profundo	1
Conspicuidad de postescutelo	Inconspicuo	0
	Conspicuo	1
Presencia lóbulo yugal	Ausente	0
	Presente	1
Tipo lóbulo yugal	Lóbulo yugal del ala posterior vestigial	0
	Lóbulo yugal del ala posterior muy desarrollado	1
Tipo celda marginal	Abierta	0
Tipo venación alar	Venación débil	0
	Venación fuerte	1

Presencia segunda vena recurrente	Ausente	0
	Presente	1
Tamaño estigma	Muy pequeño	0
	Moderado	1
Longitud del estigma	No sobrepasa la vena r	0
	Sobrepasa la vena r	1
Ornamentación triángulo propodeal	Sin ornamentación	0
	Con ornamentación	1
Forma triángulo propodeal	Más o menos redondeado	0
	Claramente triangular	1
Forma de la tibia posterior	Casi cuadrática	0
	Más larga que ancha	1
Filo interno en tibia posterior	Con filo interno en espolón grande	1
	Sin filo interno en espolón grande	0
No. De caras en tibia posterior	Dos caras	0
	Tres caras	1
Forma de tibia posterior	Sin corbícula	0
	Corbícula hasta 1/5 de tibia, parcialmente aplanada	1
	Corbícula claramente desarrollada, en más de 1/5 de tibia	2
Desarrollo tarsómero	No desarrollado	0
	Desarrollado	1
Espolones tibiales	Ausente	0
	Presentes	1
Arolias	Ausente	0
	Presentes	1
Tibia posterior	Poco desarrollada (parásitas)	0
	Muy desarrollada	1
Tipo de uñas	Simples	0
	Compuestas	1
Forma de basitarso	Plano	0
	Cóncavo	1
Microescultura T <sub>1</sub>	Sin microescultura	0
	Con microescultura	1
Cresta en T <sub>1</sub>	Con cresta suave al centro	1
	Sin cresta al centro	0
Largo de T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> < de 1/3 de largo que T <sub>2</sub>	0
	T <sub>1</sub> ≥ de 1/3 de largo que T <sub>2</sub>	1
Punteado de T <sub>1</sub>	E = casi 4 o más	0
	E = entre 1 a 3	1
	E = de 1 o menos	2



Zona marginal de T <sub>1</sub>	Diferenciada	1
	No diferenciada	0
Ornamentación T <sub>2</sub> -T <sub>4</sub>	Igual que T <sub>1</sub>	0
	Distinta a T <sub>1</sub>	1
Forma T <sub>6</sub>	No proyectado hacia arriba	0
	Proyextado hacia el ápice	1
Agujón	Reducido	0
	Desarrollado	1
Color cabeza	Unicolor	0
	Bicolor	1
Setas en cabeza	Abundantes	1
	Escasas o sin setas	0
Uniformidad color escuto	Igual color dorsal y lateral escuto	0
	Un color dorsal y otro color lateral escuto	1
	dos color dorsal y un color lateral	2
Color pelos T <sub>1</sub> y Escuto	Escuto con pelos únicamente iguales al T <sub>1</sub>	0
	Escuto con pelos únicamente distintos al T <sub>1</sub>	1
	Escuto con pelos variables que incluyen igual al T <sub>1</sub>	2
Color pelos preepisterno	Preepisterno hacia propodeo unicolor	0
	Preepisterno hacia propodeo bicolor	1
Color pelos entre patas	Unicolor	0
	Bicolor	1
Color pelos T <sub>1</sub>	Unicolor	0
	Bicolor	1
Color pelos T <sub>2</sub>	Unicolor	0
	Bicolor en 1/3	1
	Bicolor en 1/2	2
	Tricolor	3
Color pelos T <sub>3</sub>	Unicolor igual al anterior	0
	Unicolor distinto al anterior	1
	Bicolor	2
	Tricolor	3
Color pelos T <sub>4</sub>	Unicolor igual al anterior	0
	Unicolor distinto al anterior	1
	Bicolor	2
Color pelos T <sub>5</sub>	Unicolor igual al anterior a simple vista	0
	Unicolor distinto al anterior a simple vista	1
	Bicolor a simple vista	2
Color pelos esternitos	Unicolor	0
	Bicolor	1

Fuente: FODECYT 32-2012

Anexo 2

Disco compacto que presenta el archivo digital de la Memoria de actividades del  
I Seminario sobre Polinizadores de Guatemala

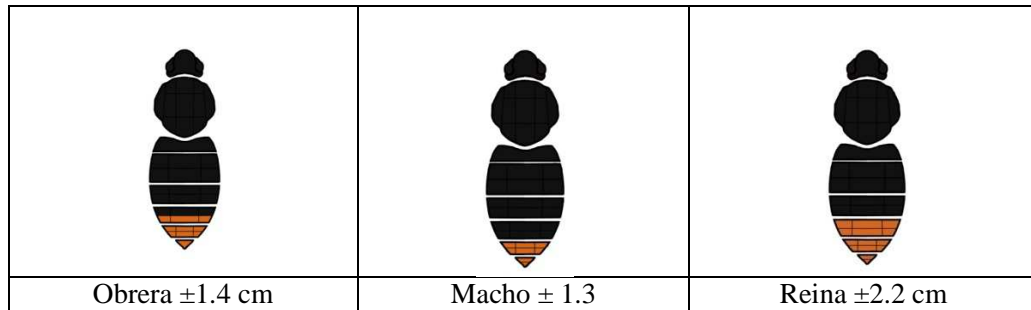


Fuente: FODECYT 32-2012

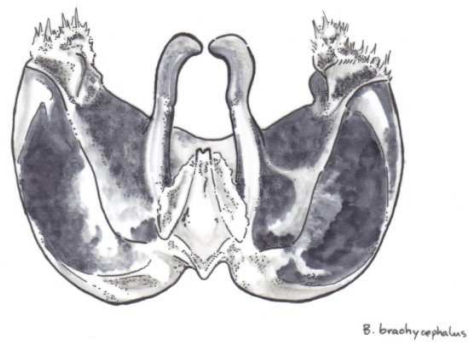
Anexo 3

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Cullumanobombus) brachycephalus*. Fuente: FODECYT 32-2012

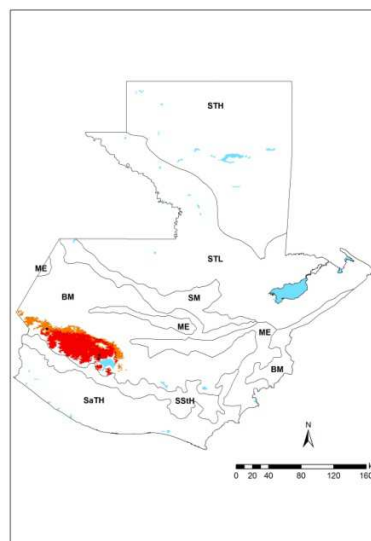
a)



b)



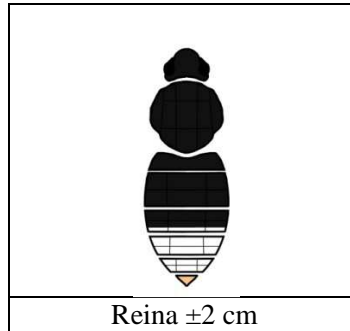
c)



Anexo 4

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Cullumanobombus) macgregori* Labougle y Ayala, 1985. Fuente: FODECYT 32-2012

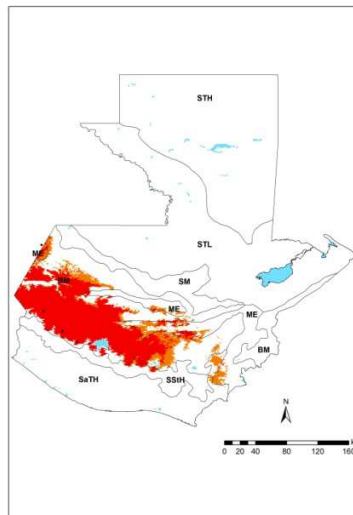
a)



b)



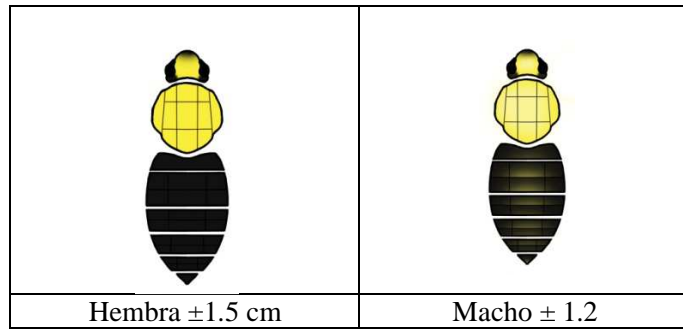
c)



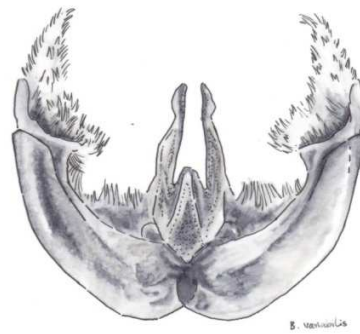
Anexo 5

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Psithyrus) variabilis* (Cresson, 1872). Fuente: FODECYT 32-2012

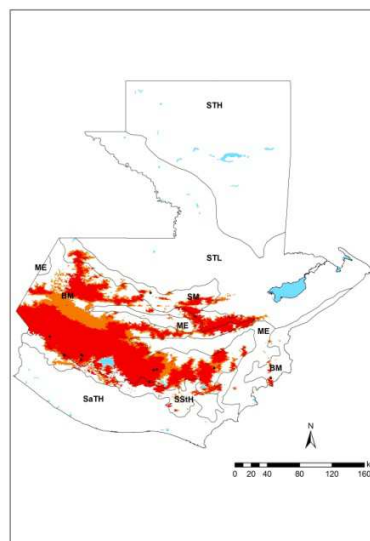
a)



b)



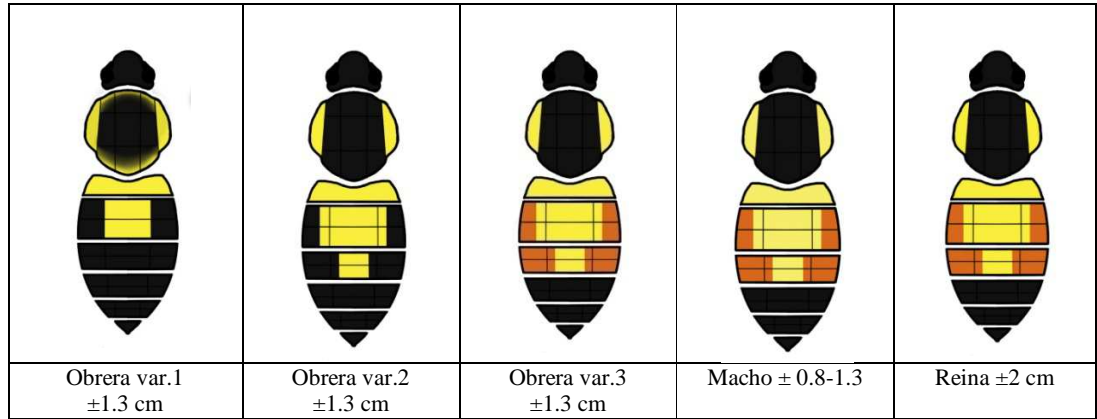
c)



Anexo 6

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Pyrobombus) ephippiatus* Say, 1837. Fuente: FODECYT 32-2012

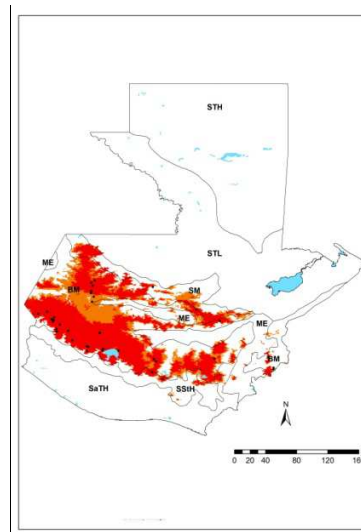
a)



b)



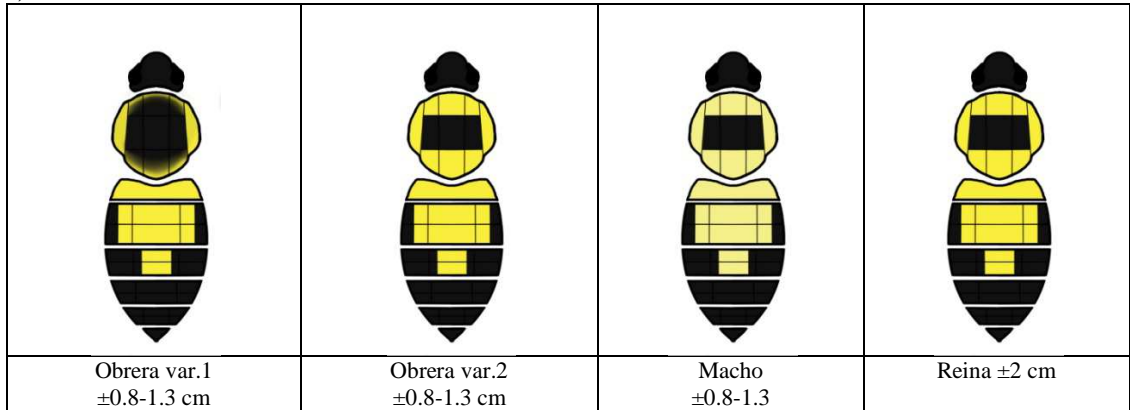
c)



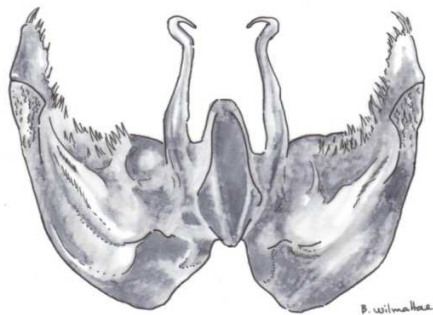
Anexo 7.

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Pyrobombus) wilmattae* Cockerell, 1912. Fuente: FODECYT 32-2012

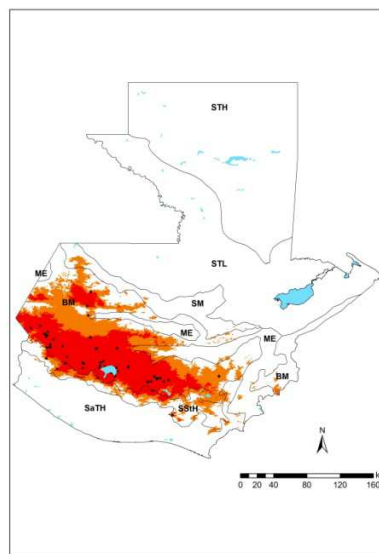
a)



b)



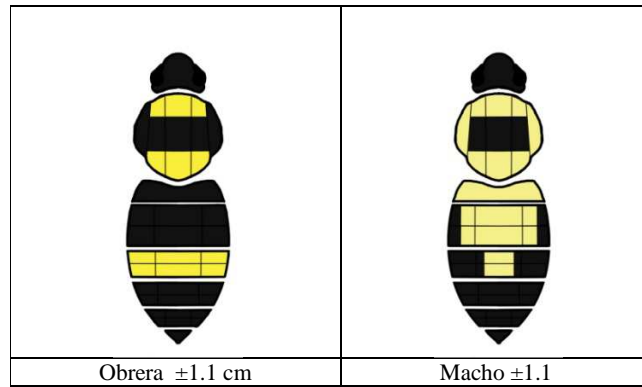
c)



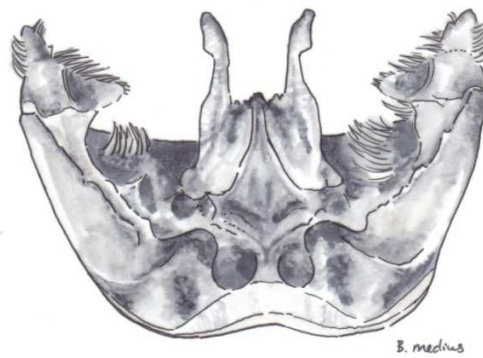
Anexo 8.

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Thoracobombus) medius* Cresson, 1863. Fuente: FODECYT 32-2012

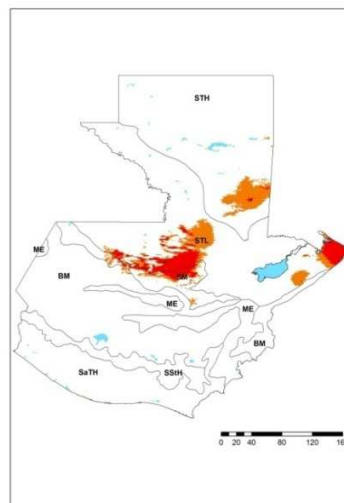
a)



b)



c)

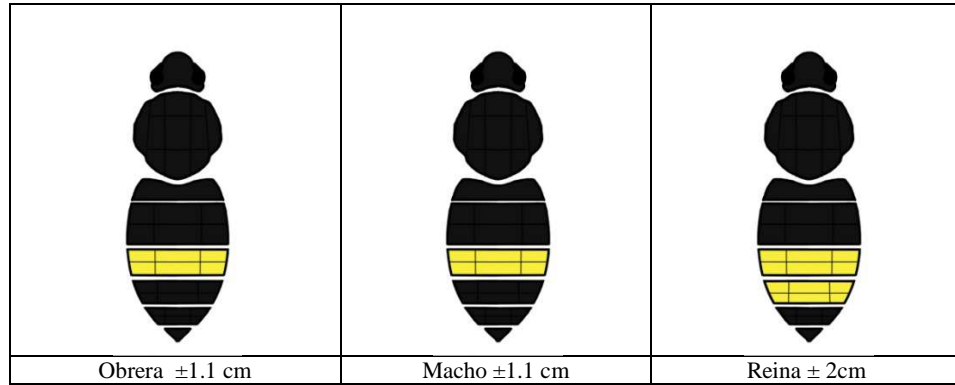




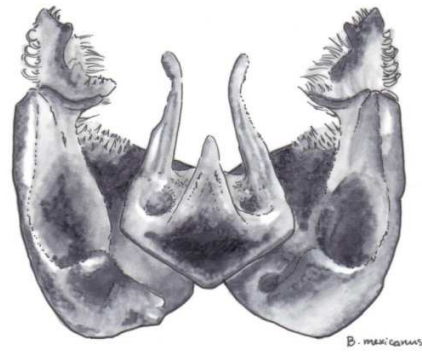
Anexo 9.

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Thoracobombus) mexicanus* Cresson, 1878. Fuente: FODECYT 32-2012

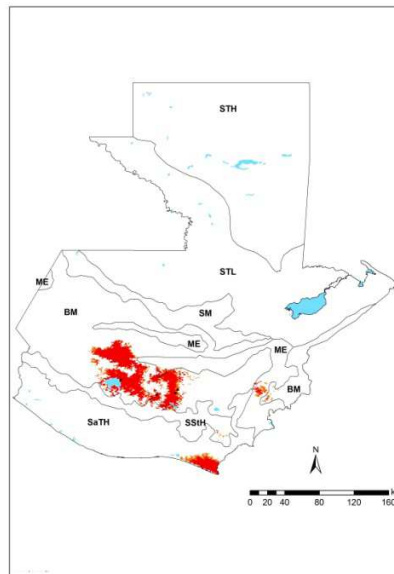
a)



b)



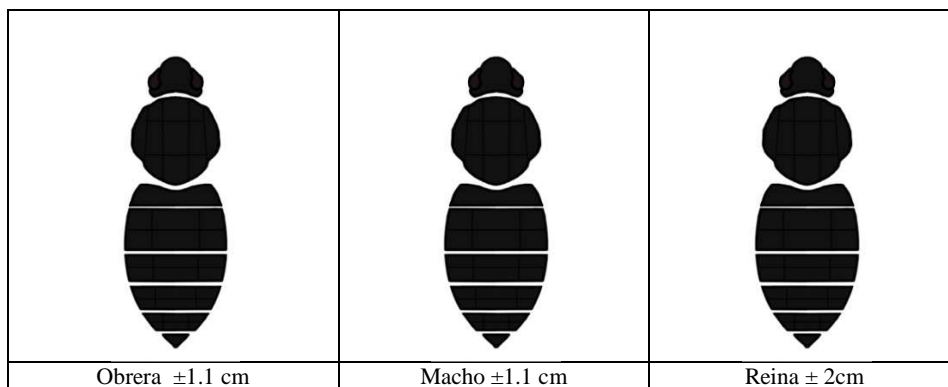
c)



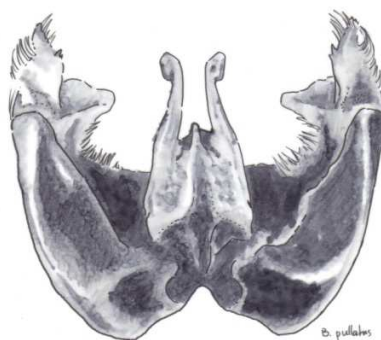
Anexo 10.

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Thoracobombus) pullatus* Franklin, 1913. Fuente: FODECYT 32-2012

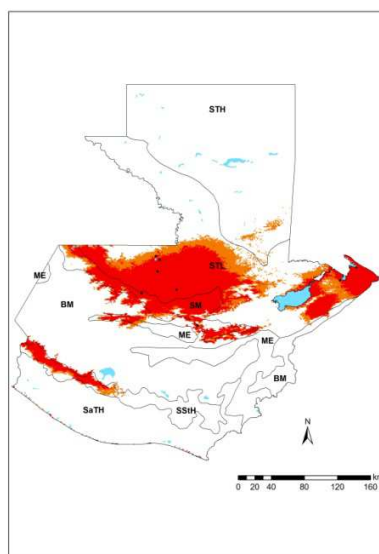
a)



b)



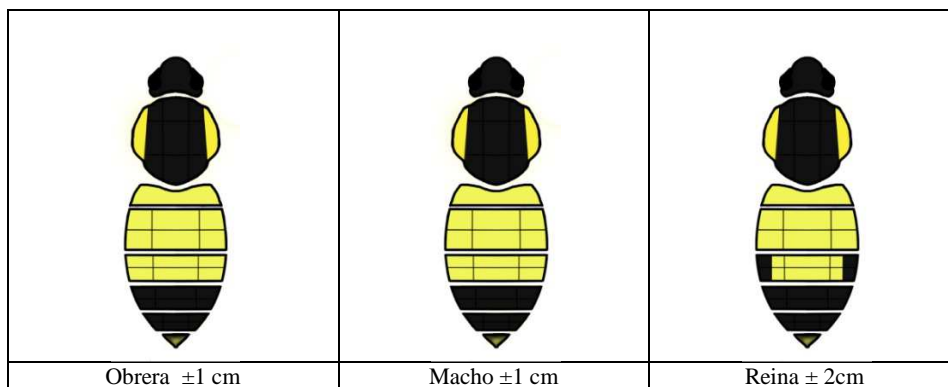
c)



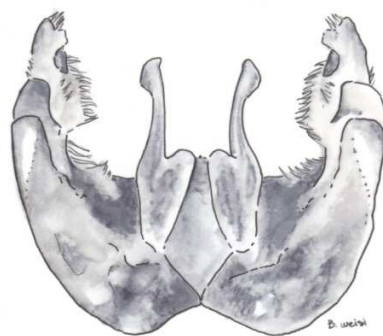
Anexo 11.

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Thoracobombus) weisi* Friese, 1903. Fuente: FODECYT 32-2012

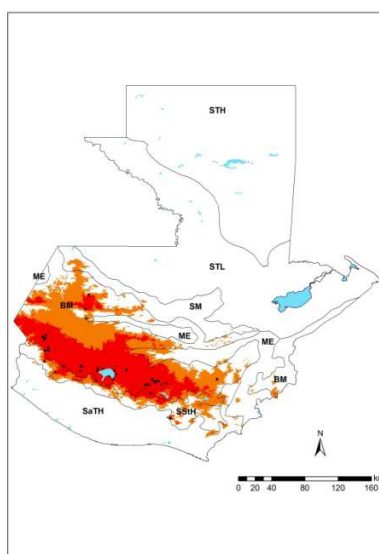
a)



b)



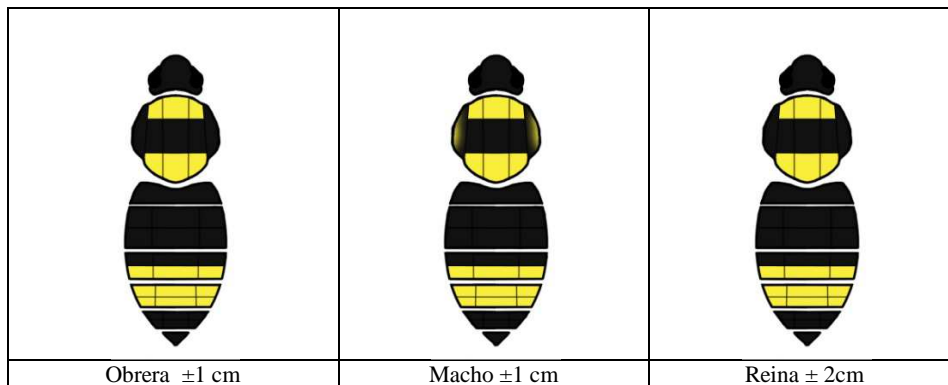
c)



Anexo 12.

Patrón de coloración (a), genitalia masculina (b) y mapa de distribución potencial de *Bombus (Thoracobombus) xelajuensis* Asperen de Boer, 1992. Fuente: FODECYT 32-2012

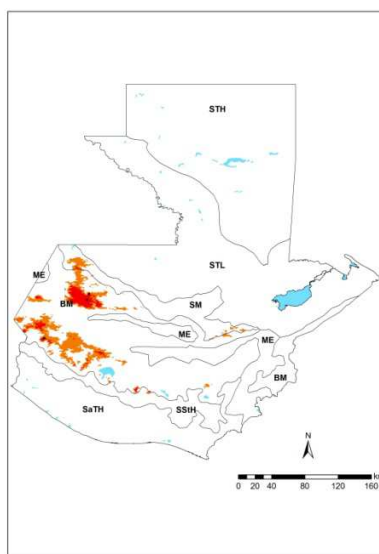
a)



b)



c)



Anexo 13. Datos morfométricos de abejorros estudiados en Guatemala

Especimen	ID	T	OMV	LC	AC	AM	DOV	LVAP	DOLOC	A	E	LA	LE	A1	A2	A3	T1	T2
B. xel rein	10431	17.52	0.81	1.73	2.34	0.77	0.9	4.68	0.73	6.34	5.12	6.42	2.1	0.53	0.29	0.39	1.08	2.91
B. xel rein	14904	17.58	0.81	1.56	2.55	0.73	0.83	5.06	0.61	6.11	5.15	5.41	2.03	0.49	0.21	0.34	1.14	2.89
B. xel rein	7905	19.92	0.71	1.68	2.3	0.77	0.83	5.02	0.61	5.21	4.15	5.88	2.05	0.49	0.3	0.36	1.37	2.87
B. xel rein	7921	17.04	0.66	1.6	2.18	0.64	0.71	4.43	0.63	5.08	4.91	5.83	1.94	0.45	0.25	0.3	1.16	2.61
B. xel rein	12329	20.28	0.85	1.7	2.35	0.76	0.8	5.22	0.69	6.04	5.42	6.15	2.07	0.49	0.34	0.36	1.4	2.91
B. xel mal	15992	11	0.48	1.45	1.63	0.68	0.59	3.3	0.44	4.08	3.61	7.36	1.51	0.37	0.28	0.63	0.8	1.72
B. xel mal	15993	10.66	0.57	1.48	1.58	0.7	0.7	3.35	0.52	3.95	3.5	6.68	1.26	0.31	0.3	0.49	0.78	2.08
B. xel mal	16005	11.32	0.51	1.37	1.42	0.7	0.7	3.4	0.54	4.37	3.75	7.06	1.49	0.36	0.31	0.59	0.8	2.01
B. xel mal	15994	10.5	0.49	1.05	1.56	0.54	0.6	2.82	0.51	3.96	3.5	6.59	1.23	0.23	0.27	0.48	0.75	1.67
B. xel mal	15998	11.13	0.48	1.48	1.58	0.66	0.61	3.24	0.52	4.23	3.8	7.11	1.43	0.32	0.33	0.53	0.95	1.9
B. xel ob	12309	10.28	0.44	1.22	1.39	0.6	0.52	3.13	0.51	4.19	3.54	4.31	1.39	0.34	0.21	0.28	0.81	1.65
B. xel ob	12379	9.01	0.46	1.16	1.49	0.57	0.63	3.26	0.57	4.15	3.61	4.24	1.45	0.31	0.23	0.3	0.8	1.72
B. xel ob	12308	10.28	0.47	1.42	1.6	0.58	0.66	3.47	0.55	4.98	3.69	4.47	1.46	0.35	0.21	0.27	0.82	2.2
B. xel ob	10430	10.2	0.41	1.53	1.5	0.65	0.57	3.32	0.58	4.59	3.51	4.56	1.54	0.34	0.24	0.28	0.7	2.13
B. xel ob	12366	10.07	0.47	1.49	1.4	0.58	0.57	3.36	0.54	4.57	3.47	4.54	1.54	0.31	0.23	0.24	0.58	2.01
B. xel ob	12378	9.98	0.42	1.18	1.42	0.55	0.57	3.24	0.5	4.46	3.62	4.5	1.5	0.35	0.21	0.26	0.56	1.85
B. xel ob	12371	8.78	0.4	1.17	1.3	0.53	0.44	2.93	0.48	4.14	3.88	3.77	1.39	0.31	0.21	0.22	0.67	1.99
B. xel ob	12367	9.62	0.58	1.29	1.5	0.59	0.48	3.35	0.52	4.17	3.76	4.71	1.74	0.34	0.22	0.26	0.77	1.74
B. xel ob	16006	8.92	0.4	1.28	1.34	0.52	0.49	3.09	0.46	3.9	3.37	4.21	1.39	0.31	0.18	0.26	0.69	1.66
B. xel ob	12335	11.72	0.56	1.34	1.49	0.66	0.63	3.34	0.55	4.6	3.77	4.83	1.58	0.33	0.21	0.27	0.94	1.82
B. med ob	10926	10.24	0.65	1.17	1.58	0.42	0.76	3.47	0.48	3.18	3.3	4.78	1.6	0.33	0.23	0.28	1.12	2.11
B. med ob	10927	10.16	0.77	1.25	1.8	0.44	0.8	3.95	0.52	3.75	3.35	5.15	1.78	0.35	0.24	0.29	1.02	2.22
B. med ob	15068	11.35	0.69	1.38	1.8	0.48	0.74	3.7	0.48	4.26	4.01	5.11	1.62	0.38	0.27	0.3	1.08	2.32
B. med ob	12998	11.8	0.62	1.26	1.58	0.43	0.7	3.65	0.48	3.39	3.46	5.32	1.73	0.33	0.24	0.3	0.96	1.75
B. med ob	10429	9.41	0.48	1.1	1.4	0.42	0.54	3.29	0.47	3.35	3.42	3.95	1.31	0.3	0.19	0.2	0.89	1.73
B. med ob	14903	11.28	0.66	1.24	1.62	0.45	0.65	3.42	0.46	3.85	4	4.9	1.69	0.34	0.23	0.3	1.13	1.97
B. med ob	16683	9.8	0.59	1.19	1.69	0.36	0.59	3.17	0.49	3.14	3.29	4.21	1.38	0.29	0.2	0.24	0.83	1.81
B. med ob	16686	11	0.63	1.32	1.51	0.41	0.77	3.44	0.52	3.67	3.78		1.64	0.32	0.21	0.26	0.94	1.83
B. mexi rei	BC-MX-09	19.41	0.84	2.15	2.74	0.83	1.19	5.78	0.78	5.84	5.62	7.51	2.61	0.58	0.39	0.4	1.48	3.8
B. mex ob	6464	10.26	0.61	1.53	1.86	0.59	0.84	3.9	0.64	3.46	3.33	5.22	1.73	0.41	0.26	0.33	1.01	2.13
B. trin ob	ETE97922	10.42	0.41	1.22	1.55	0.58	0.62	3.67	0.48	4.24	3.95	4.67	1.59	0.32	0.23	0.3	0.84	1.75
B. trin ob	ETE93273	11.27	0.55	1.44	1.6	0.59	0.72	3.8	0.49	5.04	4.43	5	1.72	0.42	0.24	0.3	0.96	2.22
B. trin ob	ETE97460	11.4	0.57	1.48	1.8	0.58	0.69	3.82	0.5	4.53	4.23	5.11	1.74	0.38	0.21	0.31	1.08	2.13
B. mac ob	8168	18.74	1.03	1.76	2.4	0.52	0.61	5.08	0.56	6.3	6.33	7.55	2.4	0.68	0.4	0.5	1	3.41
B. mac ob	8171	19.12	1.04	1.82	2.44	0.57	0.79	5.36	0.46	6.3	6.04	7.07	2.58	0.62	0.4	0.43	1.44	3.43
B. mac ob	13850	21.13	0.98	1.85	2.85	0.69	0.75	5.29	0.52	5.93	5.99	7.79	2.57	0.69	0.44	0.45	1.24	3.82
B. mac ob	8148	21.5	1.04	1.82	2.74	0.65	0.75	5.49	0.49	6.82	6.81	7.71	2.49	0.7	0.43	0.46	1.56	3.78
B. mac ob	8170	21.51	0.97	1.85	2.79	0.64	0.74	5.64	0.51	7.31	7.49	8.03	2.72	0.69	0.44	0.41	1.21	3.69
B. mac ob	12339	21.9	0.96	1.83	2.57	0.61	0.78	5.32	0.51	6.66	6.84	7.83	2.6	0.68	0.45	0.45	1.55	3.75
B. mac ob		20.94	0.97	1.79	2.81	0.69	0.75	5.03	0.58	6.84	6.82	7.65	2.52	0.69	0.47	0.47	1.46	3.55
B. mac ob	10788	22.35	1.11	1.87	2.71	0.68	0.75	5.63	0.57	7	6.92	8.15	2.89	0.69	0.44	0.48	1.5	3.82
B. mex ob	13936	11.2	0.77	1.61	1.81	0.58	0.82	4.11	0.63	4.04	3.56	5.73	1.96	0.43	0.26	0.31	1.17	1.31
B. mex ob	14949	13.55	0.92	1.65	2.14	0.69	0.96	4.43	0.65	4.04	4.1	6.21	2.21	0.5	0.3	0.36	1.44	2.56
B. mex ob	16804	10.63	0.63	1.35	1.79	0.47	0.56	3.57	0.58	3.35	3.29	5.02	1.64	0.37	0.32	0.28	1.2	1.86
B. mex ob	12827	9.91	0.64	1.44	1.81	0.53	0.67	3.71	0.58	3.3	3.31	5.38	1.8	0.39	0.25	0.32	1.01	1.98
B. mex ob	16798	10.99	0.65	1.39	1.86	0.57	0.75	4.08	0.55	3.55	3.33	5.53	1.81	0.37	0.32	0.35	0.95	1.88
B. mex ob	16789	12.44	0.79	1.8	1.91	0.58	0.75	4.5	0.63	3.68	3.42	5.94	1.9	0.44	0.32	0.34	1.45	2.7
B. mex ob	13938	8.72	0.56	1.24	1.7	0.51	0.64	3.62	0.57	3.15	3.27	4.72	1.39	0.34	0.25	0.29	0.84	1.83
B. mex ob	6804	12.1	0.76	1.49	2.09	0.62	0.78	3.97	0.62	3.95	4.53	5.9	1.95	0.44	0.3	0.33	0.83	2.48
B. mex ob	6884	11.16	0.74	1.4	1.93	0.59	0.88	4.12	0.6	3.63	3.27	5.74	1.99	0.43	0.26	0.38	1.13	2.06
B. mex ob	13921	12.91	0.65	1.47	1.94	0.56	0.7	4.01	0.59	3.73	3.8	5.56	1.76	0.4	0.28	0.34	1.01	2.19
B. mex mal	16705	12.74	0.82	1.35	1.52	0.56	0.86	3.81	0.46	3.58	3.48	8.33	1.57	0.39	0.43	0.64	0.91	2.29
B. pull ob	1960	12.65	0.8	1.61	1.85	0.8	0.91	5.01	0.65	4.57	4.43	6.57	2.08	0.52	0.3	0.42	1.38	2.8
B. pull ob	9876	12.84	0.86	1.52	2.03	0.71	0.88	4.8	0.67	4.34	3.9	5.5	2.05	0.44	0.27	0.32	1.2	2.78
B. pull ob	9875	14.78	0.85	1.59	2.04	0.68	0.84	4.52	0.68	4.37	4.16	6.19	2.21	0.51	0.29	0.34	1.42	2.48
B. pull ob	1955	13.46	0.85	1.56	2.08	0.61	0.82	4.68	0.68	4.5	4.16	6.17	2.2	0.44	0.29	0.33	1.87	2.56
B. pull ob	1973	14.7	0.89	1.64	2.1	0.71	0.95	4.69	0.66	4.51	4.37	6.57	2.19	0.47	0.33	0.41	1.46	2.75
B. pull ob	1952	13.48	0.91	1.75	2.16	0.76	0.96	4.63	0.67	4.72	4.81	4.9	2.37	0.48	0.31	0.44	1.57	2.8
B. pull ob	1971	14.2	0.87	1.65	2.22	0.7	0.84	4.94	0.61	4.42	4.31	6.51	2.21	0.49	0.31	0.41	1.27	2.74
B. pull ob	1976	12.85	0.7	1.4	1.88	0.58	0.73	4.1	0.57	3.56	3.62	5.64	1.8	0.43	0.29	0.33	0.98	2.86
B. pull ob	1956	14.39	0.84	1.68	2.15	0.73	0.88	4.17	0.62	4.29	4.22	6.15	2.17	0.48	0.32	0.38	1.51	2.53
B. pull rei	12963	22.48	1.23	2.29	2.73	0.96	1.27	6.51	0.71	6.49	5.61	7.9	2.78	0.63	0.33	0.44	2.15	4
B. wei rei	15904	16.67	0.72	1.66	2.21	0.69	0.65	4.71	0.59	4.58	4.44	5.86	1.89	0.46	0.25	0.37	1.16	2.8
B. wei ob	Bwe01	8.96	0.52	1.25	1.39	0.42	0.49	3.4	0.37	3.25	3.85	4.41	1.29	0.37	0.22	0.27	0.84	1.82
B. wei ob	Bwe02	11.06	0.62	1.36	1.73	0.59	0.62	4.14	0.49	3.67	4.06	5.18	1.73	0.42	0.27	0.33	0.86	2.14
B. wei ob	17276	9.75	0.55	1.25	1.69	0.53	0.69	3.68	0.5	3.73	3.75	4.83	1.54	0.37	0.23	0.28	1.06	2.06
B. wei ob	15689	11.62	0.54	1.45	1.94	0.49	0.64	3.76	0.53	3.67	3.68	4.92	1.6	0.39	0.27	0.27	0.79	1.74
B. wei ob	15285	11.62	0.64	1.4	1.92	0.56	0.63	4.11	0.47	3.87	3.69	5.4	1.81	0.38	0.26	0.29	0.78	2.27
B. wei ob	Bwe03	11.18	0.61	1.51	1.62	0.54	0.59	3.86	0.48	3.8	3.63	4.8	1.63	0.39	0.25	0.27	0.72	1.63

Especimen	ID	T	OMV	LC	AC	AM	DOV	LVAP	DOLOC	A	E	LA	LE	A1	A2	A3	T1	T2
B. wei ob	15304	10.03	0.6	1.22	1.69	0.5	0.62	3.78	0.58	3.83	3.23	4.92	1.73	0.33	0.26	0.28	0.77	2.18
B. wei ob	16075	12.54	0.53	1.6	1.71	0.6	0.56	3.83	0.49	4	3.54	5	1.69	0.34	0.27	0.28	0.78	1.89
B. wei ob	BweO4	9.45	0.58	1.2	1.63	0.53	0.59	3.31	0.43	3.21	3.38	4.59	1.45	0.35	0.21	0.27	0.91	2.05
B. wei ob	BweO5	10.48	0.63	1.49	1.89	0.58	0.65	4.02	0.55	4.26	4.04	5.53	1.83	0.4	0.24	0.3	1.09	2.27
B. wei mal	12407	11.57	0.63	1.27	1.68	0.51	0.68	3.31	0.42	3.83	3.42	7.05	1.1	0.3	0.23	0.61	0.97	1.93
B. wei mal	16074	10.28	0.56	1.4	1.67	0.55	0.62	3.63	0.51	3.68	3.49	7.24	1.27	0.34	0.27	0.54	0.8	1.72
B. wei mal	15600	11.07	0.58	1.29	1.59	0.51	0.59	3.38	0.44	3.55	3.51	7.08	1.31	0.26	0.28	0.58	0.54	1.47
B. wei mal	16073	10.99	0.55	1.25	1.65	0.45	0.68	3.43	0.48	3.45	3.5	7.11	1.27	0.29	0.27	0.53	0.6	1.6
B. wei mal	12405	11.32	0.63	1.31	1.7	0.55	0.62	3.66	0.49	3.53	3.65	7.3	1.41	0.28	0.3	0.6	0.58	1.72
B. wei mal	15924	11.71	0.57	1.14	1.57	0.51	0.62	3.35	0.37	3.31	3.5	7.22	1.33	0.29	0.28	0.56	0.65	1.36
B. wei mal	BweM6	10.73	0.58	1.14	1.37	0.54	0.65	3.48	0.48	3.59	3.56	7.06	1.2	0.31	0.29	0.58	0.68	1.75
B. wei mal	BweM7	10.11	0.56	1.18	1.59	0.61	0.59	3.3	0.51	3.39	3.13	6.95	1.2	0.27	0.26	0.61	0.83	1.68
B. wei mal	BweM8	12.23	0.51	1.2	1.63	0.59	0.62	3.57	0.38	3.44	3.61	7.53	1.59	0.29	0.29	0.59	0.76	1.8
B. wei mal	BweM9	10.51	0.59	1.32	1.56	0.57	0.63	3.52	0.48	3.5	3.59	7.26	1.5	0.28	0.28	0.59	0.63	2.18
B. var fem	8189	15.64	1.6	1.42	2.02	0.51	1.47	4.73	0.75	5.18	5.07	6.44	2.08	0.44	0.25	0.39	2.17	3.14
B. var fem	13167	15.4	1.7	1.44	1.98	0.68	1.58	5.32	0.89	4.4	4.18	6.51	2.17	0.41	0.25	0.4	1.83	3.2
B. var fem	8497	14.51	1.42	1.4	2	0.66	1.56	4.75	0.8	4.3	4.18	5.73	1.97	0.41	0.3	0.38	2	2.93
B. var fem	8190	14.93	1.48	1.4	2.2	0.58	1.58	4.91	0.8	4.56	4.94	6.48	2.21	0.4	0.28	0.35	1.88	3.19
B. var fem	16770	13.81	1.3	1.46	1.81	0.61	1.41	4.58	0.66	4.54	4.7	6.14	2.1	0.34	0.27	0.38	1.68	2.68
B. var fem	9765	15.6	1.65	1.48	2.01	0.6	1.66	5.02	0.82	5.05	5.14	6.62	2.22	0.38	0.28	0.37	1.78	3.63
B. var fem	8187	14.58	1.59	1.37	2.16	0.59	1.74	4.69	0.69	5.24	5.38	6.22	2.02	0.42	0.25	0.41	1.94	3.09
B. var fem	13197	15.19	1.49	1.41	1.9	0.6	1.41	4.9	0.82	4.33	4.74	6.11	2.11	0.39	0.29	0.39	1.82	3.04
B. var fem	Bvar1	15.05	1.55	1.46	2.22	0.63	1.54	4.86	0.7	4.94	4.92	5.98	2.04	0.43	0.25	0.42	2.05	3.16
B. var fem	13520	14.48	1.3	1.25	1.97	0.54	1.66	4.99	0.69	4.95	4.47	5.86	1.95	0.36	0.24	0.39	1.92	2.94
B. var mal	7166	10.06	1.01	0.97	1.35	0.42	1.22	3.56	0.59	3.35	3.08	4.1	1.45	0.35	0.25	0.5	1.15	1.89
B. var mal	8200	12.28	1.45	1.28	1.68	0.52	1.65	4.69	0.87	4.92	4.58	8.31	1.95	0.48	0.34	0.57	1.82	2.86
B. var mal	10284	10.73	1	1.08	1.28	0.41	1.17	3.18	0.66	3.85	3.28	6.73	1.46	0.34	0.26	0.43	0.96	2.08
B. var mal	13485	10.85	1.01	1.12	1.5	0.41	1.11	3.06	0.62	3.19	3.11	6.08	1.46	0.36	0.28	0.46	1.18	1.84
B. var mal	15138	12.88	0.97	1.42	1.58	0.55	1.21	4.06	0.81	4.07	3.87	5.6	1.68	0.36	0.28	0.47	1.15	2.27
B. var mal	6762	10.2	0.93	1.04	1.39	0.37	1.18	2.79	0.61	3.25	3.07	6.28	1.36	0.29	0.24	0.45	0.96	2
B. var mal	10617	11.48	0.88	1.08	1.48	0.45	1.18	3.1	0.6	3.21	2.92	6.32	1.42	0.31	0.25	0.45	1.37	2.11
B. var mal	12547	11.42	1.05	1	1.48	0.42	1.16	3.63	0.61	3.77	3.36	6.63	1.51	0.3	0.26	0.47	1.47	2.44
B. brac ob	10772	11.38	0.45	1.19	1.61	0.4	0.51	3.74	0.44	4.11	4.05	5.61	1.93	0.46	0.27	0.32	1.1	2.15
B. brac ob	15825	10.82	0.56	1.24	1.62	0.35	0.59	3.76	0.44	4.51	4.07	5.69	1.9	0.5	0.31	0.34	0.85	2.61
B. brac mal	BbrM2	12.23	0.86	1.07	1.43	0.28	0.45	3.65	0.21	4.13	3.84	6.63	1.61	0.47	0.32	0.44	0.97	1.99
B. brac mal	6493	13.45	0.84	1.34	1.7	0.27	0.59	4.24	0.23	5.16	4.58	7.82	2.01	0.57	0.48	0.54	1.08	1.78
B. brac mal	BbrM1	14.58	0.85	1.26	1.49	0.27	0.57	4.07	0.21	5.06	4.75	6.08	1.82	0.56	0.41	0.58	0.92	2.65
B. brac ob	7189	17.3	0.84	1.67	2.32	0.48	0.79	4.86	0.51	5.58	5.38	7.03	2.42	0.59	0.35	0.45	1.29	3
B. brac ob	BbrM2	17.33	0.84	1.17	2.31	0.6	0.81	4.51	0.57	6.18	5.85	7.36	2.35	0.66	0.39	0.4	1.24	3.3
B. med mal	12997	12.88	0.89	1.28	1.68	0.55	1.04	3.99	0.58	3.6	3.66	6.99	1.65	0.36	0.42	0.59	0.87	2.43
B. wilm ob	6502	8.41	0.59	1.18	1.65	0.31	0.72	3.4	0.56	3.27	3.31	5.15	1.65	0.4	0.23	0.29	0.93	1.89
B. wilm ob	6694	11.8	0.93	1.09	1.68	0.31	1.04	3.56	0.56	3.51	3.68	5.5	1.83	0.44	0.24	0.35	0.97	2.09
B. wilm ob	10853	10.5	0.91	1.31	1.92	0.49	1.16	3.94	0.49	3.87	3.98	3.83	1.86	0.43	0.3	0.32	1.11	2.37
B. wilm ob	10841	8.03	0.76	1.26	1.72	0.36	1.06	3.57	0.56	3.7	3.39	3.71	1.78	0.39	0.28	0.32	1.06	1.94
B. wilm ob	10958	11.28	0.98	1.26	1.66	0.37	1.12	3.63	0.52	3.57	3.64	5.39	1.74	0.41	0.28	0.31	1.06	1.96
B. wilm ob	6795	12.97	0.8	1.37	2.02	0.48	1.07	4.15	0.55	4	4.47	6.13	2	0.46	0.3	0.39	1.42	2.38
B. wilm mal	10401	11.47	0.88	1.04	1.61	0.42	1.05	3.46	0.45	3.58	3.82	6.94	1.59	0.31	0.45	0.58	1.44	2.2
B. wilm ob	12694	12.15	0.92	1.37	1.98	0.47	1.02	3.88	0.62	4.24	4.32	5.66	1.9	0.41	0.28	0.36	1.49	2.77
B. wilm ob	13278	7.67	0.34	0.97	1.3	0.3	0.61	2.84	0.46	2.52	2.74	4.17	1.33	0.29	0.2	0.26	0.81	2.21
B. wilm ob	14969	11.54	0.86	1.42	1.93	0.49	1.1	3.88	0.58	3.85	4.07	5.72	1.88	0.48	0.32	0.35	1.17	2.4
B. wilm ob	10803	10.47	0.65	1.1	1.56	0.39	0.82	3.48	0.56			5.06	1.73	0.37	0.29	0.32		
B. wil mal	15815	11.32	0.72	1.13	1.61	0.4	1.13	3.44	0.56	3.63	3.28	6.52	1.46	0.35	0.39	0.47	0.94	1.9
B. wil mal	10922	10.74	0.77	1.14	1.44	0.35	0.87	3.5	0.51	3.67	3.23	6.84	1.53	0.43	0.31	0.49	0.89	2.07
B. wil mal	12350	11.69	0.67	1.27	1.71	0.39	0.77	3.51	0.47	3.22	3.18	6.85	1.53	0.42	0.35	0.53	1.17	1.85
B. ephi mal	15821	10.46	0.65	1.09	1.66	0.39	0.97	3.54	0.49	3.65	3.08	5.82	1.56	0.35	0.34	0.47	1.25	2.15
B. ephi mal	15776	10.49	0.61	1.25	1.53	0.37	0.91	3.33	0.5	3.51	3.46	6.99	1.56	0.37	0.31	0.49	0.91	1.87
B. ephi mal	11630	10.89	0.63	1.25	1.53	0.39	0.89	3.42	0.49	3.81	3.26	6.54	1.59	0.34	0.36	0.49	0.98	2.2
B. ephi mal	8520	11.71	0.62	1.27	1.56	0.32	0.84	3.19	0.54	3.71	3.37	6.78	1.54	0.29	0.37	0.5	0.98	2.08
B. ephi mal	11634	11.82	0.74	1.16	1.64	0.39	0.99	3.5	0.56	3.45	3.17	6.29	1.56	0.33	0.32	0.45	1.22	2.01
B. ephi mal	10978	10.79	0.7	1.08	1.33	0.35	0.99	3.58	0.56	3.52	3.26	7.11	1.54	0.39	0.33	0.59	1.2	2.25
B. ephi mal	8510	11.46	0.8	1.22	1.46	0.35	0.89	3.61	0.58	3.56	3.28	7.1	1.52	0.33	0.41	0.51	0.87	2.26
B. ephi mal	8198	10.81	0.69	1.18	1.4	0.34	0.86	3.62	0.61	3.62	3.12	6.98	1.62	0.35	0.4	0.53	0.92	1.95
B. wilm rei	BwilR1	17.65	1.05	1.77	2.73	0.51	1.2	5.3	0.75	5.62	5.15	7.16	2.41	0.54	0.42	0.43	1.22	3.93
B. wilm rei	BwilR2	15.76	0.99	1.61	2.42	0.4	1.16	4.96	0.65	5.13	5.32	7.12	2.36	0.56	0.4	0.44	1.27	3.37
B. wilm rei	BwilR3	16.69	0.97	1.81	2.44	0.42	0.96	4.92	0.65	5.68	5.42	7.34	2.48	0.53	0.39	0.48	1.61	3.33
B. wilm rei	12387	17.84	0.93	1.73	2.45	0.46	1.15	5.26	0.66	5.76	5.4	6.95	2.45	0.5	0.33	0.43	1.52	3.46
B. wilm rei	15848	18.18	1.07	1.81	2.66	0.5	1.16	5.25	0.75	6.09	5.35	6.93	2.07	0.58	0.39	0.47	1.21	3.48
B. wilm rei	14969	13.49	0.81	1.48	1.86	0.36	0.98	3.96	0.58	4.18	4.38	5.93	2.02	0.39	0.32	0.36	0.71	2.82
B. wilm rei	12822	13.28	0.92	1.32	1.75	0.46	1.03	4.16	0.63	4.28	4.2	6.08	2	0.48	0.35	0.38	1.28	2.9

Especimen	ID	T	OMV	LC	AC	AM	DOV	LVAP	DOLOC	A	E	LA	LE	A1	A2	A3	T1	T2
B. wilm rei	14963	13.77	0.72	1.55	2.12	0.44	1	4.22	0.65	4.54	4.66	6.05	2.05	0.49	0.34	0.42	0.94	2.23
B. wilm rei	16905	17.2	0.85	1.53	2.3	0.38	1.03	4.79	0.54	5.13	4.58	6.37	1.99	0.52	0.33	0.35	1.33	3.03
B. ephi rei	12897	17.06	0.97	1.71	2.44	0.43	1.19	4.82	0.71	5.73	5.69	7.33	2.37	0.58	0.42	0.48	0.82	3.04
B. ephi rei	10775	17.68	0.96	1.68	2.47	0.49	1.16	4.83	0.73	5.09	5.42	6.96	2.37	0.54	0.39	0.43	1.19	2.73
B. ephi rei	8058	17.92	0.81	1.17	2.37	0.43	0.92	4.8	0.62	5.32	5.33	6.6	2.18	0.56	0.39	0.45	0.81	3.22
B. ephi rei	8508	16.42	0.93	1.73	2.4	0.4	1.16	5.11	0.69	5.47	5.26	7.05	2.34	0.53	0.38	0.42	1.29	3.3
B. ephi rei	7900	18.76	0.95	1.77	2.51	0.51	1.14	5.14	0.7	5.66	4.91	7.25	2.34	0.63	0.42	0.5	1.27	3.68
B. ephi rei	8219	16.89	0.86	1.62	2.43	0.47	0.88	4.92	0.66	5.69	4.99	7.04	2.31	0.57	0.4	0.38	1	3.29
B. ephi rei	8228	16.8	0.78	1.63	2.32	0.49	1.07	4.61	0.65	5.2	5.17	6.69	2.29	0.53	0.37	0.4	1.03	2.69
B. ephi rei	9767	18.31	0.88	1.59	2.35	0.41	0.95	4.71	0.68	4.98	4.98	7.22	2.38	0.58	0.44	0.45	0.84	2.89
B. ephi rei	8173	18.25	0.92	1.52	2.32	0.58	1.05	4.76	0.69	5.89	5.46	7.24	2.26	0.61	0.37	0.47	1.28	3.25
B. ephi rei	13077	18.22	0.96	1.77	2.63	0.58	1.13	5.39	0.79	6.11	5.54	7.48	2.48	0.58	0.4	0.49	1.33	3.62
B. wilm ob	6708	9.51	0.52	1.08	1.45	0.3	0.72	3.15	0.51	3.36	3.28	4.7	1.57	0.35	0.25	0.29	1.04	1.73
B. wilm ob	6706	9.45	0.5	1.11	1.52	0.36	0.65	3.28	0.45	3.34	3.3	4.71	1.51	0.36	0.26	0.27	0.76	1.86
B. wilm ob	12717	6.96	0.27	0.82	1.2	0.2	0.51	2.55	0.4	2.19	2.18	3.58	1.2	0.23	0.19	0.23	0.72	1.36
B. wilm ob	6703	9.49	0.59	1.17	1.49	0.26	0.73	3.18	0.46	3.15	3.13	4.53	1.58	0.33	0.22	0.31	0.9	1.77
B. wil mal	8517	11.92	0.64	1.02	1.56	0.3	0.9	3.25	0.48	3.34	3.23	6.35	1.36	0.38	0.35	0.47	0.8	2.07
B. wil mal	10428	11.05	0.66	1.2	1.51	0.38	1.01	3.32	0.41	3.48	3	6.43	1.59	0.35	0.38	0.45	0.8	2.18
B. wil mal	5991	10.01	0.62	1	1.27	0.29	0.79	3.11	0.46	3.35	3.28	6.06	1.49	0.3	0.31	0.45	1.1	1.96
B. wil mal	10413	9.53	0.55	1.03	1.46	0.35	0.76	2.87	0.47	2.97	2.66	5.67	1.36	0.26	0.29	0.39	0.62	1.5
B. wil mal		10.87	0.55	0.99	1.67	0.35	0.9	3.31	0.57	3.34	2.82	6.42	1.5	0.3	0.35	0.48	0.61	1.9
B. wil mal	10416	11.56	0.74	1.19	1.63	0.43	0.84	3.44	0.53	3.47	3.36	6.78	1.59	0.33	0.41	0.53	0.98	2.09
B. wil mal	15770	11.14	0.57	1.2	1.54	0.34	0.72	3.53	0.46	3.3	3.15	6.71	1.53	0.3	0.35	0.53	1	1.89
B. ephi ob	8192	12.58	0.82	1.18	1.65	0.45	0.96	3.56	0.52	3.83	4.05	5.37	1.54	0.39	0.3	0.38	0.91	2.31
B. ephi ob	7933	11.04	0.58	1.2	1.64	0.38	0.82	3.51	0.57	3.62	3.75	5.16	1.65	0.38	0.3	0.28	0.84	2.12
B. ephi ob	13192	11.21	0.64	1.3	1.7	0.36	0.96	3.78	0.59	3.8	3.91	5.38	1.8	0.39	0.29	0.3	1.04	1.9
B. ephi ob	16733	10.42	0.78	1.2	1.62	0.33	1.03	3.44	0.52	3.76	3.63	4.99	1.65	0.36	0.29	0.32	0.86	1.96
B. ephi ob	8250	11.74	0.72	1.28	1.79	0.35	0.95	3.69	0.58	4	3.65	5.31	1.74	0.41	0.31	0.31	1.08	1.88
B. ephi ob	8154	9.05	0.47	0.99	1.41	0.26	0.77	3.04	0.47	2.85	2.88	4.29	1.52	0.34	0.17	0.29	0.72	1.58
B. ephi ob	10841	7.52	0.46	1.07	1.28	0.3	0.57	2.84	0.47	2.95	2.87	4.4	1.46	0.31	0.21	0.3	0.89	1.5
B. ephi ob	8275	12.4	0.69	1.37	1.88	0.38	0.91	3.77	0.56	4.11	3.75	5.5	1.81	0.42	0.29	0.38	1.28	2.27
B. ephi ob	12312	11.2	0.55	1.29	1.66	0.36	0.76	3.55	0.63	3.85	3.63	5.52	1.87	0.41	0.32	0.35	1.04	1.93
B. ephi ob	Beph1	9.21	0.58	1.21	1.69	0.38	0.69	3.52	0.49	3.64	3.49	4.71	1.47	0.37	0.25	0.27	0.93	1.91
B. ephi mal	Bcmx10	10.97	0.65	1.42	1.69	0.42	0.69	3.46	0.47	3.61	3.59	7.36	1.42	0.2	0.38	0.46	0.72	1.75
B. ephi mal	10427	10.92	0.66	1.15	1.53	0.42	0.86	3.41	0.45	3.81	3.12	6.34	1.31	0.4	0.3	0.41	0.88	2.03

Fuente: FODECYT 32-2012

ID= Identificación del individuo, T= tamaño, OMV= Longitud del ocelo medio a vértex, LC= largo de clípeo, AC= Ancho de clípeo, AM= Largo del área malar, DOV= Distancia del ojo compuesto al vértex, LVAP= Longitud del vértex al ápice del clípeo, DOLOC= Distancia del ocelo lateral al ojo compuesto, A= Relación entre la longitud entre alas, E= largo del escudo, LA= Longitud de la antena, LE= Longitud del escapo, A<sub>1</sub> = segmento antenal 1, y A<sub>2</sub>= segmento antenal 2, A<sub>3</sub> = segmento antenal 3, T<sub>1</sub> = Longitud de tergo 1 y T<sub>2</sub>= Longitud de tergo 2.

Anexo 14. Datos morfológicos de obreras de abejorros estudiados en Guatemala

Carácter	B. tri	B. xel	B. var	B. bra	B. pul	B. mex	B. med	B. mac	B. wei	B. eph	B. wil
Forma del area intertubercular	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Labro protuberancias	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Ancho de labro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clípeo brillo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clípeo profundidad punteado	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clípeo densidad punteado	0	0	2	1	1	1	2	1	2	1	1
Clípeo uniformidad punteado	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Clípeo tamaño	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Area malar largo	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
Area malar ancho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Mandíbula diente anterior tamaño	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
No. De dientes	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2
Tamaño escapo	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
Tamaño 1er segmento	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Antena color	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ocelos tamaño	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Ocelos posición respecto a vértex	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
Ubicación ocelos respecto a ojo comp	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
Ocelos espacio intra	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Ocelos area alrededor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ojo-vertex ornamento	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ojo-vertex punteado densidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ojo-vertex punteado profundidad	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Ocelos en vista frontal ubicación	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1
Escuto microescultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escuto punteado densidad	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2
Líneas parapsidiales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Escuto parte media punteado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escutelo forma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escutelo densidad E	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Escutelo profundidad E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Postescutelo conspicuidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lóbulo yugal presencia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Celda marginal abertura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Celda marginal venación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Segunda vena recurrente presencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estigma tamaño	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estigma longitud a r	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Triangulo propodeal ornamentación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: FODECYT 32-2012



Carácter	B. tri	B. xel	B. var	B. bra	B. pul	B. mex	B. med	B. mac	B. wei	B. eph	B. wil
Triangulo propodeal forma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tibia posterior forma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Filo interno en tibia posterior	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tibia posterior caras	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Corbícula superficie	1	1	0	2	1	1	1	2	1	2	2
Tarsómero desarrollo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Espolones tibiales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Arolias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tibia posterior desarrollo	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Uñas de la hembra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Basitarso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1er tergo microescultura	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1er tergo cresta al centro	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1er tergo tamaño	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1er tergo E densidad	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	0
1er tergo depresión marginal	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Tergo II-IV ornamentación	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Tergo VI forma	no	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Agujón desarrollo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cabeza coloración	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Cabeza con setas entremezclados	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
Escudo pelos coloración	2	2	0	0	0	0	2	0	2	2	2
Escudo y primer tergo pelos color	2	2	1	0	0	0	2	0	2	2	2
Lados tórax hacia triangulo coloración	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Entre patas coloración	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1er tergo coloración	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II tergo coloración	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2
III tergo coloración	2	2	0	0	0	1	1	2	2	3	2
IV tergo coloración	0	0	0	2	0	1	0	1	1	1	1
V tergo coloración	1	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Esternitos coloración	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

Fuente: FODECYT 32-2012

B. tri= *Bombus trinominatus*, B. xel= *Bombus xelajuensis*, B. var= *Bombus variabilis*, B. bra= *Bombus brachycephalus*, B. pul= *Bombus pullatus*, B. mex= *Bombus mexicanus*, B. med= *Bombus medius*, B. mac= *Bombus macgregori*, B. wei= *Bombus weisi*, B. eph= *Bombus ephippiatus*, B. wil= *Bombus wilmattae*.

Anexo 15. Carátula del manual pictórico de abejorros de Guatemala



Fuente: FODECYT 32-2012

Anexo 16. Afiche divulgativo del II Seminario sobre Polinizadores de Guatemala

LA RED DE POLINIZADORES DE GUATEMALA TE INVITA A PARTICIPAR EN LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS DENTRO DEL

# Seminario de Guatemala

de Polinizadores  
Conservación y Manejo

**OCTUBRE 2013**

**Jueves 24\***  
Curso práctico pre-seminario "Manejo de polinizadores en cultivos" y "Reconocimiento de polinizadores vertebrados e invertebrados"

**Viernes 25\***  
II Seminario de Polinizadores de Guatemala:  
● Ciclo de conferencias sobre el estudio de polinizadores.  
● Exposición de carteles de trabajos realizados  
Lugar: Edificio UVIGER FAUSAC

**Sábado 26**  
Actividad educativa sobre polinizadores, dirigida al público en general  
Lugar: Jardín Botánico y Museo de Historia Natural, USAC  
Av. La Reforma 0-63 Z. 10

Más información para participar en las actividades visita nuestras páginas:  
 Red de Polinizadores de Guatemala  
 Jardín Botánico USAC

**Donativo: Estudiantes Q.50.00**  
**Profesionales Q.100.00**

Ilustración y diseño por Lorena Lora

Organizador Semanal

Lunes pega un nota adhesiva

Martes pega un nota adhesiva

Miércoles pega un nota adhesiva

Jueves pega un nota adhesiva

Viernes pega un nota adhesiva

Sábado pega un nota adhesiva

Domingo pega un nota adhesiva



Fuente: FODECYT 32-2012

PARTE V

V.1 INFORME FINANCIERO

Se realizó la ejecución financiera de forma efectiva, existiendo aún un excedente en el renglón 122 y 181. El renglón 122 se utilizará en la impresión del informe final. A continuación se presenta un resumen de la ejecución presupuestaria del proyecto.

FICHA DE EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA							
LINEA: FODECYT							
Nombre del Proyecto:		"Evaluación e implementación en Guatemala del Código de Barras de la Vida para resolver conflictos taxonómicos en abejorros (Bombus)"					
Numero del Proyecto:		032-2012					
Investigador Principal y/o Responsable del Proyecto:		DRA. MARÍA JOSÉ DARDÓN PERALTA					
Monto Autorizado:		Q125,600.00				Orden de Inicio (y/o Fecha primer pago):	
Plazo en meses		12 meses				PRÓRROGA AL 30/11/2013	
Fecha de Inicio y Finalización:		01/09/2012 al 31/08/2013					
Grupo	Renglon	Nombre del Gasto	Asignación Presupuestaria	TRANSFERENCIA		Ejecutado	Pendiente de Ejecutar
				Menos (-)	Mas (+)		
1		<b>SERVICIOS NO PERSONALES</b>					
	114	Correos y telégrafos	Q 1,500.00	Q 1,500.00			Q -
	122	Impresión, encuadernación y reproducción	Q 13,500.00		Q 5,670.98	Q 17,850.00	Q 1,320.98
	133	Viáticos en el interior	Q 5,000.00			Q 4,960.00	Q 40.00
	181	Estudios, investigaciones y proyectos de factibilidad	Q 67,750.00			Q 65,875.00	Q 1,875.00
	185	Servicios de capacitación			Q 1,250.00	Q 1,250.00	Q -
	189	Otros estudios y/o servicios	Q 5,000.00			Q 5,000.00	Q -
	189	Otros estudios y/o servicios: evaluación externa de impacto	Q 8,000.00				Q 8,000.00
	196	Servicios de atención y protocolo			Q 1,250.00	Q 1,250.00	Q -
	2		<b>MATERIALES Y SUMINISTROS</b>				
214		Productos agroforestales, madera, corcho y sus manufacturas	Q 4,200.00	Q 4,200.00			Q -
262		Combustibles y lubricantes	Q 4,500.00	Q 3,170.98		Q 1,329.02	Q -
267		Tintes, pinturas y colorantes	Q 550.00	Q 165.00		Q 385.00	Q -
289		Otros productos metálicos	Q 600.00	Q 600.00			Q -
295		Útiles menores, médico-quirúrgicos y de laboratorio			Q 4,800.00	Q 4,800.00	Q -
297		Útiles, accesorios y materiales eléctricos	Q 2,500.00	Q 2,500.00			Q -
3		<b>PROPIEDAD, PLANTA, EQUIPO E INTANGIBLES</b>					
323	Equipo medico-sanitario y de laboratorio			Q 12,915.00	Q 12,915.00	Q -	
324	Equipo educacional, cultural y recreativo	Q 12,500.00	Q 12,500.00			Q -	
		GASTOS DE ADMON. (10%)					
			Q 125,600.00	Q 25,885.98	Q 25,885.98	Q 114,364.02	Q 11,235.98

MONTO AUTORIZADO	Q 125,600.00	<b>Disponibilidad</b>	Q 11,235.98
(-) EJECUTADO	Q 114,364.02		
SUBTOTAL	Q 11,235.98		
(-) CAJA CHICA	Q -		
<b>TOTAL POR EJECUTAR</b>	Q 11,235.98		