



UADY

POSGRADO
INSTITUCIONAL
EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

“Dimorfismo sexual isométrico en *Euglossa viridissima* Friese (HYMENOPTERA: APIDAE: EUGLOSSINI) durante dos temporadas climáticas”.

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

POR:

**Licenciado en biología Rubén Guillermo Medina
Hernández**

Asesor:

Doctor José Javier G. Quezada Euán

Mérida, Yuc., México, Mayo de 2015.

Índice

	Página
Votos aprobatorios.....	i
Declaración del autor.....	ii
Dedicatorias.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
1.- Introducción.....	1
2.- Marco teórico.....	3
2.1.- Generalidades de la tribu Euglossini.....	3
2.2.-Importancia del dimorfismo sexual del tamaño.....	6
2.3.- Asociación tamaño corporal-estacionalidad.....	10
3.- Objetivo general.....	12
3.1.-Objetivos específicos.....	12
4.- Hipótesis.....	12
5.-Referencias.....	13
Artículo: Isometric sexual dimorphism in Euglossines: a seasonal study on <i>Euglossa viridissima</i> (Hymenoptera: Euglossini) from the Yucatan Peninsula.....	20
Resumen.....	21
1.-Introducción.....	22
2.- Materiales y métodos.....	23
2.1.- Colecta de individuos.....	23

2.2.- Dimorfismo sexual asimétrico.....	24
2.3.- Relación entre tamaño corporal y la cantidad de espermatozoides en machos.....	25
3.- Resultados.....	27
3.1.- Diferencias en el tamaño corporal de machos y hembras.....	27
3.2.- Relación entre tamaño corporal y la cantidad de espermatozoides en machos.....	35
3.2.1.- Machos capturados al azar.....	35
3.2.2.- Machos de edad conocida.....	36
4.- Discusión.....	37
4.1.- Diferencias en el tamaño corporal de machos y hembras.....	37
4.2.- Relación entre tamaño corporal y la cantidad de espermatozoides en machos.....	41
5.- Conclusiones.....	43
5.-Referencias.....	44

Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1.- Comparación de los componentes principales y las medias de las cuatro variables morfométricas medidas entre machos y hembras dentro de las mismas temporadas de lluvias y secas.....	31
Cuadro 2.- Comparación de los componentes principales y las medias de las cuatro variables morfométricas medidas entre machos y hembras de <i>Eg. viridissima</i> entre las temporadas de lluvias y secas.....	32
Cuadro 3.- Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por los primeros 3 componentes principales obtenidos de cuatro variables morfométricas medidas en machos y hembras de <i>Eg. viridissima</i>	33
Cuadro 4.- Peso relativo de las variables usadas en el análisis de componentes principales con cada uno de los componentes principales.....	33

Índice de figuras

	Página
Figura 1.- Distribución de frecuencias de los valores obtenidos para machos y hembras respecto al componente principal de la temporada lluvias y secas.....	28
Figura 2.-Distribución espacial de los valores de machos y hembras de <i>Eg. viridissima</i> colectados en temporada de lluvias y secas sobre los componentes principales 1 y 2.....	34
Figura 3.- Correlación incluyendo ecuación entre el componente principal 1 (C.P. 1) y conteo de espermatozoides (\log^{10}) de machos <i>Eg. viridissima</i> en temporada de secas y lluvias.....	36

Anexos

Anexo 1.- Caracteres morfométricos medidos en las abejas.....	52
Anexo 3.- Estructuras que componen el aparato reproductor masculino de <i>Eg. viridissima</i>	53



UADY

POSGRADO
INSTITUCIONAL
EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MANEJO
DE RECURSOS NATURALES**

}78

**ALUMNO: LICENCIADO EN BIOLOGÍA
RUBÉN GUILLERMO MEDINA HERNÁNDEZ**

SÍNODO DE EXAMEN DE TESIS DE GRADO

**DR. HUGO DELFÍN GONZÁLEZ.
CCBA-UADY**

**DR. LUIS MEDINA MEDINA
CCBA-UADY**

**DR. WILLIAM DE JESÚS MAY ITZÁ
CCBA-UADY**

**DRA. VIRGINIA MELÉNDEZ RAMÍREZ
CCBA-UADY**

**M.C. HUMBERTO MOO VALLE
CCBA-UADY**

MÉRIDA, YUCATÁN, MAYO DE 2014

Km 15.5 carretera Mérida – Xmatkuil Apdo. Postal 4-116 Itzimná Mérida, Yucatán.
Tel. (999)9-42-32-00 Fax 9-42-32-05

DECLARACIÓN DEL AUTOR

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis “Dimorfismo sexual isométrico en *Euglossa viridissima* Friese (HYMENOPTERA: APIDAE: EUGLOSSINI) durante dos temporadas climáticas”, es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

Dedicatorias.

Dedico mi tesis de maestría a mi familia: Rohan mi hijo, quien es mi motor y su bienestar me motiva a seguir creciendo profesionalmente; mi esposa quien me acompañó y me tuvo paciencia en los momentos más difíciles; mi hermano Rodrigo, biólogo en formación quien siempre ha sido mi mejor amigo; mis padres Rubén y Ninoska pues ellos siempre me impulsaron durante toda mi vida como estudiante y me brindan su apoyo incondicional; mi abuela Zoila y mi tía Marta a quienes les tengo un cariño muy especial y por último a mi abuelo Raúl[†] por inspirarme a través de la lectura y sus pláticas para dedicarme a la generación de conocimiento.

Agradecimientos

Inicialmente agradezco al CONACYT, ya que sin la beca de posgrado hubiera sido imposible costear mis estudios y mantenerme al mismo tiempo, también quiero incluir al fondo Ciencia Básica SEP-CONACYT Z-103341 por el apoyo para gastos de materiales.

También agradezco a mi asesor de tesis Dr. José Javier G. Quezada Euán por su paciencia y apoyo, no solo a lo largo de mi maestría si no también durante las diferentes actividades en las que he tenido la oportunidad de participar y desarrollar en el Departamento de Apicultura del CCBA.

Al Dr. Luis Medina Medina por su ayuda con las primeras disecciones que realicé, sus valiosos comentarios al respecto y sus correcciones al formar parte de mi comité tutorial y sínodo.

A los miembros de mi comité tutorial y sinodales: Dr. Hugo Delfín González, Dr. William May Itzá, M.C. Humberto Moo Valle, Dra. Virginia Meléndez Ramírez por sus concejos, correcciones, tolerancia y por enseñarme a ser persistente y defender mi tesis de forma bien argumentada.

A mi hermano Rodrigo Medina Hernández quien además estar conmigo y apoyarme, también me ayudó a coleccionar ejemplares durante todos los muestreos.

A mi amiga la Biol. Mar. Tere Solís por ayudarme con las identificaciones de *Euglossa viridissima* hembras usando marcadores moleculares.

Al M.C. Roberto Barrientos Medina por sus observaciones respecto a los análisis estadísticos usados en la tesis.

A mis amigos que colaboraron de forma directa o indirecta: Biol. Eduardo Montejó, Biol. Fernando Fleites, Biol. Jorge Escalante, Arturo bustillos, Biol. Cristian Fleites, M.C. Raymundo Ramírez, M.C. Ligia Martín Sosa, M.C. Jorge Ramírez, Biol. Raúl Monsreal y M.C. Franklin Rocha.

A mi esposa Lic. Paola Alférez Euán y a mi Hijo Rohan Armando Medina Alférez por estar siempre conmigo en todo momento, a mi mamá Prof. Esperanza Ninoska Hernández Casasnovas y a mi papá Ing. Rubén Medina Del Río quien además de apoyarme moralmente también lo hizo con algunos gastos.

¡Gracias a todos!

Resumen

Los euglosinos muestran marcado comportamiento territorial de los machos. Hasta ahora no se ha evaluado la existencia de dimorfismo sexual del tamaño de los individuos de esta Tribu, rasgo esencial para entender su comportamiento reproductivo. Se tomó como modelo la especie *Euglossa viridissima* en la Península de Yucatán y se evaluaron diferencias en el tamaño corporal durante las temporadas de lluvias y secas de 165 ejemplares machos y hembras. Los parámetros de tamaño corporal se correlacionaron con la cantidad de espermatozoides en machos colectados en campo y machos colectados en nidos en los cuales se determinó su edad. Se midieron cuatro variables morfológicas y se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) para una evaluación global de diferencias en el tamaño. Las comparaciones morfométricas no mostraron diferencias significativas entre machos y hembras dentro de cada estación. Sin embargo, se encontró un efecto significativo de época sobre el tamaño para ambos sexos, los individuos colectados en temporada de lluvias fueron más grandes que los colectados en temporada de secas. No existió correlación entre tamaño y cantidad de espermatozoides en los machos colectados en campo ni en machos de edad conocida. Estos resultados no soportan la existencia de dimorfismo sexual isométrico en la especie *Eg. viridissima* pero el tamaño dentro de ejemplares del mismo sexo sí presenta marcada variación estacional, muy probablemente como consecuencia de la disponibilidad de recursos. Se sugiere que el tamaño en los machos no es un factor determinante para su comportamiento pre-apareamiento y en su capacidad reproductiva; sin embargo, el tamaño podría estar asociado a otros factores como longevidad y apareamiento múltiple. La particular forma de atracción sexual química en esta tribu basada en la cantidad y mezcla de fragancias almacenadas por los machos a lo largo de su vida parece funcionar como un indicador efectivo de su aptitud más que el tamaño del individuo.

Abstract

Males of orchid bees show a marked territorial behavior. So far there has not been an evaluation of the existence of sexual size dimorphism in this tribe which is essential to understand the driving forces determining their reproductive behavior. We took *Euglossa viridissima* from the Yucatan Peninsula as our model species. Comparisons of body size were made between individuals of both sexes collected in the rainy and dry seasons. Four morphological variables were measured and a principal component analysis (PCA) was made for an overall assessment of differences in size. Individual sperm counts were obtained and compared between males collected in the rainy and dry seasons and also correlated with the indicators of body size. Morphometric comparisons showed no significant differences between males and females within each season. However, a significant effect of season on the size for both sexes was found, individuals collected in rainy season were larger than those collected in the dry season. There was no correlation between body size and the amount of sperm in males captured in the field and those collected in nests. These results do not support the existence of isometric sexual size dimorphism in the species *Eg. viridissima* but that size within sexes shows marked seasonal variation, most probably due to the differential availability of resources. It is suggested that the size of males is not a determining factor for their pre-mating behavior and reproductive capacity but that size could be associated with other factors such as longevity and multiple mating. The particular system of chemical attraction in this taxon based on the amount and complex mixture of fragrances stored by the males throughout their life may be a better indicator of fitness than individual body size.

1.- Introducción

Los euglosinos son importantes polinizadores en el neotrópico y se les conoce como abejas de las orquídeas dada su importancia como polinizadores especialmente relevante dentro de la familia Orchidaceae. Presentan la particularidad que los machos visitan las flores para la obtención de sustancias que utilizan como fragancias, presumiblemente usadas como parte de su comportamiento reproductivo (Roubik y Hanson, 2004; Eltz y Lunau, 2005). Estos insectos también polinizan plantas de otras familias como Anonaceae, Apocynaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae entre otras (Dressler, 1982; Ramírez *et al.*, 2002; Cameron, 2004; Roubik y Hanson, 2004), por lo que podrían ser prospectos para su manejo como polinizadores en cultivos comerciales. Sin embargo la falta de información sobre su biología reproductiva es una gran limitante para su manejo racional (Caron, 2001; Pitt-Singer, 2008;).

El estudio del comportamiento reproductivo en machos de insectos sociales sólo ha recibido atención marginal en comparación con una mayor cantidad de estudios realizados en hembras (Baer, 2003; Boomsma *et al.*, 2005; Paxton, 2005). Dentro de la subfamilia Apinae, la tribu Euglossini ha sido la menos estudiada en comparación con las otras tres tribus (Apini, Bombini y Meliponini) que conforman este clado (Duvoisin, 1999; Michener, 2007), y no se ha evaluado si las diferencias en el tamaño corporal pueden conferir alguna capacidad reproductiva diferencial a los individuos. Debido a esta falta de información es difícil entender los factores que pueden jugar un papel relevante en la selección sexual pre-apareamiento en estas abejas (Cameron, 2004; Boomsma *et al.*, 2005).

En cuanto al comportamiento de pre-apareamiento, se sabe que los machos euglosinos son territoriales (Kimsey, 1980) y que el tamaño corporal es particularmente importante en abejas que presentan comportamiento territorial (Danforth, 1991; Alcock, 1997; Paxton, 2005). Sin embargo, para entender si el tamaño corporal puede ser un factor asociado a una ventaja reproductiva para los machos de euglosinos es necesario

determinar previamente si hay evidencia de dimorfismo sexual de tamaño en esta tribu (Boomsma *et al.*, 2005). Pero este aspecto no se ha documentado aún (Soucy *et al.*, 2003; Peruquetti, 2003); por ello, en este estudio para evaluar la capacidad reproductiva de los machos y su relación con el tamaño corporal se propone determinar si existe dimorfismo sexual de tamaño en la especie de estudio y asociar el tamaño de los machos con la cantidad de espermatozoides en la vesícula seminal.

El presente trabajo tiene como objetivos evaluar: **1) si existe diferencia en el tamaño corporal intra- e intersexual de esta especie, 2) si existe relación entre el tamaño corporal de los machos y la cantidad de espermatozoides presentes en la vesícula seminal.** Dicha información aportará datos relevantes para entender el comportamiento reproductivo y los factores asociados en machos de la tribu Euglossini. Asimismo, esta información podría ayudar en el manejo reproductivo de especies de euglosinos, para su uso como polinizadores en cultivos comerciales importantes como el tomate, por citar un ejemplo (comentario personal Dr. Thomas Eltz).

2.- Marco teórico

2.1.- Generalidades de la biología de la tribu Euglossini

La clasificación taxonómica de la tribu Euglossini la ubica dentro de la subfamilia Apinae, en la familia Apidae y la súper familia Apoidea y al orden Hymenoptera. Esta tribu está formada por cinco géneros: *Aglae*, *Eufrisea*, *Euglossa* (*Eg.*), *Eulaema* (*El.*) y *Exaerete*, el género más rico en especies es *Euglossa*, el cual actualmente cuenta con 111 especies descritas, de las cuales 44 pueden encontrarse en México y Centroamérica (Roubik y Hanson, 2004; Ramírez, 2006; Michener, 2007; Eltz *et al.*, 2011). Las abejas de la tribu Euglossini se caracterizan por ser de colores metálicos iridiscentes y presentar una probóscide muy larga que llega hasta el primer segmento abdominal, siendo la característica más representativa de la tribu (Michener, 2007). Su distribución es exclusivamente neotropical, desde el sur de Estados Unidos hasta norte de Argentina (Ramírez *et al.*, 2002).

Los euglosinos son reconocidos como importantes polinizadores en el neotrópico, polinizando principalmente plantas de la familia Orchidaceae, se estima 650 especies (aproximadamente un 10% de las especies) son polinizadas exclusivamente por machos de euglosinos; los cuales presentan un comportamiento particular, ya que no buscan recursos alimenticios al visitar las flores de orquídeas, sino los aromas que producen (Roubik y Hanson, 2004; Michener, 2007). Sin embargo, también polinizan otras plantas de otras familias como Anonaceae, Apocynaceae, Euphorbiaceae y Solanaceae, y pueden obtener fragancias de otras fuentes como mohos, hongos, savia e incluso compuestos químicos de origen antropogénico (Cameron, 2004; Roubik y Hanson, 2004).

El proceso por el cual los machos recolectan éstos compuestos químicos se denomina “enfleurage”, durante el cual fijan los compuestos químicos en un portador graso proveniente de las glándulas cefálicas y posteriormente son almacenadas en unas estructuras dilatadas en las tibias posteriores y pueden permanecer almacenadas ahí hasta por quince días sin sufrir cambios (Eltz *et al.*, 1999; Eltz *et al.*, 2007).

El uso de éstas fragancias no es del todo claro pero se cree que cumplen una función durante el pre-apareamiento como atrayente hacia las hembras, similar a lo que ocurre con los abejorros o atraer otros machos y formar “leks”(un lek es un área territorial donde varios machos realizan despliegues para atraer hembras). Otra idea es que las hembras arriban sin ser atraídas por las fragancias y que éstas son usadas por las hembras para determinar si el macho es “competente” verificando la cantidad de fragancias acumuladas, por lo que una gran cantidad de estas fragancias almacenadas implicaría que el macho se expuso y sobrevivió a muchos peligros al coleccionarlas, sin embargo, ninguna de éstas hipótesis se ha confirmado (Kimsey, 1980; Roubik y Hanson, 2004; Rasmont *et al.*, 2005; Eltz *et al.*, 2003).

En estudios donde se han expuesto fragancias almacenadas por los machos en sus patas, no se ha producido la atracción de hembras pero si la atracción a otros machos (Eltz y Lunau, 2005). No obstante se ha argumentado que tales resultados son consecuencia de que no se recrean las condiciones naturales de pre-apareamiento (Eltz y Lunau, 2005).

Dentro del grupo de las abejas corbiculadas la tribu Euglossini no presenta clara socialidad, contrastando con Apini; Bombini y Meliponini (Michener, 2007). Algunas especies son solitarias y otras presentan un tipo de socialidad primitiva en la cual se puede observar un traslape generacional, donde las hembras fundadoras pueden formar nidos comunales con sus hijas (Cocom *et al.*, 2008).

En cuanto a sus hábitos de anidación, los euglosinos anidan en cavidades naturales o de origen antropogénico, algunas pocas anidan de manera expuesta; presentan gran

variedad de arreglos en los cuales pueden distribuir sus celdas y dependen mucho del uso de resinas (Roubik y Hanson, 2004). Las hembras fundadoras ovipositan en el interior de las celdas construidas a base de resina o cera que obtienen de nidos de otras abejas, principalmente meliponinos (Roubik y Hanson, 2004). Posterior a la emergencia, algunas hembras abandonan el nido, mientras que otras pueden permanecer en él y ayudar a la madre fundadora a reactivarlo, entonces la madre fundadora presenta un comportamiento dominante pudiendo controlar la capacidad reproductiva de sus hijas mediante un comportamiento de oófagia (Roubik y Hanson, 2004; Cocom *et al.*, 2008).

En contraste, los machos no permanecen en el nido y lo abandonan al emerger posiblemente debido a su rápida maduración sexual, como ocurre en otras abejas solitarias (Araújo *et al.*, 2010). Contrario a lo que ocurre en las tribus Meliponini y Apini donde los machos pueden permanecer en el nido donde son alimentados, en estos casos requieren de un tiempo de maduración más prolongado que las abejas solitarias (Peters *et al.*, 1999; Pech-May *et al.*, 2012).

Respecto al número apareamientos se han demostrado que las hembras de *Euglossa* son monoándricas (Zimmermann *et al.*, 2009), por lo anterior y dado el sistema de territorialidad los machos están sometidos a una fuerte presión de selección ya que hembras tendrían la capacidad de seleccionar a un único macho basándose en el territorio y las fragancias (Duvoisin, 1999; Eltz y Lunau, 2005); se piensa que en Euglossini la mayor cantidad de fragancias y mantener un territorio es de suma importancia para poder lograr el éxito reproductivo lo que implicaría ventajas de un mayor tamaño corporal en machos (Eltz y Lunau, 2005).

En la Península de Yucatán, se pueden encontrar cuatro especies de *Euglossa*: *Eg. townsendi*, *Eg. atroveneta*, *Eg. viridissima* y *Eg. dilema* (Ayala, 1988; Eltz *et al.*, 2011) hasta 2011 se consideraba a *Eg. viridissima* como una especie en la que se reportaban dos morfotipos de machos; hasta que en un estudio, basándose en el perfil químico de las

fragancias, características morfológicas y genéticas describieron a *Eg. dilemma* como un especie críptica hermana de *Eg. viridissima* (Eltz *et al.*, 2011).

La única característica morfológica evidente por la cual se pueden realizar una discriminación entre ambas especies es el número y la disposición de los dientes en las mandíbulas de los machos (Eltz *et al.* 2011). En *Eg. viridissima*, la mayor parte de los ejemplares presentan dos dientes y los que tienen tres, el tercer diente crece en un ángulo diferente; para el caso de los machos de *Eg. dilemma* los tres dientes están dispuestos en un mismo ángulo y para las hembras la diferenciación se puede observar mediante el uso de técnicas de secuenciación genética y el perfil químico de las fragancias también es una característica importante porque indica una diferencia comportamental evidente entre ambas especies, debido a que es un reflejo de la preferencias que tiene cada especie por determinadas fragancias (Eltz *et al.* 2011).

2.2.- Importancia del dimorfismo del tamaño

El dimorfismo sexual se define como la diferenciación morfológica de los machos y hembras sexualmente maduras (Fairbairn, 1997). El dimorfismo sexual es importante porque se encuentra ligado principalmente a los diferentes roles reproductivos los cuales están intrínsecamente asociados a estructuras anatómicas con funciones muy específicas dependiendo del sexo o el tipo de apareamiento (Fairbairn, 1997). Sin embargo, además de las evidentes diferencias entre estructuras asociadas al sexo (algunas veces los sexos de una misma especie han sido clasificados dentro de clados diferentes) también existen diferencias no tan obvias en el tamaño corporal intersexual para el cual se usa el término dimorfismo sexual isométrico o del tamaño o SSD (sexual size dimorphism) por sus siglas en inglés (Stubblefield y Seger, 1994; Fairbairn, 1997).

El dimorfismo sexual del tamaño puede variar, entre e incluso dentro de los grupos de los himenópteros aculeados, y la competencia por el apareamiento podría ser una de las razones por la que este fenómeno ocurre (Ken y Helms, 1994). El tamaño corporal desempeña un papel importante en los conflictos intra-sexuales en especies de insectos

en las que existe competencia por las hembras, esto es así porque a menudo la aptitud individual se incrementa en machos con tamaño corporal grande (Honěk, 1993).

Para los machos, el mayor tamaño corporal puede asegurar el éxito reproductivo competitivo, mayor fecundidad y mejor capacidad de dispersión (Kukuk, 1996., Bosch y Vences, 2006., Silva *et al*, 2009). Sin embargo, existen casos en los que machos de menor tamaño también pueden contar con estrategias alternativas para lograr el éxito reproductivo (Paxton, 2005). Se pueden encontrar ejemplos de comportamiento de apareamiento alternativo en la especie de abeja solitaria *Anthidium manicatum* y la comunal *Macrotera (=Perdita) portalis* (Paxton, 2005). En ambos casos, los machos grandes monopolizan y se aparean en las flores o en el nido comunal respectivamente durante días, mientras que los machos más pequeños patrullan la vegetación o flores en búsqueda de alguna hembra receptiva (Paxton, 2005).

Así también se conoce el caso de *Xylocopa virginica* donde los machos son de mayor tamaño que las hembras, ya que al ser territoriales el tamaño les confiere una ventaja para defender su territorio, los territorios predilectos son las áreas de anidación de las hembras, mientras los machos de menor tamaño son desplazados hacia otras áreas (Barthell y Baird, 2004).

Esta diferencia entre estrategias de apareamiento dentro de una misma especie puede dar origen a dimorfismo intra-específico en los machos, tal como ocurre con la abeja *Amegilla dawsoni* cuyos machos muestran diferencias de tamaño significativas, por lo que son clasificados en dos morfotipos diferentes. En este caso los machos del “morfotipo grande” solo se encuentran en las áreas donde las hembras emergen de sus celdas subterráneas, mientras los del “morfotipo pequeño” tienen que mejorar sus posibilidades al tratarse de aparear no sólo en el área donde las hembras emergen (donde compiten con los machos grandes), sino que también lo intentan en los remanentes adyacentes de vegetación y plantas con flores a cierta distancia del área de emergencia lejos de la competencia de los machos de mayor tamaño (Alcock, 1997), este ejemplo expone

claramente que diferencias en tamaño corporal pueden asociarse a diferentes estrategias reproductivas de los machos.

De igual manera, el tamaño corporal no solo está asociado al comportamiento reproductivo, también está relacionado con la fecundidad de los machos (Berg *et al.*, 1997; Couvillon *et al.*, 2010). En varias especies de Apidae del grupo de las abejas corbiculadas, por ejemplo *Bombus atratus* (Garofalo *et al.*, 1986), *Apis mellifera* (Schüls *et al.*, 2003), *A. dorsata* (Koeniger *et al.*, 2005) y *Melipona beecheii* (Pech-May *et al.*, 2012), existe evidencia de que machos de mayor tamaño tienen mayor número de espermatozoides y son más exitosos durante el apareamiento. Estos resultados han llevado a argumentar que el tamaño corporal influye directamente en la capacidad reproductiva de los machos; sin embargo, esto no se conoce para ninguna especie de euglosino, no obstante dado el patrón de asociación del tamaño corporal, ventajas conferidas por el tamaño durante el pre-apareamiento y cantidad de espermatozoides que existe en las otras tribus de abejas corbiculadas (Garofalo *et al.*, 1986; Schüls *et al.*, 2003; Pech-May *et al.*, 2012) la correlación entre la cantidad de espermatozoides y el tamaño corporal en *Euglossa* puede ser un indicador de que el tamaño le confiere alguna ventaja durante el comportamiento de pre-apareamiento.

Igualmente, podrían existir alternativas reproductivas combinando la posibilidad que los individuos grandes contengan mayor cantidad de espermatozoides, mientras los machos de menor tamaño pudieran tener menos espermatozoides pero más grandes y de esta forma compensar su menor número (Boomsma *et al.*, 2005). Estos aspectos no han sido documentados en la mayor parte de las especies de abejas.

Aunque se sabe que las hembras en la tribu Euglossini son monoándricas (Zimmermann *et al.*, 2009), se desconoce si los machos pueden copular más de una vez por lo que un estudio de variación corporal y conteo de espermatozoides también podría mejorar la comprensión de su comportamiento reproductivo y arrojar pistas sobre la posibilidad de apareamientos múltiples por parte de los machos como ocurre en la tribu Bombini,

cercanamente emparentada con Euglossini (Duchateau y Marien ,1995; Boomsma *et al.*, 2005).

En el caso de los euglosinos, se puede presentar un comportamiento territorial donde los machos se congregan en territorios llamados “leks”, en donde los machos se exhiben y compiten entre ellos para que la hembra pueda seleccionar al mejor macho (Dodson *et al.*, 1969; Kimsey, 1980). Sin embargo, aunque la formación de leks es posible en algunos casos (quizá sea facultativa), la mayoría de las especies presentan comportamiento territorial solitario, en el cual el macho se posa en un área abierta, usualmente un tronco al que se le denomina “percha” y defiende dicho territorio de otros machos si es que alguno intenta aproximarse (Kimsey, 1980; Roubik, 1989; Eltz *et al.*, 2003; Roubik y Hanson, 2004).

En este tipo de comportamiento de pre-apareamiento, el tamaño corporal puede conferir ventajas al controlar un territorio o quizá al facilitarles el acceso a fragancias (aumentando su rango de vuelo) las cuales se cree podrían ser parte integral del comportamiento de pre-apareamiento y la selección del macho por parte de la hembra (Eltz y Lunau. 2005). Para los euglosinos se ha descrito un comportamiento alternativo en la especie *Eulaema meriana*, en la que existen machos territoriales que permanecen en su percha durante días mientras que otros machos, a los que llaman transitorios, vuelan del territorio de un macho a otro en busca de oportunidades para aparearse (Stern, 1991).

De acuerdo a lo anterior, es importante determinar las magnitudes del dimorfismo sexual de tamaño en euglosinos. Hasta la fecha no existen estudios que hayan documentado si efectivamente los machos de Euglossini son mayores que las hembras o si el tamaño de los machos le confiere una mayor capacidad reproductiva.

Los estudios sobre la variación de tamaño entre sexos en insectos sociales pueden dar luz a factores que determinan el éxito durante el apareamiento y la cantidad de veces que pueden aparearse, por ello resulta esencial proporcionar evidencia al respecto (Boomsma

et al., 2005). Las diferencias de los patrones de variación en el tamaño corporal intraespecífica son un indicador de la divergencia adaptativa dentro de una misma especie, esto quiere decir que el tamaño corporal es un reflejo de posibles diferencias en comportamiento alimenticio, sexual o de nicho, no solo en individuos del mismo sexo sino también entre sexos (Fairbairn, 1997).

2.3.- Asociación tamaño corporal-estacionalidad.

Las variaciones en tamaño corporal en insectos pueden tener un importante efecto ambiental. Un estudio en 158 especies de insectos, reveló que existe gran variación del tamaño corporal entre sexos de una misma especie y que en la mayoría de las especies (80%), las hembras fueron más grandes que los machos y el tamaño de éstas tiene fuerte tendencia a ser afectado por las condiciones ambientales. Al parecer las hembras tienen un crecimiento más plástico que lo machos, principalmente por las diferencias en sus requerimientos nutricionales (Teder y Tammaru, 2005).

En el caso de la abeja solitaria *Osmia lignaria*, el tamaño y la proporción de los machos varía durante la temporada de anidación y se hacen más pequeños al final de la temporada, dicho fenómeno es generado por la floración de las plantas que se utilizan como recurso alimenticio (Torchio y Tepedino, 1980). Algo similar ocurre con *Megachile apicalis* especie en la que se produce una progenie de tamaño pequeño pero abundante durante la temporada de floración y más tarde cuando los recursos son reducidos se produce una progenie de mayor tamaño pero en menor número (Kim y Thorp, 2001).

La tribu Euglossini no es una excepción y datos preliminares demuestran que hembras hijas de una misma hembra fundadora pueden presentar tamaño variable y que dicho fenómeno también podría darse por disponibilidad de recursos (Rocha *et al.*, 2011, Montejo, 2014). Se ha encontrado que en la abeja *Eg. pleosticta* el tamaño de los machos es afectado por las condiciones nutrimentales asociadas a factores ambientales

estacionales (Silva *et al.*, 2009), pero no en el caso de *El. nigrita* la cual no presentó variación en el tamaño entre estaciones, discrepando con los resultados de otro estudio similar donde se encontró variación en esta especie (Peruquetti, 2003), quizá porque la disponibilidad de ciertos recursos aprovechados por la especie en particular presentó algún tipo de variación en su abundancia en los años en los que se realizaron dichos estudios, presumiblemente afectada por la precipitación.

Existe evidencia de que en algunas especies de abejas y avispas se producen descendencia de tamaño variable para diferentes propósitos, pero no está del todo claro si esto ocurre de manera adaptativa, por elección de la madre (al aprovisionar alimento) o de manera meramente accidental debido a los recursos disponibles (Ken y Helms, 1994; Stubblefield y Seger, 1994; Bosch y Vincens, 2002; Rocha *et al.*, 2011).

Dichas variaciones de tamaño no siempre son iguales para ambos sexos entre estaciones, por lo que el dimorfismo de tamaño puede no ser igual a lo largo del año, tal es el caso de *Xylocopa virginica* donde hay una importante disminución del tamaño de los machos durante el invierno al verano, mientras que en las hembras no ocurren cambios significativos (Skandalis *et al.*, 2009). En consecuencia, es importante documentar lo que ocurre en otras especies a fin de definir posibles factores y proponer hipótesis, abriendo posibilidades a un campo de estudio amplio.

3.-Objetivo general

Determinar cuál es la magnitud de las diferencias en el tamaño corporal de *Eg. viridissima* para asociarlas a su capacidad reproductiva en dos temporadas climáticas.

3.1.-Objetivos específicos

- Determinar cuáles son las magnitudes de las diferencias **inter-sexuales** en *Eg. viridissima* (dimorfismo sexual de tamaño) durante las temporadas de secas y lluvias.
- Determinar cuáles son la magnitud de las diferencias **intra-sexuales** en *Eg. viridissima* durante las temporadas de secas y lluvias.
- Determinar si el tamaño corporal se asocia con la cantidad de espermatozoides almacenados en las vesículas seminales de los machos.

4.- Hipótesis

- En *Eg. viridissima* tanto hembras como machos que se desarrollan en la misma temporada son del mismo tamaño.
- En *Eg. viridissima* tanto hembras como machos que se desarrollan en diferentes temporadas son del mismo tamaño.
- En *Eg. viridissima* el tamaño corporal de los machos no afecta la cantidad de espermatozoides que estos pueden almacenar en las vesículas seminales.

5.- Referencias

- Alcock J. 1997. Competition from large males and the alternative mating tactics of small males of Dawson's burrowing bee (*Amegilla dawsoni*) (Apidae, Apinae, Anthophorini). *Journal of Insect Behavior*. 10: 99–113.
- Araújo V. A., Freitas F. V., Moreira J., Neves C. A., Lino-Neto J. 2010. Morphology of male reproductive system of two solitary bee species (Hymenoptera: Apidae). *Systematics, morphology and physiology*. 39: 595-600.
- Baer, B. 2003. Bumblebees as model organisms to study male sexual selection in social insects. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 54: 521-533.
- Barthell, J. F., and T. A. Baird. 2004. Size variation and aggression among male *Xylocopa virginica* (L.) (Hymenoptera: Apidae) at a nesting site in central Oklahoma. *J Kansas Entomological Society*. 77:10-20.
- Berg S., Koeniger N., Koeniger G., Fuchs S. 1997. Body size and reproductive succes of drones (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*. 28: 449-460.
- Boomsma J. J., Baer B., Heinze J. 2005. The evolution of male traits in social insects. *Annual Review of Entomology*. 50: 395–420.
- Bosch J., Vicens N. 2002. Body size as an estimator of production costs in a solitary bee. *Ecological Entomology*. 27: 129–137.
- Bosch J., Vicens N. 2006. Relationship between body size, provisioning rate, longevity and reproductive success in females of the solitary bee *Osmia cornuta*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 60: 26–33.
- Cameron S. A. 2004. Phylogeny and biology of neotropical orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Biology*. 49: 377-404.

- Caron D. M. 2001. Bees and crop pollination – crisis, crossroads, conservation. Entomological society of America. U. S. A. New York. Pp 113- 141.
- Cocom-Pech M. E., W De J. May-Itza, L. A. Medina-Medina, J.J.G. Quezada-Euán. 2008. Sociality in *Euglossa*. (*Euglossa*) *viridissima* Friese (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Insectes Sociaux*. 55: 428-433.
- Couvillon M. J., Hughes W. O. H., Perez-Sato J. A., Stephen J. Martin S. J., Roy G. G. F., Ratnieks F. L. W. 2010. Sexual selection in honey bees: colony variation and the importance of size in male mating success. *Behavioral Ecology*. 21: 520–525.
- Danforth B. N. 1991. The morphology and behavior of dimorphic males in *Perdita portalis* (Hymenoptera: Andrenidae) *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 29:235-247.
- Dodson C.H. Dressler R.L. Hills H.G. Adams R.M. Williams N. H. 1969. Biologically active compounds in orchid fragrances. *Science*. 164:1243–1249.
- Dressler R. L. 1982. Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual Review Of Ecology And Systematics*. 13: 373-39.
- Duchateau M. J. Marien J. 1995. Sexual biology of haploid and diploid males in the bumble bee *Bombus terrestris*. *Insectes Sociaux*. 42:255-266.
- Duvoisin N. Baer B. Schmid-Hempel P. 1999. Sperm transfer and male competition in a bumblebee. *Experimental ecology*. 58:743–749.
- Eltz T. Roubik D. W. Whitten M. W. 2003. Fragrances, male display and mating behaviour of *Euglossa hemichlora*: a flight cage experiment. *Physiological Entomology*. 28: 251–260.
- Eltz T., Lunau K. 2005. Antenal response to fragrance compounds in male orchid bees. *Chemoecology*. 15: 135-138.

- Eltz T., Roubik W. D., Lunau K. 2005. Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 59: 149-159.
- Eltz T., Witthen M. W., Roubik W. D., Linsenmair K. E. 1999. Fragrances collection storage and accumulation by individual male orchid bees. *Journal of chemical ecology*. 25: 157-175.
- Eltz T., Zimmermann Y., Haftmann J., Twele R., Francke W., Quezada-Euán J.J.G., Lunau L. 2007. Enfleurage, lipid recycling and the origin of the perfume collection in orchid bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 274: 2843-2848.
- Eltz T., Fritsch F., Pech J. R., Zimmermann Y., Ramírez S. R., Quezada-Euan, J. J. G., y Bembe B. 2011. Characterization of the orchid bee *Euglossa viridissima* (Apidae: Euglossini) and a novel cryptic sibling species, by morphological, chemical, and genetic characters. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 163: 1064-1076.
- Fairbairn D. J. 1997. Allometry for Sexual Size Dimorphism: Pattern and Process in the Coevolution of Body Size in Males and Females. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 28: 659-687.
- Garofalo C.A., Zucchi R., Muccillo G. 1986. Reproductive studies of a neotropical bumblebee, *Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae). *Revista Brasileira de Genética*. 9:231-43.
- Honěk A. 1993. Intraspecific variation in body size and fecundity in insects: a general relationship. *Oikos*. 66,483-492.
- Ken R. Helms K. R. 1994. Sexual Size Dimorphism and Sex Ratios in Bees and Wasps. *American Naturalist*. 143, 418-434.

- Kim J. Thorp R. W. 2001. Maternal investment and size-number trade-off in a bee, *Megachile apicalis*, in seasonal environments. *Oecologia*. 126:451–456.
- Kimsey L. S. 1980. The behaviour of male orchid bees (Apidae, Hymenoptera, Insecta) and the question of Leks. *Animal behavior*. 28: 996-1004.
- Koeniger G., Koeniger N., Tingek S., Phiancharoen M. 2005. Variance in spermatozoa number among *Apis dorsata* drones and among *Apis mellifera* drones. *Apidologie*. 36: 279–284.
- Kukuk P.F. 1996. Male dimorphism in *Lasioglossum (chialictus) hemichalceum*: the role of larval nutrition. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 69: 147-157.
- Michener C. D. 2007. The bees of the world. Segunda edicion. The Johns Hopkins University Press. U. S. A., Baltimore, Maryland. Pp. 778-784.
- Paxton R. J. 2005. Male mating behaviour and mating systems of bees: an overview. *Apidologie*. 36: 145–156.
- Pech-May F. G. Medina-Medina L. May-Itzá W De J. Paxton R. J. Quezada-Euán J. J. G. 2012. Colony pollen reserves affect the body size, sperm production and sexual development in males of stingless bee *Melipona beecheii*. *Insectes Sociaux*. 59: 417–424.
- Peruquetti R. C. 2003. Variação do tamanho corporal de machos de *Eulaema nigrita* Lepelletier (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) resposta materna á flutuação de recursos? *Revista Brasileira De Zoologia*. 20:207- 211.

- Peters J. M., Queller D. C., Imperatriz-Fonseca V. L., Roubik D. W., Strassman J. E. 1999. Mate number, kin selection and social conflicts in stingless bees and honey bees. *Proceedings of the Royal Society B*. 266: 379-384.
- Ramírez S. 2006. *E. sampieri* n. sp., a new species of orchid bee from the Colombian Andes (Hymenoptera: Apidae). *Zootaxa*. 1272: 61-68.
- Ramírez S., Dressler R. L., Ospina M. 2002. Abejas euglossinas (Hymenoptera: Apidae) de la region neotropical: listado de especies con nota sobre su biología. *Biota Colombiana*. 3: 7-118.
- Rasmont P., Terzo M. A., Aytikin M., Hines H., Urbanova K., Cahlikova L., Valterova I. 2005. Cepalic secretions of the bumblebee subgenus *Sibirico bombus* Vogt suggest *Bombus vorticosus* Gerstaecker are conspecific (Hymenoptera, Apidae, *Bombus*), *Apidologie*. 36: 571-584.
- Rocha F., Quezada-Euán J.J.G., Moo-Valle H., Castillo G. 2011. Preliminary observations on size in females of *Euglossa viridissima* and their offspring (Hymenoptera: Euglossini). *Memorias del VII seminario Mesoamericano sobre abejas nativas*. Pp 127-130.
- Roubik D. W., Hanson P. E. 2004. Abejas de orquídeas de América tropical: biología y guía de campo. Editorial INbio. Costa Rica. Pp 1- 167.
- Roubik, D.W. (1989). *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge University Press, New York.
- Schüls H., Schüls E., Van Praagh J., Moritz R. F. A. 2003. Sperm number in drone honeybees (*Apis mellifera*) depends on body size. *Apidologie*. 34: 577-584.

- Silva M. C., Lomônaco C., Augusto S. C., Kerr W. E. 2009. Climatic and anthropic influence on size and fluctuating asymmetry of Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in a semideciduous seasonal forest reserve. *Genetics and Molecular Research*. 8: 730-737.
- Skandalis D. A., Glenn J., Tattersall G. J., Prager S., Richards M. H. 2009. Body size and shape of the large carpenter bee, *Xylocopa virginica* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the Kansas entomological society*. 82:30–42.
- Soucy S. L., Giray T., Roubik D.W. 2003. Solitary and group nesting in the orchid bee *Euglossa hyacinthine* (Hymenoptera, Apidae). *Insectes Sociaux*. 50:248–255.
- Stubblefield, J. W., Seger, J. 1994. Sexual dimorphism in the Hymenoptera In differences between the sexes. Cambridge University Press. 71-103.
- Teder T., Tammaru T. 2005. Sexual size dimorphism within species increases with body size in insects. *Oikos*. 108: 321-334.
- Torchio P. F. Tepedino V. J. 1980. Sex Ratio, Body Size and Seasonality in a Solitary Bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). *Evolution*. 34:993-1003.
- Zimmermann Y., Roubik D. W. Quezada-Euan J. J. G., Paxton R. J., Eltz T. 2009. Single mating in orchid bees (Euglossini, Apinae): implications for mate choice and social evolution. *Insectes Sociaux*. 56:241–249.

Isometric sexual dimorphism in Euglossines: a seasonal study on *Euglossa viridissima* (Hymenoptera: Euglossini) from the Yucatan Peninsula.

(Formato: Revista Apidologie)

Autores:

R. G. Medina-Hernández *

José Javier G. Quezada-Euán.

Adscripción:

Departamento de Apicultura; Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán, Apdo. postal 4-116, Mérida, Yucatán, México, 97100.

Email:

rgmhmy_1985@hotmail.com*

qeuan@uady.mx

Título corto: Sexual size dimorphism in euglossines.

Resumen

Los euglosinos muestran un marcado comportamiento territorial de los machos. Hasta ahora no se ha evaluado la existencia de dimorfismo sexual del tamaño de los individuos de esta tribu, un rasgo esencial para entender su comportamiento reproductivo. Se tomó como modelo la especie *Euglossa viridissima* para evaluar diferencias en el tamaño corporal durante las temporadas de lluvias y secas. El tamaño corporal se relacionó con la fecundidad de los machos medida por la cantidad de espermatozoides almacenados en las vesículas seminales. No se encontró diferencia significativa en el tamaño corporal entre machos y hembras pertenecientes a la misma temporada, pero el tamaño dentro de ejemplares del mismo sexo presenta una marcada variación estacional, tampoco se encontró correlación entre el tamaño y fecundidad de los machos. Estos resultados no soportan la existencia de dimorfismo sexual isométrico en la especie *Eg. viridissima*. Se sugiere que el tamaño en los machos no es un factor determinante para su comportamiento pre-apareamiento y en su capacidad reproductiva; sin embargo, el tamaño podría estar asociado a otros factores como longevidad y apareamiento múltiple.

Keywords: orchid bee/sexual size dimorphism/morphometrics/seasonality/sperm

1-Introducción

Los machos euglosinos son territoriales (Kimsey, 1980; Eltz *et al.*, 2003) y por lo general el tamaño corporal se encuentra sujeto a selección sexual en abejas que presentan comportamiento territorial (Paxton, 2005). Sin embargo, para entender si el tamaño corporal puede resultar una ventaja para los machos de euglosinos es necesario determinar previamente si hay evidencia de diferencias de tamaño entre sexos (Boomsma *et al.*, 2005).

Las diferencias en el tamaño corporal también pueden asociarse a la capacidad reproductiva de los machos, en las tribus Apini (Schüls *et al.*, 2003; Koeniger *et al.*, 2005), Bombini (Garófalo *et al.*, 1986) y Meliponini (Quezada-Euán *et al.*, 2011; Pech-May *et al.*, 2012) existen estudios donde el tamaño corporal se ha relacionado con una alta fecundidad y con la posibilidad de mayor éxito reproductivo. En la tribu Euglossini no se ha evaluado si las diferencias en el tamaño corporal están asociadas a la fecundidad, por lo que es difícil entender los factores que pueden jugar un papel relevante en la selección sexual pre-apareamiento en estas abejas (Cameron, 2004; Boomsma *et al.*, 2005).

De igual manera es importante señalar el tamaño corporal puede variar a lo largo del año al ser afectado por las condiciones climáticas que conducen la disponibilidad de recursos (Torchio y Tepedino, 1980; Kim y Thorp, 2001), que a su vez puede afectar el comportamiento reproductivo (Skandalis *et al.*, 2009)

En el presente estudio se evaluó cuáles son las magnitudes de las diferencias inter-sexuales e intra-sexuales en *Eg. viridissima* (dimorfismo sexual de tamaño) durante las temporadas

de secas y lluvias, además se asoció el tamaño de los machos con la cantidad de espermatozoides para determinar si existe una relación directa entre tamaño y fecundidad.

2.- Materiales y métodos

2.1.- colecta de individuos

La investigación se llevó a cabo en un lapso de 11 meses (julio 2013 - junio 2014) en las instalaciones del Departamento de Apicultura dentro del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA) de la Universidad Autónoma de Yucatán. El sitio se localiza en la carretera Mérida Xmatkuil a 15.5 km al sur de la ciudad de Mérida Yucatán. Los ejemplares estudiados se obtuvieron en tres sitios en el área de influencia urbana de la ciudad de Mérida: Un área a las afueras de Conkal (21°04'49.84"N 89°29'57.10"W), Parque ecológico del oriente en el interior de la ciudad (20°58'07.75"N 89°35'0.47"W) y la zona aledaña al Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (20°52'02.77"N 89°37'29.26"W).

Para cuantificar la magnitud de la variación en tamaño que existe entre los machos y hembras de *Eg. viridissima* y el efecto de estación, se capturaron individuos en temporada de lluvias (agosto a noviembre) y en temporada de secas (enero a marzo).

Las hembras se capturaron mientras forrajaban en flores de *Thevitia peruviana*, *Tecoma stans* y en menor grado *Senna alata*, entonces la colecta se realizó de manera directa con la ayuda de una red entomológica. Se escogieron estas plantas dado que en muestreos previos se observó que *Eg. viridissima* tiene preferencia por estas especies en particular (observación personal).

Para el caso de los machos, se utilizaron cebos con 1,4- Dimetoxibenceno como fragancia atrayente (Eltz *et al.*, 2011). Después de capturados los individuos fueron mantenidos con vida hasta el momento realizar la disección y conteo espermático subsecuente.

Se confirmó que los ejemplares capturados pertenecieran a la especie *Eg. viridissima* usando identificación molecular (Paxton *et al.*, 2009) y características de la mandíbula (Eltz *et al.*, 2011).

2.2.- Dimorfismo sexual isométrico.

Para comparar diferencias de tamaño entre sexos y entre épocas se registraron las variables morfométricas: ancho de la cabeza, distancia intertegular, largo del ala, y largo del fémur de acuerdo a Cane (1987) y Bullock (1999). Para ello las estructuras se montaron en posición horizontal mediante el uso de portaobjetos a los que previamente se colocó una capa de plastilina la que ayudó a mantener las estructuras en su posición. Posteriormente, se tomaron fotografías de cada estructura de 1280 x 960 pixeles de tamaño con el programa Motic Images Multi-Focus Pro 1.0[®] usando un estereoscopio marca Motic[®] con cámara integrada. Para calcular el tamaño de las variables se utilizó el programa Motic images AdvanceD 3.2[®] para marcar las distancias entre puntos de cada variable y posteriormente obtener la medida en escalas milimétricas en las fotografías previamente tomadas. También se incluyó la variable del peso en algunos de los ejemplares capturados.

Todas las gráficas y análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa Statgraphics Centurion XV[®] Version 15.2.06 y Microsoft[®] Office Excel[®]2007. Una vez obtenidos los datos se transformaron a \log^{10} para normalizarlos. Los efectos de sexo y época se

analizaron a través de un ANOVA para cada una de las variables individuales estimadas. Posteriormente, se obtuvo una medida única de tipo multivariar del tamaño corporal de los individuos por medio de un análisis de componentes principales (PCA). Se calcularon los valores individuales de acuerdo a los coeficientes de cada uno de los 3 primeros componentes principales. Los valores obtenidos para cada individuo por cada componente, se compararon entre cada sexo y temporada por medio de un ANOVA simple para determinar si existen diferencias a nivel multivariar entre los mismos.

Los valores se graficaron sobre los componentes con mayor porcentaje de variación sobre un plano bidimensional para evaluar el grado de separación entre sexos (Wiley, 1981).

2.3.- Relación entre tamaño corporal y la cantidad de espermatozoides en machos

Se usaron machos capturados por medio de cebos (Ver sección 2.1) y machos recién emergidos obtenidos de nidos trampa (Cocom *et al.*, 2008), dichos ejemplares se clasificaron en recién emergidos (RM) a los cuales se les realizó el conteo espermático cuando estos tenían entre 1 y 4 horas de emergidos y a los machos a los que se les realizó el conteo espermático entre 24 y 28 horas de emergidos (24H). Para ello, se utilizaron las vesículas seminales (Pech-May *et al.*, 2012).

Para la disección, la cápsula escrotal fue retirada, posteriormente se colocó dicha capsula en una solución de 170 μ l de agua y un aditivo compuesto de la combinación de buffer y compuestos antibacterianos adicionado de sustancias con actividad antioxidante que facilita la funcionalidad de las células (Vitasem[®]) en una lámina de vidrio en forma circular cóncava-convexa conocida como vidrio de reloj, posteriormente la cápsula escrotal se abrió

para separar los testículos de la vesícula seminal. Los testículos junto con el tejido excedente se retiraron y se procedió a vaciar las vesículas seminales rompiéndolas con la ayuda de dos agujas de disección.

Para la homogenización se utilizó una micropipeta de 10 μ l, se “bombeó” la solución agua/vitasem[®] sobre las vesículas rotas durante 3 minutos mientras se rotaba el contenido de izquierda a derecha. Este tratamiento causa un efecto de giro centrífugo, que facilita el retiro del tejido excedente (las vesículas seminales vacías). Seguidamente, se agregó una solución que consistió en 30 μ l de agua destilada con azul de metileno (100mg en 100ml) cuya finalidad fue teñir los espermatozoides. De nuevo se utilizó la micropipeta del modo anteriormente descrito durante 2 minutos.

Para el conteo del número de espermatozoides, se tomó una gota de la solución anterior con una micropipeta de 5 μ l y se colocó en una cámara Neubauer la cual se observó a través del uso de un microscopio compuesto a 40x.

Solo se contaron aquellos espermatozoides que se encontraron en el interior de los 25 cuadros centrales (total o parcialmente) de la cámara de Neubauer. El conteo se repitió dos veces sobre gotas distintas en cuadrículas diferentes. El número aproximado al total de espermatozoides se obtuvo al dividir la suma total de espermatozoides contados en ambas secciones de la cámara Neubauer (2 cámaras) multiplicado por el volumen de la solución (200 μ l) y dividido entre el volumen de las cámaras Neubauer (0.2 ml. por las dos cámaras).

Se utilizó el componente principal 1 y los valores individuales de los conteos de espermatozoides transformados a \log^{10} para realizar un análisis de correlación de Pearson y con correcciones de Fisher se calcularon los límites de la pendiente de la correlación (Pech-May *et al.*, 2012).

3.-Resultados

Se capturaron un total de 165 ejemplares, de los cuales 103 fueron machos y 62 hembras. De los machos capturados 53 fueron capturados durante la temporada de secas y 50 durante la temporada de lluvias. De las 62 de hembras, 30 fueron capturadas en la temporada de secas y 32 en la temporada de lluvias.

3.1.- Diferencias en el tamaño corporal de machos y hembras

El ANOVA de los valores individuales para machos y hembras no mostró diferencias significativas entre sexos dentro de cada estación (Cuadro 1). Esto se puede corroborar con la distribución de los valores del componente principal 1 y la similitud de las curvas de distribución de ambos sexos (Figura 1 y 2). Sin embargo en el ANOVA del componente 1, se encontraron diferencias significativas entre épocas dentro de un mismo sexo mientras los componentes restantes fueron estadísticamente iguales (Cuadro 2).

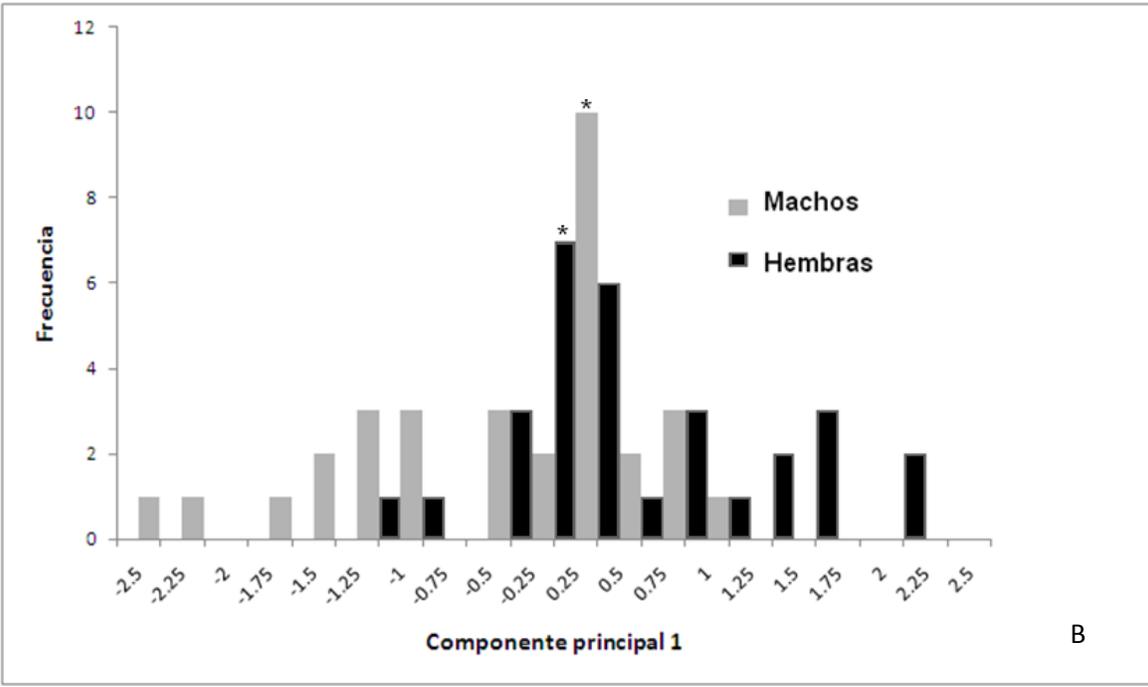
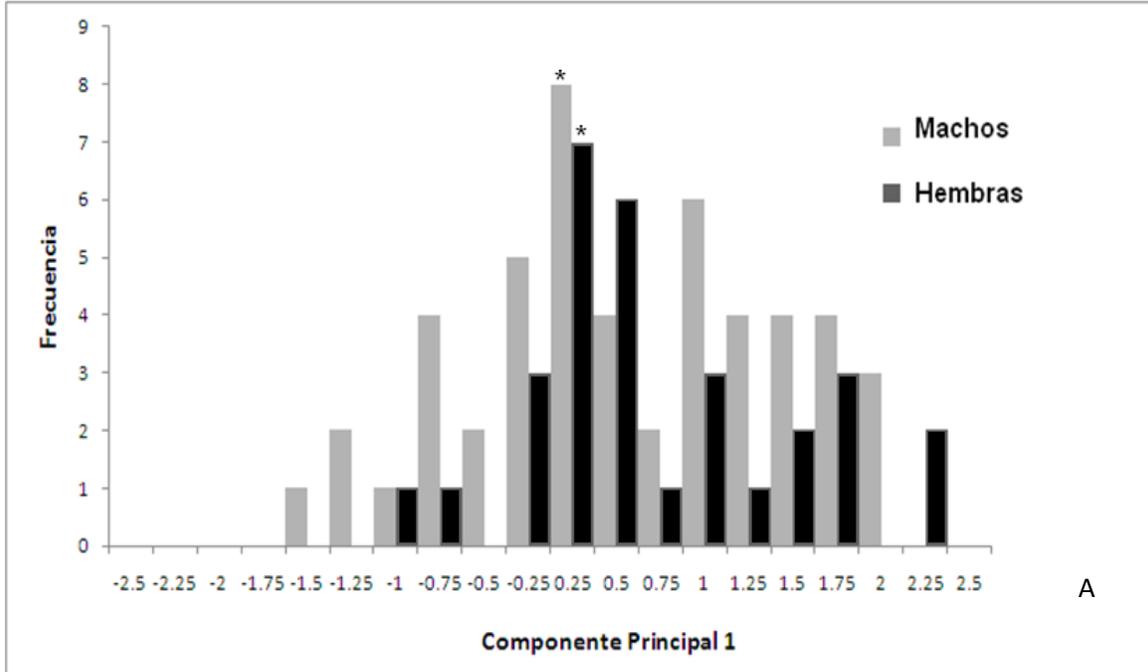


Figura 1.- **A)** Distribución de frecuencias de los valores obtenidos para machos y hembras respecto al componente principal de la temporada de lluvias. El asterisco señala las medias para cada sexo. **B)** Distribución de frecuencias de los valores obtenidos para machos y hembras respecto al componente principal de la temporada de secas. El asterisco señala las medias para cada sexo.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de la comparación de los caracteres morfométricos individuales medidos en machos y hembras de las temporadas de lluvias y secas. No se encontraron diferencias significativas entre ninguno de los valores de las variables obtenidos durante la temporada de lluvias. Para los valores obtenidos durante la temporada de secas se encontró sólo se encontró diferencia significativa en la variable de largo de ala (LA) en la cual los machos tuvieron un valor medio significativamente superior al valor de las hembras.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de la comparación de los caracteres morfométricos individuales medidos entre machos y hembras en cada temporada, se encontraron diferencias significativas en los machos capturados en temporada de secas y lluvias en las variables de ancho de cabeza (AC), distancia intertegular (DI), largo ala (LA) y peso. Los machos de la temporada de lluvias tuvieron valores medios significativamente superiores a los valores de los machos de secas ($P < 0.01$). Los resultados de la comparación de los caracteres morfométricos medidos entre hembras capturadas en temporadas de secas y lluvias, se encontraron una diferencias significativas en las variables de ancho de cabeza (AC), distancia intertegular (DI), largo de ala (LA) y largo de fémur (LF) en las cuales las hembras de la temporada de lluvias tuvieron valores medios significativamente superiores a los valores de las hembras de secas ($P < 0.01$).

Para realizar el análisis de componentes principales (PCA) se consideró la regla de Kaiser la cual indica la proporción de la varianza que tienen en común las variables analizadas, nuestro índice fue de 0.808 y puesto a que es un número cercano a 1.0 indica que los resultados del modelo factorial son adecuados (Kaiser,1974). Los primeros tres

componentes principales explicaron el 95.4% de la varianza en los datos (Cuadro 3). Se asumió que el componente principal 1 es un buen indicador del tamaño general de los ejemplares debido a los valores positivos y con peso similar de cada una de las variables utilizadas con el mismo (Cuadro 4). Por tanto, se asume que el componente 2 es un reflejo de forma y no de tamaño (Wiley, 1981).

Para el componente 1 se observa que el peso de las cuatro variables es similar y del mismo signo. La variable de mayor peso fue el ancho de cabeza, seguida del largo de ala, largo de fémur y distancia intertegular. Para el componente 2 que se relaciona con la forma, el mayor efecto negativo fue para el largo de ala seguido de la distancia intertegular el cual fue positivo, se observa un efecto positivo en largo de fémur y negativo en ancho de cabeza debido a una probable relación alométrica en estas variables. Para el componente tres, el mayor efecto fue para largo de fémur el cual fue positivo y la variables largo de ala, ancho de cabeza y distancia intertegular presentaron valores negativos (Cuadro 4).

Cuadro 1.- Comparación de los componentes principales y las medias de las cuatro variables morfométricas medidas entre machos y hembras dentro de las mismas temporadas de lluvias y secas.

Variables	Temporada de lluvias				Temporada de secas			
	Machos n=50	Hembras n=30	F	P	Machos n=53	Hembras n=32	F	P
AC	4.940±0.163a	4.937±0.166a	0.01	0.942	4.817±0.148a	4.787±0.138a	0.83	0.364
DI	3.593±0.145a	3.669±0.112a	6.35	0.014	3.505±0.139a	3.536±0.137a	1.00	0.319
LA	9.236±0.370a	9.077±0.301a	3.84	0.054	9.004±0.293a	8.682±0.320b	26.36	0.001
LF	2.669±0.107a	2.723±0.086a	5.50	0.022	2.636±0.096a	2.640±0.099a	0.18	0.677
PESO (g.) <small>sin peso para hem. de lluv.</small>	-	-	-	-	0.102±0.011a	0.098±0.012a	3.04	0.085
componente 1	0.360±0.967a	0.521±0.829a	0.58	0.449	-0.315±0.9113a	-0.530±0.920a	1.10	0.297
componente 2	-0.527±0.926a	0.628±0.801b	32.21	0.001	-0.370±0.796a	0.844±0.690b	50.98	0.001
componente 3	-0.355±1.187a	0.115±0.863a	3.56	0.063	0.0580±0.834a	0.351±0.920a	2.28	0.135

ANOVA P<0.01, g.l.3, lluvias n=80, secas n=85. Las letras diferentes en un mismo renglón representan diferencias estadísticamente significativas. Números en negritas reflejan las variables de mayor tamaño. AC: ancho de cabeza, DI: distancia intertegular, LA: largo de ala, LF: largo de fémur.

Cuadro 2.- Comparación de los componentes principales y las medias de las cuatro variables morfométricas medidas entre machos y hembras de *Eg. viridissima* entre las temporadas de lluvias y secas.

Variables	Machos				Hembras			
	Lluvias n=50	Secas n=53	F	P	Lluvias n=30	Secas n=32	F	P
AC	4.940 ±0.163a	4.817±0.148b	15.98	0.001	4.937 ±0.086a	4.787±0.138b	14.90	0.001
DI	3.591 ±0.145a	3.505±0.139b	9.85	0.002	3.670 ±0.112a	3.536±0.137b	17.41	0.001
LA	9.237 ±0.370a	9.004±0.293b	12.23	0.001	9.077 ±0.301a	8.682±0.259b	30.21	0.001
LF	2.669±0.107a	2.636±0.096a	2.65	0.107	2.723 ±0.086a	2.646±0.104b	10.02	0.002
PESO (g.) <small>lluvias n=43- secas n=53</small>	0.112 ±0.015a	0.102±0.011b	12.01	0.001	-	-	-	-
componente 1	0.360 ± 0.967	-0.315±0.912	13.31	0.001	0.521 ± 0.829	-0.530±0.919	22.26	0.001
componente 2	-0.528±0.926	-0.368±0.796	0.89	0.349	0.628±0.801	0.844±0.689	1.29	0.260
componente 3	-0.355±1.188	0.0580±0.834	4.21	0.043	0.115±0.864	0.351±0.920	1.08	0.303

ANOVA P<0.01, g.l.3, machos n=103, hembras n=62. Las letras diferentes en un mismo renglón representan diferencias estadísticamente significativas. Números en negritas reflejan las variables de mayor tamaño. AC: ancho de cabeza, DI: distancia intertegular, LA: largo de ala, LF: largo de fémur.

Cuadro 3.- Valores propios y porcentaje de la varianza explicada por los primeros 3 componentes principales obtenidos de cuatro variables morfométricas medidas en machos y hembras de *Eg. viridissima*.

	Valor propio	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulado
componente 1	3.004	0.751	0.751
componente 2	0.413	0.103	0.854
componente 3	0.400	0.100	0.954

Cuadro 4.- Peso relativo de las variables usadas en el análisis de componentes principales con cada uno de los componentes considerados para análisis posterior.

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
LA	0.862	-0.446	-0.129
LF	0.834	0.110	0.538
AC	0.926	-0.085	-0.106
DI	0.841	0.441	-0.286

AC: ancho de cabeza, DI: distancia intertegular, LA: largo de ala, LF: largo de fémur.

Las distribución de frecuencias de los valores del componente principal 1 obtenidos para machos y hembras de las temporadas de secas y lluvias muestra que existe una variación en el tamaño dentro ambos sexos, donde podemos encontrar ejemplares de tamaños muy pequeños (valor de -2.5) a muy grandes en el otro extremo de la distribución (valor de 2.25). En ambas temporadas las distribuciones de machos y hembras fueron similares. Para la temporada de lluvias, se reporta en machos un sesgo estandarizado de -0.519 y una curtosis estandarizada de -1.409. Para las hembras de temporada de lluvias se reporta un sesgo estandarizado de -0.617, y una curtosis estandarizada de 0.361 (Figura 1A). Para los machos de la temporada de secas el sesgo estandarizado fue de 0.192 y una curtosis estandarizada de -0.416. Para las hembras de la temporada de secas el sesgo estandarizado fue de -1.803 y una curtosis estandarizada de 0.198 (Figura 1B).

En los diagramas de dispersión de los componentes principales podemos observar de manera gráfica lo que se expresó en las tablas anteriores: en los valores de los componentes principales de los machos y las hembras de la temporada de lluvias se aprecia una clara separación en el eje que representa al componente principal 2 (Y) mientras que en el eje del componente principal 1 (X) no se encuentran separados (Figura 2A). De igual modo podemos observar la misma situación en el diagrama de dispersión de los componentes principales para los individuos capturados durante la época de secas (Figura 2B).

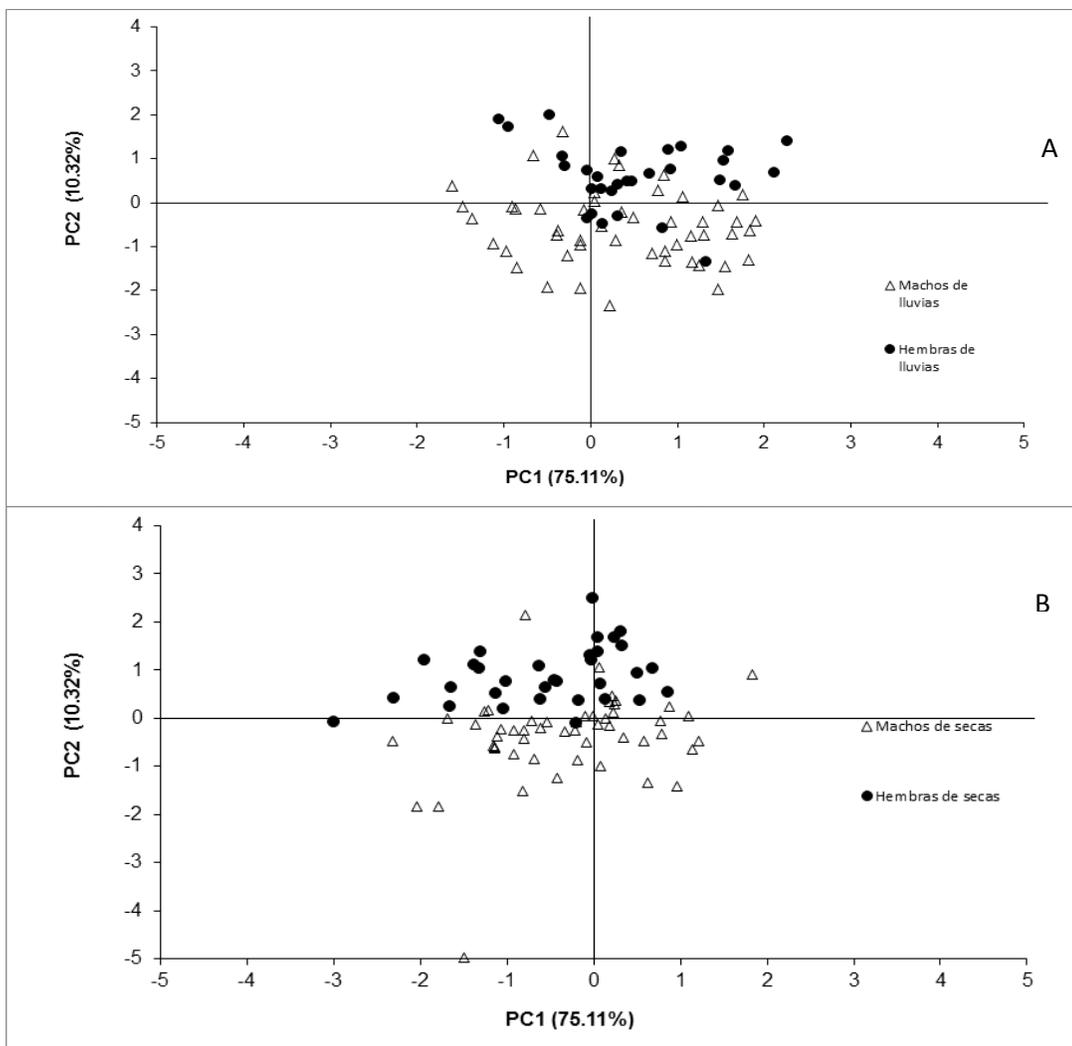


Figura 2.-Distribución espacial de los valores de machos y hembras de *Eg. viridissima* colectados en temporada de lluvias (A) y secas (B) sobre los componentes principales 1 (pc1 75.11%) y 2 (pc2 10.32%) entre paréntesis se señala el porcentaje de varianza explicado por cada componente.

También se realizó una correlación de Pearson entre el componente principal 1 con el peso de los ejemplares capturados de en la temporada de secas, se encontró una correlación positiva significativa entre el componente 1 y el peso: $n= 85$, $R= 0.529$, $P= 0.001$.

3.2.- Relación entre tamaño corporal y la cantidad de espermatozoides en machos

3.2.1.- Machos capturados al azar

Se tomó el componente principal 1 que representa el 75.11 % de la varianza de las variables para los machos y se asume es un reflejo del tamaño general del insecto y se realizó una correlación con el número estimado de espermatozoides convertido a \log^{10} . El promedio del número de espermatozoides para los machos capturados en la temporada lluvias fue de $19,560 \pm 10,457.2$ con un número máximo de 44,000 y un mínimo de 2,000.

No existió correlación entre los valores individuales de cada macho para el componente principal 1 con el número de espermatozoides que se obtuvo en cada uno de ellos, $N= 50$, $R= -0.066$, $P= 0.648$. (Figura 4A). Para los ejemplares capturados en la temporada de secas el promedio de espermatozoides estimado fue de $20,150.9 \pm 13,363.8$ con un número máximo de 44,000 y mínimo de 2,000. De nuevo, no se encontró correlación entre los valores de los machos para componente 1 y el número de espermatozoides estimado. $N= 53$, $R= 0.052$, $P= 0.414$ (Figura 4B). También se demostró que no existe diferencia estadística entre la cantidad de espermatozoides encontrados entre los machos de las temporadas de lluvias y secas ($P<0.01$, $F=0.02$ $P=0. 0.888$).

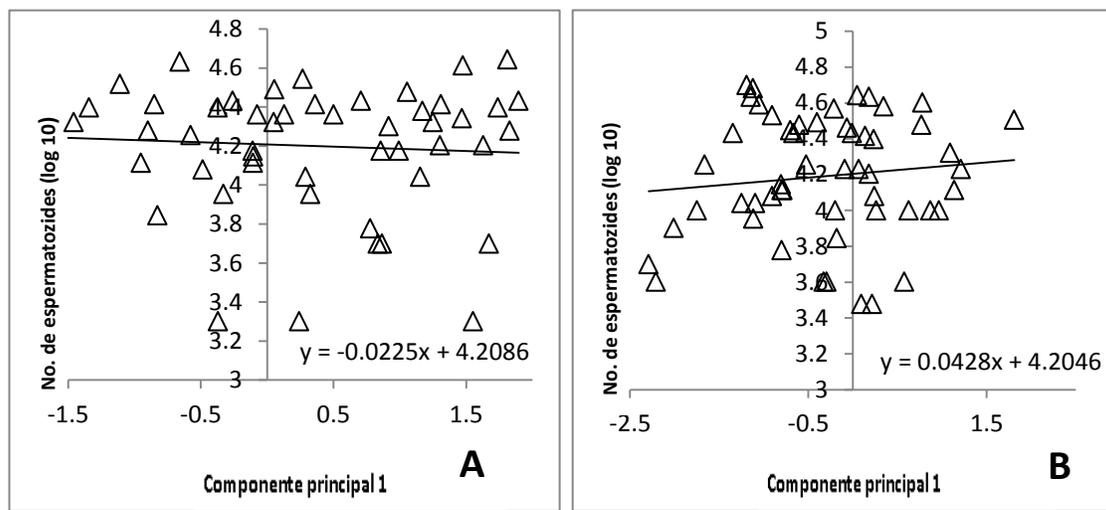


Figura 3.- Correlación incluyendo ecuación entre el componente principal 1 (C.P. 1) y conteo de espermatozoides (\log^{10}) de machos *Eg. viridissima* en temporada de secas (A) y lluvias (B).

3.2.2.- Machos de edad conocida

Se obtuvieron 12 machos de nidos trampa, y dichos ejemplares se clasificaron dependiendo del tiempo que tenían desde que emergieron hasta que se les realizó el conteo espermático, se obtuvieron 5 machos recién emergidos y 7 de 24 horas; en cada uno de ellos se midieron las variables morfométricas de la misma forma como se explica en el apartado 2.3 y se aplicó un análisis de componentes principales. Los primeros tres componentes principales explicaron el 99.19% de la varianza en los datos.

El promedio del número de espermatozoides para los individuos recién emergidos fue 6,000 espermatozoides con un máximo de 7,000 y un mínimo de 4,000; para los individuos con 24 horas de emergidos obtuvimos un promedio de 19,000 con un máximo de 46,000 y un mínimo de 2,000. Se encontró correlación significativa entre el tamaño y la cantidad de espermatozoides convertidos a \log^{10} en los machos recién emergidos ($n= 5$, $R= 0.911$, $P= 0.032$) En los machos de 24 horas de emergidos tampoco se encontró una correlación significativa entre ambas variables ($n= 7$, $R= 0.605$, $P= 0.150$).

Se demostró que no existe diferencia significativa entre la cantidad de espermatozoides convertidos a \log^{10} encontrados entre los machos obtenidos recién emergidos con los de 24 horas de emergidos. ($P < 0.01$, $F = 3$, Valor $P = 0.114$). No se encontró correlación combinando los datos de los machos recién emergidos y los machos de 24 horas de emergidos ($n=12$ $R=0.210$, $P= 0.513$). De igual modo no existió correlación entre peso y cantidad de espermatozoides ($n=12$ $R= -0.266$, $P= 0.404$) y no se encontró diferencia estadística entre el peso de los machos recién emergidos y los de 24 horas (ANOVA $P < 0.01$, $F = 3.62$, $P= 0.0862$)

4.- Discusión

4.1.- Dimorfismo sexual isométrico

Los datos obtenidos muestran que no existen diferencias significativas entre el tamaño de machos y hembras pertenecientes a la misma temporada. En cuanto al peso, no se encontraron diferencias significativas entre el peso de los machos recién emergidos y los machos de 24 horas (temporada de secas) pero encontramos que existe correlación con el tamaño de ambos sexos. En otros trabajos con euglosinos se ha correlacionado el peso seco con el medidas morfométricas obtenido resultados similares (Stern, 1991), lo cual señala que las medidas morfométricas son un buen indicador del tamaño general de los ejemplares.

No se encontró dimorfismo sexual de tamaño en *Eg. viridissima* como el observado en otras abejas tropicales (Severinghaus *et al.*, 1981). Aunque no se tienen datos disponibles para cualquier otra especie de euglosinos en este sentido anticipamos que un dimorfismo sexual de tamaño sería poco evidente para todo el clado dado el particular comportamiento de

cortejo y pre-apareamiento (Kimsey, 1980). Los machos euglosinos son territoriales, presumiblemente utilizan las fragancias para atraer a las hembras hacia los puntos donde realizan los desplantes; en ese sentido los machos euglosinos siguen estrategias diferentes a los machos de Apini y Meliponini dado que no persiguen a la hembra o compiten con sus congéneres en áreas de congregación como ocurre en estos últimos (Kimsey, 1980).

Se encontraron diferencias en el tamaño corporal de los ejemplares capturados entre ambas temporadas, los individuos de mayor tamaño fueron colectados durante la temporada de lluvias. Trabajos previos que han comparado el tamaño corporal de euglosinos entre estaciones encontraron que los ejemplares capturados durante las temporadas de lluvias también fueron de mayor tamaño a causa de la fluctuación de recursos (Peruquetti, 2003; Silva et al., 2009).

En *Eg. viridissima* esto podría deberse a que en la Península de Yucatán la temporada de lluvias coincide con la floración masiva de plantas de la familia Fabaceae (Flores, 1990) además se sabe que aprovechan el polen de éstas para su aprovisionamiento larval (Villanueva et al., 2013) y es durante esta temporada que se producen más machos mientras que en la temporada de secas la tasa esta sesgada hacia las hembras (May-itzá et al., 2014); dicha producción de machos implicaría una mayor competencia intrasexual por conseguir pareja. Bajo este contexto sería conveniente producir machos de mayor tamaño para incrementar las posibilidades de éxito reproductivo (Paxton, 2005). Sin embargo en este estudio demostramos que en *Eg. viridissima* ambos sexos son de igual tamaño, esto podría deberse a que la divergencia evolutiva de tamaño corporal masculino causada por la selección sexual puede simplemente ser igualada o superada por la fuerte diversificación de selección del tamaño de la hembra (Del Castillo y Fairbairn, 2012). A pesar de que en la

población como total no encontramos diferencias entre el tamaño corporal entre sexos datos recientes indican que al nivel de nido los machos resultan más grandes que las hembras con una significancia de 99%, además su desarrollo ontogénico es más largo (Montejo, 2014, May-itzá *et al.*, 2014).

Recientemente se demostró que la capacidad de colecta de fragancias es mayor en machos que viven más tiempo (Eltz *et al.*, datos no publicados), por lo que las hembras podrían ganar genéticamente al invertir más en machos criados en temporada de lluvias para asegurar que estos sean de mayor tamaño por tanto longevos. Otra posibilidad asociada a la longevidad son los apareamientos múltiples de los machos, para los Euglosinos se desconoce si ocurren; es importante señalar que para el género *Bombus* el apareamiento múltiple de los machos es común y pueden copular hasta 9 veces y el 40% logra copular más de una vez (Duchateau, y Marien, 1995; Baer, 2003). La probabilidad de que un macho obtenga más de un apareamiento está en función de la proporción de sexos operativa, en la mayoría de los sistemas de apareamiento esta relación depende del dimorfismo sexual, debido a que el mismo equilibrio en la proporción de sexos en términos de inversión puede traducirse en diferentes proporciones numéricas de sexos dependiendo del dimorfismo (Boomsma, 2005).

Bajo esta premisa, puesto que encontramos que no existen diferencias en el tamaño corporal de machos y hembras aunado a que las hembras son *monoándricas* (Zimmermann *et al.*, 2009), la probabilidad de que un macho tenga acceso a más de una hembra disminuye, por lo que el apareamiento múltiple en machos de *Eg. viridissima* es improbable. No obstante sabemos que la tasa de producción de sexos es variable y además los machos son de mayor tamaño que las hembras a nivel de nido (Montejo, 2014). El

apareamiento múltiple es factible solo si algunos machos de la temporada de lluvias lograran sobrevivir hasta la temporada de secas. También se encontraron diferencias en el tamaño de machos y hembras dentro de la misma temporada, por lo que existe una amplia variación intra-sexual en el tamaño corporal. Montejo en 2014, sugiere que esta variación en el tamaño también podría asociarse a la longevidad de las hembras para producir una mayor cantidad de descendientes de mayor tamaño corporal y en varias generaciones.

En el caso de los machos, esta variación probablemente es un reflejo de la competencia intra-sexual (Paxton, 2005). Aunque el tamaño corporal no necesariamente afecta el comportamiento territorial (Strohm y Lechner, 2000), podría darse la situación en la que los machos de mayor tamaño sean territoriales en tanto que los pequeños tengan alguna estrategia alternativa como ocurre en otras especies (Alcock, 1994; Alcock, 1997; Paxton, 2005). Aunque de existir un comportamiento pre-apareamiento alternativo en *Eg. viridissima* es probable que el tamaño corporal no esté involucrado y se relacione más a la edad del individuo tal como ocurre en *El. meriana* (Stern, 1991).

La variación de tamaño dentro de las temporadas incluso podría indicar que algunos individuos producidos durante la temporada de lluvias hayan alcanzado a vivir la temporada de secas. El tiempo de vida de un euglosino adulto varía dependiendo de la especie: *Eg. viridissima* puede vivir hasta 90 días (Skov y Wiley, 2005) y otras especies de euglosinos como *Eg. nigropilosa* un máximo de 45 días (Otero *et al.*, 2008) mientras que *Eg. cordata* vive hasta 191 días (Roubik y Ackerman, 1987); sin embargo dichas edades se han tomado de las hembras y nunca se realizó algún estudio en el que se correlacione tamaño con longevidad.

4.2.- Relación entre tamaño corporal y la cantidad de espermatozoides en machos

Encontramos que en ambas épocas los machos de *Eg. viridissima* tienen un estimado de 19,864 espermatozoides en promedio en las vesículas seminales, en tanto que para otros euglosinos se reporta en promedio: 8000 para *Eg. towsendii* y 28,928 para *El. nigrita* (Garófalo, 1980). Tomando en cuenta que la especie *El. nigrita* es mayor en tamaño que *Eg. viridissima* y a su vez ésta es mayor en tamaño que *Eg. towsendii* (Roubik y Hanson, 2004) pareciera señalar que si existe una asociación entre tamaño corporal y cantidad de espermatozoides de forma inter-específica. Cabe señalar que se usaron pocos ejemplares para obtener dichos estimados: 2 machos para *Eg. towsendii* y 7 para *El. nigrita* (Garófalo, 1980).

Sin embargo dentro de la especie del actual estudio no se encontró una correlación entre el tamaño y la cantidad de espermatozoides realizados entre temporadas y tampoco se encontró una diferencia significativa entre los conteos espermáticos. En los ejemplares recién emergidos se encontró una correlación con una significancia del 95% entre el tamaño y número de espermatozoides la cual no se encontró en ejemplares de 24 horas. Dicha falta de correlación entre tamaño y capacidad reproductiva difieren con los resultados en especies de las otras tres tribus de abejas corbiculadas (Garofalo *et al.*, 1986; Schüls *et al.*, 2003; Koeniger *et al.*, 2005; Pech-May *et al.*, 2011).

Es importante indicar que existen casos en el que volumen de la vesícula seminal no siempre es tan importante en relación de la cantidad de esperma que se logra transferir. Tal es el caso del himenóptero parasitoide *Spalangia cameroni*, en esta especie el tamaño del macho afecta el volumen de la vesícula pero la capacidad de inseminación es similar en los

machos pequeños y en los machos grandes (King y King, 1994). También se tienen a la hormiga *Atta colombica* en la que no existe una correlación entre el tamaño de los machos y número de espermatozoides, se sugiere que esto ocurre porque el número de espermatozoides por sí mismo no es un buen indicador de aptitud, pero en cambio la cantidad y la potencia de la secreción de las glándulas accesorias son las que determina el éxito reproductivo masculino (Stürup *et al.*, 2011).

En cuanto al tiempo de maduración, en los machos de otras abejas corbiculadas es variable de dos semanas para los zánganos de *Apis mellifera* (Schlüns *et al.*, 2003) de 18 días para *Melipona beecheii* (Moo-valle *et al.*, 2004) y de 2 a 4 días después de emerger para algunas especies de *Bombus* (Bourke, 1997).

La situación de *Eg. viridissima* parece ser similar a lo que ocurre en las abejas solitarias donde la maduración se alcanzan de forma muy rápida como los casos de *Thygater analis* y *Melitoma segmentaria* (Araújo *et al.*, 2010). Otra posibilidad es que la producción de espermatozoides sea constante a lo largo su la vida, aunque no hay reportes de esto en ninguna especie de abeja, existen reportes en himenópteros sociales como las hormigas del género *Cardiocondyla*; en donde los machos ya tiene espermatozoides maduros al momento de emerger y siguen produciéndolos toda su vida (Heinze y Hölldobler, 1993; Heinze *et al.*, 1998). También tenemos el reporte de las avispas del genero *Trypoxylon* (Moreira *et al.*, 2008); ambos géneros se caracterizan por tener machos con una vida muy larga (Heinze y Hölldobler, 1993; Buschini, 2007). Pero dado que no hay información al respecto en ninguna especie de abeja es necesario ser cautelosos y ampliar la información en este aspecto en *Eg. viridissima*.

A simple vista, la atrofia de los testículos pareciera no ser tan evidente como ocurre entre los zánganos recién emergidos y maduros en *A. mellifera* (Dade, 1994). Por lo anterior y aunado al limitado número de ejemplares no es posible aseverar que la maduración ocurre dentro o poco después de 24 horas y no podemos asegurar que todos los machos capturados al azar hayan alcanzado la madurez sexual, ya que de existir apareamiento múltiple por parte de los machos la cantidad de espermatozoides de los que han logrado aparearse sería menor de los que no lo han logrado.

5.- Conclusiones

- No se encontró evidencia de dimorfismo sexual isométrico en *Eg. viridissima*.
- Se encontró que el tamaño corporal de los ejemplares de ambos sexos capturados es diferente entre las temporadas de lluvias y secas.
- No se encontró una correlación entre el tamaño de los machos de *Eg. viridissima* y la cantidad de espermatozoides presentes en la vesícula seminal.
- Se concluye que el tamaño corporal no parece ser un factor importante en la competencia reproductiva de los machos de Euglossini.

5.- Referencias

- Alcock J. (1997) Competition from large males and the alternative mating tactics of small males of Dawson's burrowing bee (*Amegilla dawsoni*) (Apidae, Apinae, Anthophorini). *J. Insect. Behav.* **10**, 99–113.
- Alcock, J. (1994) Body size and its effect on male-male competition in *Hylaeus alcyoneus* (Hymenoptera: Colletidae). *J. Insect. Behav.* **8**, 149-159.
- Araújo V. A., Freitas F. V., Moreira J., Neves C. A., Lino-Neto J. (2010) Morphology of male reproductive system of two solitary bee species (Hymenoptera: Apidae). *Systematics. Neotrop. entomol.* **39**, 595-600.
- Baer, B. (2003) Bumblebees as model organisms to study male sexual selection in social insects. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **54**, 521-533.
- Baer, B., Dijkstra, M. B., Mueller, U. G., Nash, D. R., & Boomsma, J. J. (2009) Sperm length evolution in the fungus-growing ants. *Behav. Ecol.* **20**, 38-45.
- Boomsma J. J., Baer B., Heinze J. (2005) The evolution of male traits in social insects. *Annu. Rev. Entomol.* **50**, 395–420.
- Bourke, A. F. (1997) Sex ratios in bumble bees. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **352**, 1921-1933.
- Buschini, M. L. T. (2007) Life-history and sex allocation in *Trypoxylon* (syn. *Trypargilum*) *lactitarse* (Hymenoptera; Crabronidae). *J. Zoolog. Syst. Evol. Res.* **45**, 206-213.

- Bullock S. (1999) Relationships among body size, wing size and mass in bees from a tropical dry forest in Mexico. *J. Kans. Entomol. Soc.* **72**, 426-439.
- Cameron S. A. (2004) Phylogeny and biology of neotropical orchid bees (Euglossini). *Annu. Rev. Biol.* **49**, 377-404.
- Cane J. (1987) Estimation of bee size using intertegular span (Apoidea). *J. Kans. Entomol. Soc.* **60**, 145-147.
- Cocom-Pech M. E., W De J. May-Itza, L. A. Medina-Medina, J.J.G. Quezada-Euán. (2008) Sociality In *Euglossa (Euglossa) viridissima* Friese (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Insectes. Soc.* **55**, 428-433.
- Dade H. A. Dade, H. A. (1994) Anatomy and dissection of the honeybee. IBRA.
- Del Castillo, R. C., & Fairbairn, D. J. (2012) Macroevolutionary patterns of bumblebee body size: detecting the interplay between natural and sexual selection. *Ecol. Evol.* **2**, 46-57.
- Duchateau, M. J. Marien, J. (1995) Sexual biology of haploid and diploid males in the bumble bee *Bombus terrestris*. *Insectes Soc.* **42**, 255-266.
- Eltz T. Roubik D. W. Whitten M. W. (2003) Fragrances, male display and mating behaviour of *Euglossa hemichlora*: a flight cage experiment. *Physiol. Entomol.* **28**, 251–260.
- Eltz T., Fritzsche F., Ramírez-Pech J., Zimmermann Y., Ramírez S., Quezada-Euán J. J. G., Bembé B. (2011) Characterization of the orchid bee *Euglossa viridissima* (Apidae:

- Euglossini) and a novel cryptic sibling species, by morphological, chemical, and genetic characters. *Zool. J. Linn. Soc.* **163**, 1064–1076.
- Eltz T., Lunau K. (2005) Antenal response to fragrance compounds in male orchid bees. *Chemoecology*. **15**, 135-138.
- Eltz T., Roubik W. D., Lunau K. (2005) Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **59**, 149-159.
- Eltz T., Witthen M. W., Roubik W. D., Linsenmair K. E. (1999) Fragrances collection storage and accumulation by individual male orchid bees. *J. Chem. Ecol.* **25**, 157-175.
- Eltz T., Zimmermann Y., Haftmann J., Twele R., Francke W., Quezada-Euán J.J.G., Lunau L. (2007) Enfleurage, lipid recycling and the origin of the perfume collection in orchid bees. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **274**, 2843-2848.
- Eltz, T., Fritsch, F., Pech, J. R., Zimmermann, Y., Ramírez, S. R., Quezada-Euan, J. J. G., & Bembe, B. (2011). Characterization of the orchid bee *Euglossa viridissima* (Apidae: Euglossini) and a novel cryptic sibling species, by morphological, chemical, and genetic characters. *Zool. J. Linnean. Soc.* **163(4)**, 1064-1076.

- Flores J.S. (1990) The flowering periods of Leguminosae in the Yucatan Peninsula in relation to honey flows. *J. Apic. Res.* **29**, 82–88.
- Garófalo C.A., Zucchi R., Muccillo G. (1986) Reproductive studies of a neotropical bumblebee, *Bombus atratus* (Hymenoptera, Apidae). *Braz. J. Genet.* **9**, 231–43.
- Garófalo, C. A. (1980) Reproductive aspects and evolution of social behavior in bees (Hymenoptera, Apoidea). *Brazil. J. Genet.* **3**, 139-152.
- Heinze, J., & Hölldobler, B. (1993) Fighting for a harem of queens: physiology of reproduction in *Cardiocondyla* male ants. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.* **90**, 8412-8414.
- Heinze, J., Hölldobler, B., Yamauchi, K. (1998) Male competition in *Cardiocondyla* ants. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **42**, 239-246.
- Kaiser, H. F. (1974) An index of factorial simplicity. *Psychometrika.* **39**, 31-36.
- King, B. H., King, R. B. (1994) Sex ratio manipulation in response to host size in the parasitoid wasp *Spalangia cameroni*: is it adaptive?. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **5**, 448-454.
- Kim J. Thorp R. W. (2001) Maternal investment and size-number trade-off in a bee, *Megachile apicalis*, in seasonal environments. *Oecologia.* **126**, 451–456.
- Kimsey L. S. (1980) The behavior of male orchid bees (Apidae, Hymenoptera, Insecta) and the question of Leks. *Anim. Behav.* **28**, 996-1004.

- Koeniger G., Koeniger N., Tingek S., Phiancharoen M. (2005) Variance in spermatozoa number among *Apis dorsata* drones and among *Apis mellifera* drones. *Apidologie*. **36**, 279–284.
- Kukuk P.F. (1996) Male dimorphism in *Lasioglossum (chialictus) hemichalceum*: the role of larval nutrition. *J. Kans. Entomol. Soc.* **69**, 147-157.
- May-Itzá, W. D. J., Medina, L. M., Medina, S., Paxton, R. J., Quezada-Euán, J. J. G. (2014) Seasonal nest characteristics of a facultatively social orchid bee, *Euglossa viridissima*, in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Insectes Soc.* **61**, 183-190.
- Michener C. D. (2007) The bees of the world. Segunda edición. The Johns Hopkins University Press. U. S. A., Baltimore, Maryland.
- Montejo O. E. (2014) Relación de la condición corporal de las madres fundadoras de *Euglossa viridissima* (Apidae: Euglossini) con el tamaño y número de sus descendientes. Tesis de licenciatura no publicada. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Moreira, P. A., Araújo, V. A., Zama, U., & Lino-Neto, J. (2008). Morphology of male reproductive system in three species of *Trypoxylon* (Trypargilum) Richards (Hymenoptera: Crabronidae). *Neotrop. Entomol.* **37**, 429-435.
- Moo-Valle H., Quezada-Euán J.J.G., Canto-Martín J. and Gonzalez-Acereto J. (2004) Caste ontogeny and the distribution of reproductive cells on the combs of *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini). *Apidologie*. **35**, 587-594.

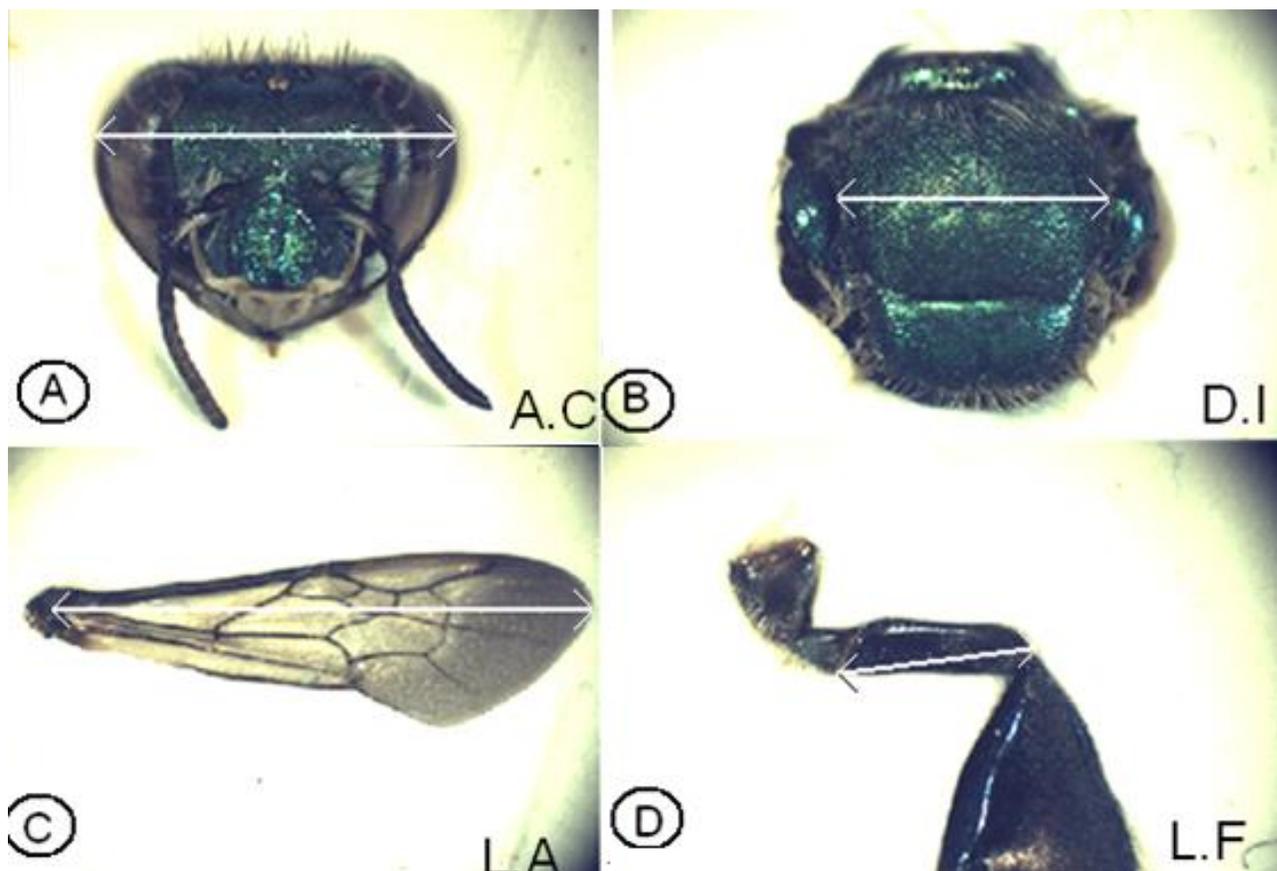
- Otero, J. T., Ulloa-Chacón, P., Silverstone-Sopkin, P., Giray, T. (2008) Group nesting and individual variation in behavior and physiology in the orchid bee *Euglossa nigropilosa* Moure (Hymenoptera, Apidae). *Insectes Soc.* **55**, 320-328.
- Paxton R. J. (2005) Male mating behaviour and mating systems of bees: an overview. *Apidologie.* **36**, 145–156.
- Paxton, R. J., Zobel, M. U., Steiner, J., Zillikens, A. (2009). Microsatellite loci for *Euglossa annectans* (Hymenoptera: Apidae) and their variability in other orchid bees. *Mol. Ecol. Resour.*, **9(4)**, 1221-1223
- Pech-May F. G. Medina-Medina L. May-Itzá W De J. Paxton R. J. Quezada-Euán J. J. G. (2012) Colony pollen reserves affect the body size, sperm production and sexual development in males of stingless bee *Melipona beecheii*. *Insectes Soc.* **59**, 417–424.
- Peruquetti R. C. (2003) Variação do tamanho corporal de machos de machos de *Eulaema nigríta* Lepelletier (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) resposta materna á flutuação de recursos?. *Rev. Bras. Zool.* **20**, 207- 211.
- Rocha F., Quezada-Euán J.J.G., Moo-Valle H., Castillo G. (2011) Preliminary observations on size in females of *Euglossa viridissima* and their offspring (Hymenoptera: Euglossini). *Memorias del VII seminario Mesoamericano sobre abejas nativas.* 127-130.
- Roubik D. W., Hanson P. E. (2004) Abejas de orquideas de América tropical: biología y guía de campo. Editorial INbio. Costa Rica.

- Roubik, D. W., & Ackerman, J. D. (1987) Long-term ecology of euglossine orchid-bees (Apidae: Euglossini) in Panama. *Oecologia*. **73**, 321-333.
- Schüls H., Schüls E., Van Praagh J., Moritz R. F. A. (2003) Sperm number in drone honeybees (*Apis mellifera*) depends on body size. *Apidologie*. **34**, 577-584.
- Severinghaus, L. L., Kurtak, B. H., Eickwort, G. C. (1981) The reproductive behavior of *Anthidium manicatum* (Hymenoptera: Megachilidae) and the significance of size for territorial males. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **9**, 51-58.
- Silva M. C., Lomônaco C., Augusto S. C., Kerr W. E. (2009) Climatic and anthropic influence on size and fluctuating asymmetry of Euglossine bees (Hymenoptera, Apidae) in a semideciduous seasonal forest reserve. *Gen. Mol. Res.* **8**, 730-737.
- Skandalis D. A., Glenn J., Tattersall G. J., Prager S., Richards M. H. (2009) Body size and shape of the large carpenter bee, *Xylocopa virginica* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *J. Kans Entomol Soc.* **82**:30–42.
- Soucy S. L., Giray T., Roubik D.W. (2003) Solitary and group nesting in the orchid bee *E. hyacinthine* (Hymenoptera, Apidae). *Insectes Soc.* **50**, 248–255.
- Stern, D. L. (1991) Male territoriality and alternative male behaviors in the euglossine bee, *Eulaema meriana* (Hymenoptera: Apidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* **421-437**.
- Strohm, E., Lechner, K. (2000) Male size does not affect territorial behaviour and life history traits in a sphecid wasp. *Animal Behaviour*. **59**, 183-191.

- Stürup, M., den Boer, S. P. A., Nash, D. R., Boomsma, J. J., Baer, B. (2011) Variation in male body size and reproductive allocation in the leafcutter ant *Atta colombica*: estimating variance components and possible trade-offs. *Insectes Soc.* **58**, 47-55.
- Skov, C., & Wiley, J. (2005) Establishment of the neotropical orchid bee *Euglossa viridissima* (Hymenoptera: Apidae) in Florida. *Fla. Entomol.* **88**, 225-227.
- Torchio P. F. Tepedino V. J. (1980) Sex Ratio, Body Size and Seasonality in a Solitary Bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae. *Evol.* **34**, 993-1003.
- Villanueva-Gutierrez, R., Quezada-Euan, J., Eltz, T. (2013) Pollen diets of two sibling orchid bee species, *Euglossa*, in Yucatán, southern Mexico. *Apidologie.* **44**, 440-446.
- Zimmermann Y., Roubik D. W. Quezada-Euan J. J. G., Paxton R. J., Eltz T. (2009) Single mating in orchid bees (*Euglossa*, Apinae): implications for mate choice and social evolution. *Insectes Soc.* **56**,241–249.

Anexos

Anexo 1.- Caracteres morfométricos medidos en las abejas: **A)** ancho de cabeza, **B)** Distancia intertegular **C)** largo del ala anterior, **D)** Largo de fémur.



Anexo 2.- Estructuras que componen el aparato reproductor masculino de *Eg. viridissima*. En la imagen izquierda se observa la cápsula escrotal la cual contienen los testículos y las vesículas seminales. En la imagen derecha se observan los testículos y vesícula seminal después de romper la capsula escrotal.

