

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Estado del conocimiento sobre efectos de la fragmentación de hábitat en la morfología, distribución e impactos ecológicos en poblaciones de abejas de la tribu Euglossini (Hymenoptera:Apidae) del Neotrópico**

**Monografía previa a la obtención del título de Biólogo (o Licenciado en Ciencias Biológicas)**

**KATHERINE SOFÍA AGUIRRE NOLIVOS**

**Quito, 2025**

Certifico que la Monografía de (la carrera, según el caso), del Sr./Sra./Srta. ...Aguirre Nolivos Katherine Sofía..... ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Firma del tutor de la monografía

Rafael E. Cárdenas, PhD

Quito, 18 de julio de 2025

## DEDICATORIA

Después de 4 años de estudio, un año “sabático” y muchas experiencias, se termina esta aventura llamada estudiar Biología. Ahora solo puedo agradecer a las personas que caminaron conmigo en este tiempo y me brindaron una mano cuando más lo necesité y espero haber sido un apoyo de la misma forma en que lo fueron para mí, porque sí, esta aventura no solo fueron salidas de campo y mucha teoría, también fue risas, llantos, amigos, noches sin dormir, abrazos y emoción.

Esto no habría sido posible sin Alexandra Elbakyan que me motiva a continuar haciendo ciencia libre y en todos los idiomas, porque el conocimiento es para todos.

Agradezco muchísimo a la persona que me motiva y acepta mis ideas, mi madre.

Le dedico esto a cualquiera que se interese en cómo el mal manejo y el irrespeto al ambiente afectan a otros seres vivos, para recordarnos que no solo los humanos habitamos en la tierra.

## Contenidos

1. RESUMEN .....	5
2. ABSTRACT .....	6
3. INTRODUCCIÓN .....	7
4. OBJETIVOS.....	8
5. METODOLOGÍA .....	9
6. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	10
6.1. BOSQUES DEL NEOTRÓPICO .....	10
6.2. TRIBU EUGLOSSINI .....	11
6.3. FRAGMENTACIÓN .....	14
6.4. EFECTOS EN LA MORFOLOGÍA .....	14
6.4.1. TAMAÑO CORPORAL.....	15
6.4.2. FORMA Y TAMAÑO DE ALAS .....	18
6.5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA .....	24
6.6. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO .....	32
7. CONCLUSIONES .....	35
8. REFERENCIAS .....	36
9. FIGURAS.....	45
10. TABLAS .....	52

## 1. RESUMEN

Las abejas Euglossini (Hymenoptera: Apidae), polinizadoras clave de orquídeas y otras plantas neotropicales, enfrentan crecientes amenazas por la fragmentación de hábitats. Este trabajo analiza los impactos morfológicos, ecológicos y distribucionales de la fragmentación en este grupo, integrando estudios recientes para evaluar su estado de conservación. Tras una revisión de su singular biología reproductiva (como la atracción de machos a compuestos aromáticos) y su coevolución con plantas, se examinan patrones geográficos y respuestas a la transformación del paisaje. Los resultados revelan contrastes: especies generalistas (como *Eulaema nigrita*) con cuerpos grandes muestran resiliencia, regulando mejor su temperatura y aprovechando recursos diversos, mientras que las especialistas (ej. *Euglossa annectans*) declinan en hábitats fragmentados. Aunque estudios en Brasil, Costa Rica y Panamá sugieren tolerancia en ciertas especies, persisten contradicciones sobre cómo la fragmentación afecta riqueza y abundancia, especialmente en regiones poco estudiadas como los Andes Tropicales. Se identifican vacíos críticos: 1) la escasez de datos en países neotropicales con alta diversidad, lo que limita modelos de conservación; y 2) el sesgo en el conocimiento hacia machos, dejando a las hembras, cuya ecología es crucial para la reproducción, prácticamente inexploradas. Se concluye que la fragmentación favorece a generalistas, pero amenaza la persistencia de especialistas y sus interacciones planta-polinizador. Urgen metodologías innovadoras para estudiar hembras y monitoreos a largo plazo que capturen efectos acumulativos. Este trabajo subraya la necesidad de crear y/o proteger corredores biológicos y remanentes forestales, clave para mantener la diversidad de Euglossini y los servicios ecosistémicos que proveen.

### **Palabras clave:**

Conservación, ecología comportamental, interacciones, polinizadores, uso de suelo

## 2. ABSTRACT

Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae), key pollinators of orchids and other Neotropical plants, face increasing threats due to habitat fragmentation. This study examines the morphological, ecological, and distributional impacts of fragmentation on this group, synthesizing recent research to assess their conservation status. After reviewing their unique reproductive biology (such as male attraction to aromatic compounds) and their coevolution with plants, we analyze geographic patterns and responses to landscape transformation. Results reveal contrasts: generalist species (e.g., *Eulaema nigrita*) with larger bodies show resilience, regulating their temperature more effectively and utilizing diverse resources, while specialist species (e.g., *Euglossa annectans*) decline in fragmented habitats. Although studies in Brazil, Costa Rica, and Panama suggest tolerance in certain species, contradictions persist regarding how fragmentation affects species richness and abundance, particularly in understudied regions like the Tropical Andes. Critical gaps are identified: (1) the lack of data in highly diverse Neotropical countries, which hinders conservation models; and (2) the male-centric research bias, leaving females whose ecology is crucial for reproduction largely unexplored. We conclude that fragmentation favors generalists but threatens the persistence of specialists and their plant-pollinator interactions. Innovative methodologies to study females and long-term monitoring to assess cumulative effects are urgently needed. This work emphasizes the importance of creating and/or protecting biological corridors and forest remnants, which are vital for maintaining Euglossine diversity and the ecosystem services they provide.

### **Keywords:**

Behavioral ecology, conservation, interactions, land use, pollinators

### 3. INTRODUCCIÓN

Las abejas de la tribu Euglossini (Hymenoptera: Apidae), conocidas comúnmente como abejas de las orquídeas, representan un grupo ecológicamente relevante dentro de los ecosistemas neotropicales por su papel clave en la polinización de una gran cantidad de especies de la familia Orchidaceae (Cameron, 2004)(Cameron, 2004). Poseen un comportamiento reproductivo distintivo a otros grupos de la familia Apidae, basado en la recolección y uso de compuestos aromáticos por parte de los machos como parte del cortejo. Este rasgo ha contribuido a una estrecha relación ecológica con diversas plantas del Neotrópico. A lo largo de su historia evolutiva, grupos vegetales como Araceae, Bromeliaceae, Euphorbiaceae, Annonaceae y especialmente Orchidaceae, han desarrollado mecanismos de polinización altamente especializados que aprovechan la atracción de los machos hacia ciertos compuestos volátiles. Esta interacción sugiere un proceso de coevolución, en el que tanto las abejas como las plantas han experimentado presiones selectivas recíprocas que han modelado sus rasgos actuales. (Armbruster, 2017; Dressler, 1982; Liu et al., 2016)(Armbruster, 2017; Dressler, 1982; Liu et al., 2016).

Factores como la deforestación, la expansión agrícola y el crecimiento urbano han reducido de forma alarmante la conectividad de los ecosistemas tropicales, generando paisajes fragmentados que dificultan el desplazamiento y la reproducción de estas especies (Gomes et al., 2019; Laurance et al., 2011; Li et al., 2019; Liu et al., 2016; Urech & Zaehring, 2015)(Gomes et al., 2019; Laurance et al., 2011; Li et al., 2019; Liu et al., 2016; Urech & Zaehring, 2015). Durante las últimas décadas, diversos estudios han aportado información sobre la morfología, distribución geográfica e impactos sobre la reproducción de estas abejas a causa de la fragmentación de hábitats (Brown et al., 2024; Nemésio & Silveira, 2007; K. M. O'Neill et al., 2023; Zimmermann et al., 2011)(Brown et al., 2024; Nemésio & Silveira, 2007; K. M. O'Neill et al., 2023; Zimmermann et al., 2011). Los estudios se han centrado principalmente en Panamá, Costa Rica y Brasil (K. M. O'Neill et al., 2023)(K. M. O'Neill et al., 2023), por lo que

persisten vacíos significativos respecto a cómo los procesos de fragmentación del hábitat han modificado sus patrones de abundancia, riqueza, comportamiento, dinámica poblacional y morfología en otras regiones, especialmente aquellas con alta diversidad de hábitats en áreas relativamente pequeñas como los Andes Tropicales (Comer et al., 2022; Ferrer-Paris et al., 2019)(Comer et al., 2022; Ferrer-Paris et al., 2019). Aunque algunos estudios reportan una aparente tolerancia de ciertas especies a ambientes alterados (Brosi, 2009; Brown et al., 2024)(Brosi, 2009; Brown et al., 2024), la relación entre los cambios en riqueza y abundancia de abejas causado por la fragmentación del hábitat es contradictoria(de Sousa et al., 2022; Flores et al., 2018; Knoll & Penatti, 2012) (de Sousa et al., 2022; Flores et al., 2018; Knoll & Penatti, 2012)

El presente trabajo tiene como propósito analizar los cambios morfológicos, distribución geográfica e impactos relacionados a la fragmentación del hábitat en las abejas de la tribu Euglossini, con el fin de ofrecer un panorama actualizado de su estado de conservación en los ecosistemas neotropicales. A lo largo del documento se desarrollará, en primer lugar, una caracterización de los cambios morfológicos relacionados a la fragmentación; posteriormente, se examinarán los patrones de distribución geográfica y su relación con las regiones biogeográficas del neotrópico donde se distribuyen y finalmente, se evaluarán los principales impactos de la fragmentación en el comportamiento reproductivo de este grupo. Al integrar estudios recientes, se busca aportar a la comprensión de la ecología de Euglossini y destacar la importancia de proteger los hábitats que influyen en su supervivencia y la de las plantas que dependen de su polinización.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la morfología, distribución geográfica y rasgos ecológico-comportamentales relacionados a la fragmentación del hábitat en las abejas de la tribu Euglossini.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 4.2.1. Describir los cambios morfológicos relacionados a los efectos de la fragmentación en abejas de la tribu Euglossini a partir de estudios documentados entre los años 2005 y 2025.
- 4.2.2. Analizar los patrones de distribución geográfica hasta el año 2025 de las especies de Euglossini en ecosistemas neotropicales.
- 4.2.3. Evaluar los principales efectos ecológicos de la fragmentación del hábitat sobre las poblaciones de abejas Euglossini, considerando investigaciones desde el 2005 hasta el 2025

## 5. METODOLOGÍA

Este estudio será una revisión bibliográfica que se basa en el análisis sistemático de literatura científica publicada entre los años 2005 y 2025, con el objetivo de compilar, comparar y discutir conocimiento actual sobre los efectos de la fragmentación del hábitat en la morfología, comportamiento reproductivo y distribución geográfica en las abejas de la tribu Euglossini en el Neotrópico.

La recopilación de información se realizará mediante Google Scholar, Scielo, Scopus y los recursos digitales de la Biblioteca PUCE, mediante los siguientes términos clave en inglés y con su respectiva traducción al portugués y español: "Euglossini", "Euglossine", "*Eufriesea*", "*Eulaema*", "*Aglae*", "*Exaerete*" "Behaviour", "Distribution", "Fragmentation", "Orchid Bee", "Ecology", "Fragmented", "Neotropic", "Population", "Orquidaceae", "Pollination", "Morphology", "Size", "Body size", "Wings", "Asymetry", "Foraging", "Dispersion", "Anthropic" "AND" (como vínculo de palabras clave). Las palabras mencionadas deberán constar en secciones como: Palabras clave, título o resumen.

La información analizada corresponderá a artículos de investigación revisados por pares, tesis de doctorado e informes técnicos, publicados en español, portugués e inglés que cumplieran con los siguientes criterios: 1) Estudios publicados entre 2005 y 2025, 2) investigaciones enfocadas en especies de la tribu Euglossini. 3) Trabajos realizados dentro del ámbito geográfico neotropical, 4) Artículos que abordaran comportamiento, distribución o

conservación. Se excluyeron estudios que: 1) No aportaran datos relacionados a la fragmentación, 2) Se enfocaran en otros grupos de abejas no pertenecientes a Euglossini, 3) Estuvieran duplicados o no accesibles en texto completo.

La búsqueda se centrará en artículos de investigación sobre los efectos de la fragmentación del paisaje en poblaciones de abejas Euglossini. La información recopilada será organizada en temáticas, clasificando los estudios de acuerdo con el eje principal que aborden: morfología, distribución geográfica y comportamiento reproductivo, .

Esta categorización permitirá estructurar el análisis en función de los objetivos planteados y facilitará la identificación de tendencias, vacíos de conocimiento y puntos de coincidencia o discrepancia entre las investigaciones revisadas.

Finalmente se buscará integrar críticamente los hallazgos, resaltando patrones recurrentes, diferencias significativas entre regiones, así como posibles explicaciones ecológicas o metodológicas que sustenten dichas variaciones.

## **6. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **6.1. BOSQUES DEL NEOTRÓPICO**

Los bosques neotropicales, que abarcan la Amazonía, el Chocó, la Mata Atlántica y otros ecosistemas, son reconocidos como epicentros de biodiversidad a nivel global (Antonelli et al., 2018)(Antonelli et al., 2018). A pesar de su importancia, estos ecosistemas enfrentan amenazas críticas. La deforestación, impulsada por la expansión agrícola (ej. soja, palma aceitera) y ganadera, ha reducido la cobertura de la Amazonía en un 17% desde 1970, para el 2050 se estima que de acuerdo al ritmo de deforestación actual el porcentaje de pérdida será del 40% (Butt et al., 2023; Zózimo Molinez et al., 2024)(Butt et al., 2023; Zózimo Molinez et al., 2024). La urbanización y la fragmentación afectan a las redes de interacción entre plantas y polinizadores pues surgen cambios en la cantidad de especies involucradas en esta interacción y el tamaño corporal de los polinizadores (Grass et al., 2018)(Grass et al., 2018). Además, el cambio climático altera los ciclos fenológicos de las plantas, lo que

puede afectar a la mitad de polinizadores que conforman una red de interacción cuantitativa (Tylianakis et al., 2008).

Entre los actores clave en el mantenimiento de su integridad ecológica se encuentran los polinizadores, particularmente las abejas de la tribu Euglossini (abejas de las orquídeas), que son polinizadores especializados de plantas tropicales, incluyendo orquídeas, que dependen de ellas para su reproducción (Brandt et al., 2021)(Brandt et al., 2021) Estas abejas, al recolectar fragancias y polen, facilitan la polinización, contribuyendo así a la regeneración y diversidad genética de los bosques (Pokorny et al., 2015)(Pokorny et al., 2015). Sin embargo, su rol varía según el tipo de bosque: en la Amazonía, donde la diversidad de Euglossini es mayor, actúan como conectores de parches forestales (Brosi et al., 2007)(Brosi et al., 2007), mientras que, en la Mata Atlántica, donde la fragmentación es considerablemente mayor, la desaparición de este grupo amenaza la persistencia de plantas endémicas (Pinto et al., 2019)

Urgen estrategias de conservación que integren corredores biológicos y restauración de hábitats críticos para estas abejas, así como políticas que frenen la deforestación y mitiguen el calentamiento global (Joly et al., 2014).

## **6.2. TRIBU EUGLOSSINI**

La tribu Euglossini perteneciente a la familia Apidae (Hymenoptera), conocidos también como abejas de las orquídeas, forman un grupo de cinco géneros (Fig. 1): *Euglossa*, *Eufriesea*, *Eulaema*, *Aglae* y *Exaerete*; y 240 especies de las que se tiene registro hasta la actualidad (Moure et al., 2007)(Moure et al., 2007) Están presentes en América en la zona Neotropical (sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina). Una de las características destacables de la tribu es que los géneros *Aglae* y *Exaerete* presentan comportamiento cleptoparásito respecto a los otros tres géneros pues las hembras ovopositan en nidos de *Eufriesea*, *Euglossa* y *Eulaema*, realizando una perforación con su metasoma (Dressler, 1982; Garófalo et al., 2001; Nemésio & Silveira, 2007; Roubik &

Hanson, 2004)(Dressler, 1982; Garófalo et al., 2001; Nemésio & Silveira, 2007; Roubik & Hanson, 2004).

Estudios recientes sugieren que la relación de la tribu Euglossini corresponde a un origen monofilético, sin embargo, no se sabe con certeza la relación entre los distintos géneros (Faria & Melo, 2020).

Inicialmente, Euglossini estaba formado por seis géneros: *Euglossa*, *Eulaema*, *Exaerete*, *Aglae*, *Eufriesea* y *Euplusia*. Este último fue integrado posteriormente en el género *Eufriesea* al no encontrarse diferencias significativas en la morfología de los genitales (Kimsey, 1982)(Kimsey, 1982). La autora propuso relaciones entre los géneros basándose en doce caracteres morfológicos (genitales, proporciones tibiales, número de palpos labiales, etc.), clasificándolos como primitivos o derivados. En esta propuesta mostrada en la figura 2a, *Aglae* se considera el linaje más distante, mientras que *Eufriesea* y *Eulaema* forman un grupo hermano (Kimsey, 1982).

Más tarde, en 1987, se propuso una nueva topología (Fig. 2b) donde *Euglossa* y *Exaerete* formaban un grupo hermano, mientras que *Aglae*, *Eulaema* y *Eufriesea* se agrupaban como un clado monofilético. Esta relación se basó en veinticinco caracteres morfológicos. Sin embargo, Kimsey (1987)Kimsey (1987) señaló que el comportamiento parasitario de *Aglae* y *Exaerete* había generado modificaciones morfológicas que dificultaban su ubicación precisa dentro del clado.

Por otra parte, Michener (1990) propuso una nueva relación menos resuelta entre los grupos (Fig. 2c). Al discutir el último árbol filogenético de Kimsey, cuestionó la evidencia para los grupos hermanos *Euglossa-Exaerete* y *Aglae-Eulaema*. Sugirió que *Euglossa* y *Exaerete* compartían un ancestro común que se ramificaba en una trifurcación con los demás géneros, los cuales a su vez formaban otra trifurcación (*Eufriesea*, *Aglae* y *Eulaema*).

Años más tarde, Engel (1999)Engel (1999) realizó un nuevo análisis incorporando tres grupos externos: *Apis*, *Bombus* y *Xylocopa*. Además, evaluó el género *Exaerete* incluyendo

todas sus especies conocidas y nuevos caracteres morfológicos adicionales a los propuestos originalmente por Kimsey. Estos caracteres reemplazaron aquellos que C. Michener (1990) había reclasificado como autapomorfías. Este enfoque generó tres árboles evolutivos, obteniéndose un consenso mostrado en la figura 2d, a diferencia de estudios previos, aquí sugería proximidad filogenética entre *Eufriesea*, *Euglossa* y *Exaerete*.

Posteriormente, Michel-Salzat et al. (2004) estableció una nueva topología (Fig. 2e) mediante el primer análisis molecular en euglosinos, utilizando cuatro genes comúnmente empleados en himenópteros (16S, COI, LW Rh y EF-1 $\alpha$ ). Paralelamente, el análisis morfológico produjo dos árboles parsimoniosos coincidentes con Oliveira (2006), donde *Exaerete* y *Euglossa* variaron en posición. La monofilia del grupo y sus géneros tuvo fuerte soporte, con *Aglae* como grupo hermano al resto y *Eulaema-Eufriesea* formando un clado no parasitario. Se confirmó además su relación mediante seis sinapomorfías, reforzando los hallazgos de Kimsey (1982).

Más adelante, Ramírez et al. (2010) analizaron una amplia representación de Euglossini (cinco géneros principales, 126 taxones) junto con nueve grupos externos, mediante secuenciación de cuatro genes (CO1, EF1-a, ArgK, Pol-II). Si bien confirmaron la monofilia de los géneros, las relaciones entre *Eulaema* y *Eufriesea* variaron según el análisis. Notablemente, la topología mostrada en la figura 2f, difirió significativamente de trabajos anteriores. Además, se observó una correlación negativa entre tamaño corporal y diversidad de especies, sugiriendo menor diversificación en los taxones más grandes (*Aglae*, *Eulaema*, *Exaerete*).

Finalmente, Ghassemi-Khademi (2018) reevaluaron las relaciones filogenéticas analizando 244 secuencias de tres genes mitocondriales (Cyt b, COX1, 16S rRNA) y uno nuclear (POLR2A). Los resultados confirmaron la monofilia entre los géneros, mostrando dos linajes principales: *Euglossa* como grupo hermano al resto, y un clado bien soportado (*Exaerete+Eufriesea+Eulaema*). Aunque no se estableció un consenso filogenético, se identificó que *Euglossa* presenta un linaje evolutivo distinto. El

autor enfatizó la necesidad de estudios adicionales para confirmar estos patrones evolutivos.

### **6.3. FRAGMENTACIÓN**

La fragmentación de los ecosistemas hace referencia a la segmentación de zonas naturales y que están aisladas entre sí por zonas sin cobertura vegetal (Wilcove, 1986)(Wilcove, 1986). Este proceso se debe a múltiples factores que pueden ser naturales, o antropogénicos entre los que destacan la deforestación, el avance de la frontera urbana y la intensificación agrícola (Mullu, 2016)(Mullu, 2016). En gran parte de América Latina la tala masiva de bosques para el establecimiento de monocultivos o pastizales ha generado una pérdida considerable de hábitat para los polinizadores silvestres (Kremen et al., 2004)(Kremen et al., 2004).

La urbanización genera barreras físicas como caminos, edificaciones y superficies asfaltadas, que interrumpen corredores ecológicos y disminuyen la conectividad entre fragmentos (Laurance et al., 2011). Por otro lado, la agricultura a gran escala no solo transforma la composición natural del paisaje, sino que también está ligada a pesticidas y agroquímicos que pueden tener efectos subletales o letales sobre las abejas (Kearns et al., 1998)(Kearns et al., 1998). Estas prácticas, al alterar la calidad y estructura del hábitat, limitan la presencia de las especies más especializadas, favoreciendo únicamente a aquellas con mayor tolerancia ambiental (Zimmermann et al., 2011).

### **6.4. EFECTOS EN LA MORFOLOGÍA**

El aspecto morfológico de los insectos, y en particular el de la tribu Euglossini, desempeña un papel crucial en varios procesos biológicos esenciales, tales como la competencia sexual, el tipo de forrajeo, la termorregulación, la eficiencia alimentaria y la optimización del vuelo (Parra-H & Nates-Parra, 2012)(Parra-H & Nates-Parra, 2012). A lo largo de esta relación, se ha observado que el tamaño corporal de los machos influye directamente en su eficiencia de polinización (Brandt et al., 2021)(Brandt et al., 2021), lo que subraya la importancia de la

morfología en este proceso. Un rasgo distintivo de los machos de Euglossini es la modificación de sus tibias (Fig.3), las cuales les permiten recoger fragancias de las flores, un comportamiento que está estrechamente vinculado a la polinización(Cameron, 2004)(Cameron, 2004). Además, las diferencias morfológicas entre hembras y machos son evidentes como lo muestran las Figs. 3 y 4. Estudios recientes han demostrado que estas variaciones también se extienden a nivel cerebral. Por ejemplo, un estudio de Yamhure-Ramírez et al. (2025)Yamhure-Ramírez et al. (2025) identificó adaptaciones cerebrales vinculadas al sexo en individuos de *Euglossa dilemma*, revelando diferencias significativas en el volumen de distintas regiones cerebrales entre machos y hembras. Los machos mostraron una mayor inversión en centros de procesamiento visual, incluidos aquellos especializados en detectar luz polarizada, mientras que las hembras presentaron cuerpos fructíferos más grandes con mayor densidad neuronal, asociados con el procesamiento cromático y la percepción de figuras. Estas diferencias sugieren una especialización sensorial ligada a los roles ecológicos de cada sexo. Esta especialización morfológica y comportamental no solo es esencial para la interacción con las orquídeas, sino que también sugiere que las presiones fenotípicas selectivas inducidas por la alteración de los paisajes pueden estar afectando rasgos clave como el tamaño corporal, la simetría de las alas, las distancias intertegumentales y el área total de las alas (Añino et al., 2024)(Añino et al., 2024). En resumen, la morfología de Euglossini, como resultado de su relación ecológica con las orquídeas y el hábitat en el que se desarrollan, ofrece una ventana única para entender los efectos de las perturbaciones ambientales sobre su biología y ecología.

#### **6.4.1. TAMAÑO CORPORAL**

Debido a la capacidad de vuelo de largo alcance de Euglossini, se ha planteado que el tamaño corporal podría ser un rasgo clave en la manera cómo estas especies responden a la alteración del paisaje (Gérard et al., 2021)(Gérard et al., 2021). Estudios recientes han mostrado patrones contrastantes: mientras algunas especies tienden a presentar tamaños corporales mayores en ambientes fragmentados, otras, en cambio, manifiestan una

reducción en su tamaño en este contexto (Garlin et al., 2022; Guevara et al., 2024)(Garlin et al., 2022; Guevara et al., 2024). Estas respuestas parecen depender no solo de factores estructurales de cada tipo de paisaje, sino también de variables como la temperatura, la disponibilidad floral y las características específicas de cada especie.(Garlin et al., 2022)(Garlin et al., 2022)

Por lo tanto, si definimos tamaño corporal (TC) como la distancia entre el extremo anterior de la cabeza (sin tomar en cuenta apéndices) hasta el último segmento abdominal (Hinojosa-Díaz & Engel, 2014), notamos que las investigaciones centradas específicamente en Euglosinos son escasas ya sea bajo esta medición morfométrica o mediante otras aproximaciones (biomasa, biovolumen). El equipo de Guevara et al. (2024)Guevara et al. (2024), evaluó cómo el tamaño de los fragmentos y su grado de aislamiento afectan el tamaño corporal y abundancia de abejas macho en una región fragmentada de la cuenca amazónica ecuatoriana. En este estudio, encontraron mayor presencia de especies grandes como *Euglossa*, *Eulaema* y *Exaerete* (Fig. 5) en paisajes fragmentados mientras que no se tuvo ningún registro de especies pequeñas. El único género que presentó una relación clara entre la fragmentación y el TC fue *Eulaema*, donde se observó que el TC era mayor en zonas más aisladas y disminuía cuando el tamaño del fragmento aumentaba, por ejemplo *E. bombiformis* (la especie más grande que se registró en el estudio) era más frecuente en fragmentos pequeños y aislados, especies ligeramente más pequeñas, como *E. cingulata*, predominaban en fragmentos grandes y bien conectados (Fig.6).

Así mismo, el estudio de Silva & De Marco (2014) en la sabana del Cerrado reveló que especies como *Euglossa nigrita* y *Eufriesea*, ambas de tamaño mediano a grande, no presentaron efectos evidentes de la fragmentación, aunque se advirtió que las especies más pequeñas podrían ser más vulnerables pues dependen de la calidad del hábitat (fuentes de alimentación, más humedad) para tener poblaciones estables, si bien la gran capacidad de dispersión de *Euglossa* y *Eufriesea* puede representar una ventaja ante la

fragmentación, mencionan que estas especies pueden ser afectadas a una escala espacial mayor.

Por otro lado, al analizar otro tipo de alteraciones antropogénicas, como la urbanización y la agricultura intensiva, surgen patrones distintos. En un estudio realizado en la península de Yucatán, Garlin et al. (2022) Garlin et al. (2022) evaluaron el efecto del uso del suelo sobre dos especies de *Euglossa*. Encontró que tanto *Euglossa dilemma* como *E. viridissima* presentaban un TC significativamente menor en zonas urbanas y agrícolas en comparación con hábitats naturales. En el estudio mencionan que no se tomó en cuenta la fragmentación porque los TC más pequeños correspondían a las ciudades y zonas agrícolas. Sin embargo, no se proporcionaron datos adicionales que respalden esta relación ni se explicó cómo esta exclusión podría afectar los resultados del análisis.

La relación entre la predominancia de un menor TC en zonas con mayor intervención se atribuyó a una menor disponibilidad de recursos florales (Garlin et al., 2022) (Garlin et al., 2022). A diferencia de los resultados de Guevara et al. (2024) Guevara et al. (2024), donde el tamaño mayor parecía conferir ventajas en el desplazamiento por hábitats fragmentados, aquí los individuos más pequeños podrían estar emergiendo como resultado de una escasez de recursos energéticos durante su desarrollo larval. Garlin et al. (2022) Garlin et al. (2022) sugiere que la inclusión de plantas nativas en zonas agrícolas podría mitigar los efectos negativos sobre las poblaciones silvestres, favoreciendo su conservación en ecosistemas intervenidos.

Estos resultados sugieren que el tamaño corporal puede actuar como un filtro ecológico, favoreciendo a los individuos con mayor capacidad de vuelo en hábitats fragmentados y dificultando la presencia de especies pequeñas con menor movilidad (Guevara et al., 2024) (Guevara et al., 2024). Esto podría deberse a que las abejas grandes tienen una mayor capacidad de termorregulación durante el vuelo, lo cual podría facilitarles el cruce de áreas abiertas o expuestas, más frecuentes en paisajes fragmentados (Bishop y Armbruster, 1999; Johnson et al., 2022). De este modo, en ambientes con recursos dispersos o hábitats adecuados limitados, la selección natural podría actuar favoreciendo a

los individuos de mayor tamaño corporal (Gérard et al., 2021; Hillaert et al., 2018)(Gérard et al., 2021; Hillaert et al., 2018)

En conjunto, los estudios revisados muestran que el tamaño corporal de las abejas Euglossini puede actuar como un rasgo sensible a la fragmentación del hábitat, aunque son rasgos dependientes de la escala espacial y las características específicas de cada especie como dieta, microhábitat preferido y capacidad de dispersión influyen profundamente en su respuesta a las perturbaciones del entorno (Garlin et al., 2022; Guevara et al., 2024; Silva & De Marco, 2014). Las abejas de mayor tamaño, como *E. nigrita* y *E. auriceps*, tienden a presentar una notable capacidad de dispersión, lo que probablemente les confiere una mayor resiliencia frente a la pérdida de hábitat (Silva y De Marco, 2014) Sin embargo, en especies más pequeñas, cuya movilidad es limitada y cuyos requerimientos microclimáticos son más estrictos, pequeñas discontinuidades en el hábitat pueden representar un impedimento importante (Harmon-Threatt & Anderson, 2023; Torne-Noguera et al., 2014)(Harmon-Threatt & Anderson, 2023; Torne-Noguera et al., 2014). Además, factores adicionales como la temperatura, la cobertura vegetal, la humedad y el uso de pesticidas pueden modular aún más los efectos de la fragmentación sobre el tamaño corporal y la abundancia de estas especies (Gérard et al., 2021)(Gérard et al., 2021)

#### **6.4.2. FORMA Y TAMAÑO DE ALAS**

El efecto de la fragmentación en poblaciones de Euglossini es visible en la variación morfométrica del ala, correlacionándose entre el estado del paisaje y las proporciones en las poblaciones de las especies del estudio (Ribeiro et al., 2019)(Ribeiro et al., 2019). Los cambios morfológicos del ala podrían ser causados por el beneficio percibido y la demanda energética requerida por los patrones de dispersión en zonas fragmentadas (Hill et al., 1999)(Hill et al., 1999). Otros grupos de insectos como lepidópteros, himenópteros y dípteros han reportado una correlación positiva entre las condiciones del ambiente y la forma alar, esta relación se presenta en patrones alométricos, es decir cambios en la forma del ala en función del tamaño corporal, los cuales están relacionados a la variación de

factores como temperatura y humedad durante el desarrollo larval (Bai et al., 2015; Cárdenas et al. 2013; Outomuro et al., 2013; Mena et al. (2020); Prudhomme et al., 2016; Silva et al., 2009).

Por ejemplo, en el caso de la mariposa *Pieris rapae*, las distancias euclidianas entre los puntos homólogos en las alas se relacionan positivamente al aumento de la distancia geográfica. Además, en ambientes con mayor humedad, los individuos desarrollan alas más grandes (característica ligada al crecimiento larvario) lo que puede favorecer la búsqueda de alimento, pareja o desplazamiento eficiente (Bai et al., 2015)(Bai et al., 2015).

Otro estudio realizado en mariposas Nymphalidae del Chocó ecuatoriano analizó cómo varía la morfología alar entre el dosel y el sotobosque. Se encontró una marcada estratificación vertical: las especies de dosel presentaron alas más cortas y anchas, adaptadas a vuelos rápidos, mientras que las de sotobosque mostraron alas más alargadas, ideales para planeos. Estas diferencias reflejan adaptaciones a los microclimas particulares de cada estrato, donde el dosel ofrece mayor luz y temperatura que el sotobosque, influyendo directamente en la forma y función de las alas (Mena et al., 2020).

Asimismo, Cárdenas et al. (2013)Cárdenas et al. (2013) documentaron adaptaciones morfométricas en tabánidos a lo largo de un gradiente altitudinal, donde el tamaño corporal, volumen torácico y área alar mostraron diferencias significativas entre 1180 y 2180 msnm. Contrario a lo esperado, la carga alar, es decir la correlación entre el área alar y la masa corporal(Lozier et al., 2021)(Lozier et al., 2021), aumentó con la altitud debido a un incremento proporcionalmente mayor del volumen corporal. Estos cambios sugieren compensaciones fisiológicas para mantener el rendimiento de vuelo en condiciones de menor presión atmosférica y temperatura.

En el caso de las abejas Euglossini, *Euglossa pleosticta* ha mostrado una notable sensibilidad al estrés ambiental Silva et al. (2009) reportaron una mayor fluctuación asimétrica (FA) en las alas de individuos recolectados en los bordes del bosque durante la temporada cálida y húmeda, en comparación con aquellos recolectados en el interior del bosque durante las estaciones seca y fría.

De modo que, la FA se considera un indicador temprano de estrés ambiental, útil en estudios de biomonitorio y conservación, ya que puede detectar alteraciones antes de que se presenten impactos irreversibles (Tomkins & Kotiaho, 2002)(Tomkins & Kotiaho, 2002). Aunque tanto *E. pleosticta* como *Eulaema nigrita* son euglosinas, presentan diferencias marcadas en su respuesta al ambiente. *E. pleosticta* mostró mayor sensibilidad, con incrementos en el tamaño corporal asociados al aumento de temperatura y precipitación, y niveles elevados de FA. En cambio, *E. nigrita* no presentó cambios morfológicos significativos entre estaciones, lo que sugiere una mayor plasticidad fisiológica que le permite mantener un desarrollo estable en ambientes alterados (Silva et al., 2004).

Varios estudios han evaluado si las abejas expuestas a ambientes agrícolas presentan mayor inestabilidad en su desarrollo alar debido a factores como pesticidas y pérdida de recursos florales.

Por ejemplo Silva et al. (2009) analizaron el efecto de la fragmentación en la sabana neotropical (Cerrado), Brasil en dos especies de abejas. En *Eulaema nigrita*, no se observaron variaciones significativas en el tamaño corporal ni en la FA entre distintas estaciones o ubicaciones, lo que sugiere una alta tolerancia a los cambios ambientales. En contraste, *Euglossa pleosticta* mostró una respuesta más sensible: los machos recolectados durante la estación cálida y húmeda fueron más grandes, posiblemente debido al aumento de la disponibilidad de alimento derivado de mayores precipitaciones. Sin embargo, no se registraron diferencias por ubicación, lo que indica que la fragmentación del hábitat no fue lo suficientemente intensa como para generar aislamiento funcional entre sitios. La FA fue mayor en individuos recolectados en el límite del bosque durante la época lluviosa lo que indica que la combinación de condiciones climáticas y el efecto de borde podría estar afectando su desarrollo larval. Tanto el clima como la actividad humana influyen en el crecimiento de *E. pleosticta*.

Posterior a esto un estudio centrado en *Eulaema nigrita*, se analizó la FA de las venas alares de machos recolectados en paisajes agrícolas (AG) y fragmentos de bosque en Cerrado (CE), Goiás, Brasil, para determinar si las condiciones antrópicas provocaban

mayor variabilidad morfológica. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la FA entre ambas áreas, tres medidas de las vénulas alares fueron mayores en los ejemplares del CE. En este estudio Pinto et al. (2015) menciona que esta diferencia puede estar influenciada porque los fragmentos del Cerrado presentan un ambiente menos alterado, o por características propias de la especie. El comportamiento generalista de *E. nigrita* podría ser una ventaja que le permite evitar los efectos del estrés ambiental. El autor sugiere que probablemente los individuos muestreados pasaron su desarrollo larval en ambientes menos intervenidos, en zonas antrópicas una alta tasa de mortalidad durante el desarrollo eliminaría a individuos deformes, por lo que adultos sobrevivientes presentarían rasgos alares similares (Pinto et al., 2015)

En esta línea, los estudios morfométricos en *Eulaema nigrita* revelan que, aunque no existen diferencias significativas en la forma alar (FA), se observan variaciones morfológicas asociadas a factores geográficos y ambientales. Un análisis de 256 individuos de nueve localidades del Bosque Atlántico y la Sabana Brasileña mostró que los ejemplares del bosque poseen un tamaño corporal mayor que los de sabana, pero sus alas mantienen una forma notablemente similar. Lo que indica que no hay diferencias significativas entre poblaciones, incluso entre aquellas separadas por más de 1,000 km. Se confirmó estadísticamente que las variaciones no están relacionadas con la distancia geográfica. Las diferencias detectadas parecen responder más a adaptaciones locales que a divergencias genéticas profundas. Además, los pequeños cambios morfológicos podrían estar vinculados al comportamiento de las hembras (que suelen permanecer cerca de su lugar de origen) o a factores ambientales aún no identificados. La estabilidad en la forma alar, independientemente del tamaño corporal o la ubicación geográfica, refuerza la idea de que *E. nigrita* tiene una gran plasticidad funcional para mantener su eficiencia de vuelo en distintos hábitats. (Costa et al., 2020)(Costa et al., 2020)

En cuanto a investigaciones centradas en el impacto del cambio de uso del suelo, se pueden observar patrones interesantes: la investigación realizada en Cerrado brasileño, por Leão-Gomes & Vasconcelos (2023)Leão-Gomes & Vasconcelos (2023) observó que las zonas

transformadas por agricultura intensiva, ganadería o silvicultura afectan tanto la diversidad como la morfología de las abejas euglosinas. Los machos de *E. nigrita* recolectados en hábitats como pastizales y campos de soja, eran significativamente más pequeños que aquellos de hábitats nativos. Además, individuos de plantaciones de eucalipto presentaron niveles de FA mayores en comparación con los de bosques naturales, que puede deberse a la escasez de recursos florales y una mayor exposición a agroquímicos. Una mayor FA sugiere que factores como temperaturas extremas, escasez de alimento o exposición a agroquímicos estarían interfiriendo con su desarrollo. Se debe evaluar detalladamente las condiciones microambientales, pues distintas fuentes de estrés podrían estar operando simultáneamente (Leão-Gomes & Vasconcelos, 2023)(Leão-Gomes & Vasconcelos, 2023).

Por su parte Ribeiro et al. (2019)Ribeiro et al. (2019) observaron que en *Euglossa cordata* y *Eulaema atleticana*, el tamaño del ala tiene una correlación positiva con el tamaño promedio de los fragmentos de bosque y la extensión de áreas núcleo del bosque, indicando que, en paisajes menos fragmentados, donde los recursos se encuentran más disponibles, las alas tienden a ser de menor tamaño. Por el contrario, en zonas fragmentadas o más abiertas, los individuos tienden a desarrollar alas más grandes.

Además del tamaño, también se han identificado cambios significativos en la forma de las alas. En *Euglossa ignita*, las alas muestreadas en sistemas agroforestales (SAFs) presentaron modificaciones en zonas vitales para el vuelo, como las regiones medial y marginal, con una reducción en esa zona y un aumento en la tercera submarginal. Estos cambios podrían representar adaptaciones morfológicas ante ambientes más abiertos y heterogéneos, donde las condiciones microclimáticas y la disposición de los recursos generan un estrés ambiental durante el desarrollo larval. A su vez, en estas áreas más alteradas, *E. ignita* presentó alas de mayor tamaño, probablemente como una estrategia para mejorar la capacidad de dispersión frente a una distribución de recursos más variable (Ribeiro et al., 2019)(Ribeiro et al., 2019)

En otro estudio, examinaron el impacto de los diferentes usos del suelo sobre poblaciones de *Euglossa ignita* y *Eulaema meriana*, utilizando ejemplares procedentes de

tres tipos de hábitat: reservas legales, áreas de protección permanente y plantaciones de palma aceitera. Si bien no hubo variaciones significativas en la asimetría alar entre los distintos hábitats, las abejas recolectadas en plantaciones de palma aceitera presentaban alas notablemente más grandes en ambas especies. Esto sugiere que estos ambientes, pese a su carácter antrópico, podrían estar generando presiones selectivas que favorecen a individuos con mayor capacidad de vuelo. La diferencia fue especialmente notable en *E. meriana*, lo que indica variaciones interespecíficas en la respuesta morfológica a los cambios en el uso del suelo (Brito et al., 2021)(Brito et al., 2021).

Sin embargo, el tipo de hábitat también podría influir en la morfología alar. Hirschfeld et al. (2025) demostraron este efecto al analizar las variaciones en la forma de las alas de *Eufriesea violacea* en diferentes ambientes, encontrando que si bien la forma circular de las alas era similar entre las abejas del Parque Nacional de Iguazú y las de los fragmentos forestales, la relación entre el tamaño corporal y la forma del ala varió según el ambiente. Los individuos más grandes del Parque Nacional de Iguazú tendían a tener alas más redondeadas, lo que podría facilitar maniobras precisas en la vegetación densa. En cambio, en los fragmentos boscosos, los ejemplares más grandes presentaban alas más alargadas, una mayor dimensión en las alas podría permitir a las abejas cubrir distancias amplias en búsqueda de recursos escasos, un factor relevante en paisajes simplificados como las plantaciones.

Relacionado a esto, la comparación de poblaciones de *Euglossa cordata* en distintos biomas (Bosque Atlántico, Caatinga y Sabana) confirmó que tanto la forma como el tamaño del ala presentan variaciones significativas entre hábitats. A pesar de que *E. cordata* es considerada una especie tolerante, se observaron adaptaciones morfométricas que podrían estar relacionadas con las condiciones específicas de cada fitofisonomía. Las diferencias más marcadas en la forma se dieron entre poblaciones de la Caatinga y la Sabana, posiblemente como resultado de su separación geográfica y diferencias altitudinales. La conectividad ecológica entre biomas adyacentes, como Caatinga y Bosque Atlántico, podría explicar la similitud en algunos rasgos alares, en tanto que barreras geográficas como las

montañas de Chapada Diamantina impiden el flujo genético entre ciertas poblaciones (Carneiro et al., 2019)(Carneiro et al., 2019)

Por el contrario, un estudio con 310 individuos de *Euglossa annectans* y *E. truncata* de seis localidades mostró que los ejemplares se agrupaban según la vegetación local, sin presentar una diferenciación poblacional clara entre regiones. La similitud morfológica en poblaciones distantes sugiere una notable plasticidad fenotípica para adaptarse a diversos ambientes, junto con posibles ajustes locales a microhábitats. Los análisis estadísticos confirmaron estos patrones de agrupamiento, aunque con diferencias sutiles. La falta de estructura poblacional definida, incluso en áreas fragmentadas, indica que la fragmentación no limita significativamente a estas especies, probablemente por su alta capacidad de dispersión y adaptación a distintos tipos de vegetación (Grassi-Sella et al., 2018)(Grassi-Sella et al., 2018)

Por último, el análisis de gradientes altitudinales ha permitido observar con mayor precisión la influencia de variables climáticas sobre la morfología alar. Un estudio realizado en la Serra do Cipó (Brasil) analizó *Eulaema nigrita* entre 800-1400 msnm, revelando que la altitud influye en la morfología alar. A mayor elevación, las alas eran más pequeñas y mostraban mayor asimetría fluctuante (FA), mientras que en altitudes bajas presentaban alas más anchas y largas, asociadas a condiciones ambientales menos estresantes. Estos cambios reflejan la influencia de variables climáticas como temperatura y presión atmosférica. El incremento de FA en altitudes mayores sugiere que el estrés ambiental afecta el desarrollo alar. Los resultados destacan la utilidad de la morfometría geométrica y la FA para evaluar impactos ambientales en polinizadores, particularmente ante el cambio climático. (Vaca-Sánchez et al., 2025)(Vaca-Sánchez et al., 2025)

## **6.5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

La tribu Euglossini se encuentra exclusivamente en el Neotrópico y en algunas zonas representan más de un cuarto de la diversidad de especies de abejas (Roubik & Hanson, 2004)(Roubik & Hanson, 2004). Estas abejas pueden ser encontradas en un rango altitudinal

que va desde los 0 m.s.n.m. hasta los ~1600 m.s.n.m. La mayor diversidad se concentra en bosques húmedos, aunque pueden estar presentes en sabanas o bosques de coníferas. A diferencia de estos ecosistemas más simples, los ecosistemas tropicales caracterizados por su alta biodiversidad vegetal, proveen de una amplia variedad de recursos necesarios para alimentarse, crear nidos y obtener compuestos aromáticos para el cortejo (Brown et al., 2024; Dressler, 1982; Moure et al., 2007)(Brown et al., 2024; Dressler, 1982; Moure et al., 2007).

Si bien en varias especies los machos principalmente muestran patrones de distribución amplios, muchas muestran un alto grado de especificidad ecológica (Ackerman et al., 1982) Este fenómeno resulta clave por los mecanismos de polinización altamente especializados de ciertas orquídeas productoras de perfume, donde el tamaño corporal de las abejas euglosinas (que varía significativamente entre géneros) determina la transferencia efectiva de los polinarios. Por ejemplo, las orquídeas *Catasetum*, típicamente polinizadas por abejas *Euglossa* (8-18 mm de tamaño), rara vez son visitadas por las más grandes *Eulaema* (20-35 mm), y viceversa. Este patrón de especificidad morfológica se ha documentado en orquídeas del género *Gongora*, que igualmente dependen exclusivamente de euglosinas para su polinización. (Brandt et al., 2021)(Brandt et al., 2021).

Aunque su distribución está reportada para todo el Neotrópico (Tabla 1), la zona norte presenta una menor densidad de datos. La mayoría de los registros se han realizado en bosques húmedos de Centroamérica (K. O'Neill et al., 2023; Vega-Hidalgo et al., 2020)(K. O'Neill et al., 2023; Vega-Hidalgo et al., 2020), la cuenca amazónica y bosques del Atlántico brasileño (Nemésio, 2009; Nemésio & Silveira, 2007)(Nemésio, 2009; Nemésio & Silveira, 2007).

En México, se ha reportado que el género *Eufriesea* alcanza incluso el extremo norte del país (C. D. Michener, 2007)(C. D. Michener, 2007), pero no existe una lista de especies actualizada hasta el momento de la realización de este trabajo.

Por otro lado, en Ecuador Padrón et al. (2018)Padrón et al. (2018) publicaron una lista preliminar de especies que incluye datos de distribución, en 2023 Campaña y Padrón

presentaron mapas de distribución potencial mediante el análisis de los patrones de riqueza al usar modelos de nicho ecológico. Sin embargo K. O'Neill et al. (2023) K. O'Neill et al. (2023) mencionan que son necesarios más registros para esclarecer la riqueza de este grupo.

En este sentido los análisis de distribución de Nemésio & Silveira (2007) Nemésio & Silveira (2007) encontraron patrones contrastantes en la distribución de abejas euglosinas a lo largo del Neotrópico. La Amazonia presentó la mayor riqueza (127 especies) y endemismo (77 especies), mientras el Bosque Atlántico mostró menor diversidad (62 especies) y endemismo (27 especies). Para comprender mejor estos patrones biogeográficos, y debido a la sensibilidad de algunos grupos de Euglossini a la fragmentación (Guevara et al., 2024; Leão-Gomes & Vasconcelos, 2023; Ribeiro et al., 2019) (Guevara et al., 2024; Leão-Gomes & Vasconcelos, 2023; Ribeiro et al., 2019), resulta prioritario intensificar los muestreos en regiones amazónicas clave como el sur de Pará y Rondônia, donde la deforestación podría estar alterando las comunidades naturales. Asimismo, áreas como las vertientes andinas y el norte de Sudamérica requieren mayor atención para evaluar posibles correlaciones entre los patrones actuales de distribución y los procesos históricos que han moldeado esta fauna. (Nemésio & Silveira, 2007) (Nemésio & Silveira, 2007)

Recientemente Bonfim (2025) Bonfim (2025), buscó delimitar las áreas de endemismo de las abejas euglosinas en la región neotropical, analizando 4.317 registros de 185 especies. Los resultados revelaron regiones principales donde se concentran las especies endémicas: el Bosque Atlántico y la zona Panamá-Chocó. Los hallazgos enfatizan la necesidad de mayor muestreo en áreas como la Amazonía, Paraguay y Argentina para refinar los patrones. Además, se demostró que el uso de diferentes escalas espaciales permite identificar tanto áreas extensas como endemismos locales. Estos resultados coinciden con estudios previos en otros grupos neotropicales, validando la importancia de estas tres regiones como centros de endemismo para la biodiversidad.

Al analizar a menor escala, centrándonos específicamente en el Bosque Atlántico, Garraffoni et al. (2017)Garraffoni et al. (2017) muestran que los análisis de parsimonia de endemismo (PAE) y de endemismo (NDM) identifican cinco zonas de importancia. Los resultados revelaron marcadas diferencias en los patrones de distribución de las especies: mientras *Eulaema cingulata* y *Euglossa imperialis* presentan amplia distribución, otras como *Euglossa nanomelanotricha* y *E. roderici* muestran rangos extremadamente restringidos. Los casos más notables son *Efriesea brasilianorum* y *Eulaema felipei*, registradas únicamente en un solo punto de muestreo respectivamente. Esta variabilidad sugiere que la fragmentación del hábitat afecta diferencialmente a las poblaciones, manteniendo una fauna heterogénea donde coexisten especies generalistas y altamente especializadas.

Otro estudio donde la fragmentación influye en la distribución es el de Brosi (2009)Brosi (2009) donde analizó 22 fragmentos forestales del sur de Costa Rica los resultados mostraron que la abundancia de abejas euglosinas se relaciona positivamente con el tamaño del fragmento y la cobertura boscosa circundante. Contrario a lo esperado, estos polinizadores muestran una notable capacidad para utilizar incluso los fragmentos más pequeños (menores de media hectárea), manteniendo una notable movilidad entre parches de vegetación. Su abundancia aumenta significativamente en áreas con mayor cobertura forestal continua, aunque curiosamente, la distancia entre fragmentos no parece limitar su presencia.

Este comportamiento se explica por su extraordinaria capacidad de vuelo lo que les permite explotar recursos dispersos en el paisaje(Dressler, 1982)(Dressler, 1982). No obstante, el estudio revela importantes vacíos de conocimiento sobre las especies menos comunes, cuya escasa representación en las muestras dificulta evaluar su vulnerabilidad real. Los resultados subrayan la urgente necesidad de ampliar estas investigaciones a regiones con mayor degradación ambiental, donde los efectos de la fragmentación podrían ser más severos (Brosi, 2009)(Brosi, 2009).

Para comprender estas adaptaciones, diversos estudios han analizado la relación entre morfología y la biogeografía en este grupo. Parra-H y Nates-Parra (2012) examinaron cómo los rasgos físicos determinan la distribución de 134 especies de abejas de orquídeas en Colombia. Los análisis identificaron once regiones biogeográficas diferenciadas, donde características como la eficiencia de vuelo y las adaptaciones para alimentación explican los patrones observados. La mayoría de especies habita por debajo de los 2,000 metros, con distribuciones particulares en áreas como los valles interandinos y el Chocó, este último con conexiones biogeográficas hacia Centroamérica y la Amazonía. Las zonas altas albergan especies con mayor capacidad de vuelo, mientras las tierras bajas concentran mayor diversidad, reflejando adaptaciones a condiciones ecológicas específicas y procesos evolutivos recientes en estas abejas polinizadoras.

Es fundamental comprender las proyecciones futuras si persisten los actuales niveles de fragmentación hábitat, especialmente cuando este fenómeno interactúa con los efectos del cambio climático. La investigación de Giannini et al. (2020) proyectó que el cambio climático provocaría una contracción del área de distribución en el 95% de las especies de abejas en la Amazonía oriental, con apenas un 4-15% manteniendo hábitats viables en la región de Carajás. Las más perjudicadas serán las especies con distribuciones limitadas y aquellas cruciales para polinizar cultivos. Según las proyecciones, únicamente las especies generalistas con amplia tolerancia ecológica lograrían persistir, lo que generaría una pérdida de diversidad funcional con consecuencias para los servicios de polinización. El norte de Pará se identificó como zona clave para la conservación debido a su mayor estabilidad climática proyectada. Estos resultados subrayan la necesidad crítica de incorporar características ecológicas específicas en las estrategias de conservación para preservar tanto la biodiversidad como los servicios ecosistémicos asociados.

Un ejemplo de esto son las proyecciones hechas por D. P. Silva et al. (2015) donde indican que *Eulaema nigrita* podría ampliar su distribución en la Amazonía debido al cambio climático (Fig. 7), particularmente en zonas del "arco de

deforestación". Esta especie generalista, conocida por su adaptabilidad a ambientes alterados y gran capacidad de dispersión (Fig.8), podría establecerse en nuevas áreas gracias a la posible disminución de sus parásitos naturales, los cuales son de la misma tribu (*Exaerete smaragdina* y *Aglae caerulea*), y las condiciones climáticas más secas que favorecen la "sabanización" en la Amazonía oriental podrían aumentar su rango de distribución. Por el contrario, polinizadores especializados como *Euglossa marianae* probablemente verán reducidos sus hábitats. Estos resultados demuestran claramente cómo las características ecológicas de cada especie (como su flexibilidad alimentaria y adaptabilidad ambiental) condicionan su respuesta al cambio global, poniendo en evidencia la especial vulnerabilidad de los polinizadores con requerimientos más específicos.

Otro estudio que muestra cómo las especies más raras se encuentran más amenazadas es el de Ramalho et al. (2013) Ramalho et al. (2013) donde analizaron la distribución de abejas euglosinas en un área de selva tropical intervenida por plantaciones de caucho en la costa atlántica de Brasil, se compararon fragmentos forestales pequeños/grandes y áreas de cultivo. La composición de especies varió significativamente según el tipo de hábitat y distancia, mientras que la abundancia total solo fluctuó temporalmente, sin diferencias entre hábitats. El tamaño de los fragmentos y su separación influyeron principalmente en especies comunes, aunque la mayoría utilizó la matriz de caucho como fuente de recursos. Estos resultados sugieren que las euglosinas, con alta capacidad de dispersión, toleran niveles elevados de fragmentación, aunque algunas especies raras persistieron solo en fragmentos grandes.

Sin embargo, existen alternativas de conservación que pueden ser aplicables frente a este panorama, Gutiérrez-Chacón et al. (2020) Gutiérrez-Chacón et al. (2020) demostraron la importancia de los corredores biológicos, este estudio realizado en bosques andinos presentó patrones interesantes en la distribución de abejas de varias tribus taxonómicas, donde las zonas de corredor a las riberas de un río mostraron mayor diversidad de especies comparado con áreas en restauración o pastizales, mostrando una composición

similar a la de bosques primarios. A pesar de que todos los hábitats mostraron diversidad funcional equivalente, los corredores y bosques presentaron mayor redundancia de especies, lo que refuerza su importancia para preservar los servicios de polinización en paisajes fragmentados. Las áreas en proceso de restauración (con 13 años de recuperación) aún no alcanzan los niveles de riqueza de los ecosistemas de referencia, aunque ya albergan ciertas especies forestales, demostrando su valor como elementos conectores. Los resultados resaltan la importancia crucial de los corredores biológicos para conservar grupos sensibles como los meliponinos, ausentes en pastizales, y enfatizan la necesidad de ampliar los tiempos de restauración y regular la presencia de ganado para optimizar su función ecológica.

Adicionalmente el estudio de Miranda et al. (2019) Miranda et al. (2019) empleó modelos paleoclimáticos para revelar tres zonas refugio en el Bosque Atlántico (sector noreste, central y sureste) que actuarían como reservorios de diversidad genética para abejas euglosinas. Estas áreas, aunque coinciden con regiones prioritarias de conservación, presentan importantes carencias en su protección, particularmente en la zona norte donde avanza la deforestación (Fig. 9). Especies con distribuciones restringidas como *Euglossa perpulchra* y *Eulaema felipei* muestran especial dependencia de estos refugios. Los hallazgos corroboran investigaciones previas que identifican estas regiones como centros de endemismo y sugieren el potencial de las euglosinas como especies indicadoras para estrategias de conservación. Los investigadores destacan la necesidad inmediata de establecer áreas protegidas en el sector norte del dominio y recomiendan complementar estos resultados con análisis filogeográficos que examinen directamente la variabilidad genética en poblaciones naturales.

Los efectos de la fragmentación del hábitat sobre las abejas Euglossini son múltiples y abarcan varios aspectos ecológicos. A pesar de recorrer amplios rangos y adaptarse positivamente a nuevas zonas no son evidencia contundente para afirmar que se encuentran exentas a los efectos de la fragmentación (Zimmermann et al., 2011)

Se ha documentado también un cambio en la composición de las comunidades aunque los resultados no son concluyentes pues Sofia y Suzuki (2004) reportaron que en zonas fragmentadas al Sur de Brasil en cambio en la continuidad del paisaje no presentaba efectos negativos en la riqueza pero el área de los parches se correlacionaba positivamente con la abundancia, mientras que Brosi (2009) reportó para Costa Rica que no se evidenció una relación consistente entre la riqueza o abundancia de abejas y la distancia de aislamiento entre fragmentos. No obstante, detectó una relación positiva entre el área del fragmento y la abundancia de abejas lo cual podría explicarse por la mayor disponibilidad de recursos en zonas de mayor extensión. Brown et al. (2024) mencionan que áreas de conservación poco intervenidas rodeadas por carreteras y zonas agrícolas mantienen altos niveles de diversidad y abundancia y que los pequeños remanentes de bosque nativo en zonas de explotación agrícola presentan efectos positivos para todos los grupos de polinizadores.

La investigación de da Rocha-Filho et al. (2020)da Rocha-Filho et al. (2020) examinó los impactos a largo plazo de la urbanización en comunidades de abejas orquídeas mediante el monitoreo de un fragmento forestal urbano a lo largo de tres décadas. Los resultados revelaron una notable transformación en el ensamblaje de especies: mientras la riqueza general aumentó (12 especies registradas), se observó un marcado reemplazo en la composición. Especies adaptables como *Euglossa cordata* y *Eulaema nigrita* mostraron expansión poblacional, en contraste con la desaparición local de *Euglossa annectans*. Curiosamente, *Euglossa pleosticta* mantuvo su abundancia histórica. A pesar de presiones antropogénicas (expansión urbana e incendios), el fragmento conservó diversidad euglosina, aunque dominada por especies tolerantes.

Estos hallazgos demuestran la capacidad de ciertas euglosinas para persistir en matrices urbanas, aunque con cambios significativos en la estructura comunitaria, destacando la importancia de monitoreos prolongados para evaluar los efectos acumulativos de la fragmentación.

## 6.6. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO

Las orquídeas (Orchidaceae) forman sacos adhesivos que se pegan en la zona dorsal del tórax de sus polinizadores para facilitar su transporte, y asegurar una dispersión eficaz. Para atraer a sus polinizadores, las flores de esta familia han evolucionado estrategias como simular la forma de una hembra, imitar el olor de sus presas, formar patrones de coloración específicos e incluso producir feromonas similares (Harder et al., 2021; Kimsey, 1984; Steffelová et al., 2023)(Harder et al., 2021; Kimsey, 1984; Steffelová et al., 2023). En orquídeas que son polinizadas únicamente por los machos existen compuestos aromáticos producidos en el labellum de la flor formando una relación estrecha entre las especies orquidáceas y las abejas Euglossini pues ambos grupos presentan estructuras específicas que han evolucionado a favor de esta relación (Cameron, 2004).

Aunque las abejas Euglossini son conocidas por su naturaleza solitaria (Grüter, 2020)(Grüter, 2020), sus estrategias de nidificación revelan una sorprendente complejidad social. Por ejemplo, en *Euglossa melanotricha*, las hembras pueden construir nuevas celdas mezclando resinas frescas con material antiguo, usualmente usan su nido natal para este proceso y lo transforman en un espacio compartido. Este fenómeno ocurre cuando dos hermanas recién nacidas se mantienen en el nido, y una asume el rol reproductivo mediante señales químicas que suprimen la oviposición en las demás (Andrade et al., 2016)(Andrade et al., 2016). Curiosamente, estos grupos pueden surgir de vínculos familiares (madres-hijas o hermanas) o de interacciones forzadas entre invasoras y residentes, demostrando una flexibilidad conductual inusual entre abejas solitarias. En contraste, *Euglossa viridissima* presenta la capacidad de anidar tanto individualmente como en comunidades (Cocom Pech et al., 2008)(Cocom Pech et al., 2008)

Una abeja asume rol dominante y con ello el cuidado del nido, permanece casi de manera permanente en el nido. Durante todo este proceso, deposita sus huevos en las celdas que son mantenidas por las hembras subordinadas (Nogueira et al., 2019)(Nogueira et al., 2019). En ciertas especies del género *Euglossa*, cuando el nido vuelve a tener actividad, la dominante despliega conductas agresivas hacia las subordinadas en las cuales

puede perforar las celdas y consumir los huevos que estas han puesto (Andrade E Silva & Nascimento, 2012; Freiria et al., 2017)(Andrade E Silva & Nascimento, 2012; Freiria et al., 2017).

Los nidos de *Euglossa viridissima* pueden albergar hembras no emparentadas que actúen como subordinadas que protegen el nido ante amenazas como parásitos o depredadores, sin embargo existe un consumo selectivo de huevos donde la dominante regula la reproducción de sus subordinadas según el grado de parentesco. Estas interacciones, que oscilan entre el comunalismo y un incipiente eusocialismo, incluyen casos donde múltiples hembras coexisten y alternan actividades de puesta y parasitismo (Boff et al., 2017)(Boff et al., 2017).

*Euglossa cordata*, cuyas hembras exhiben fidelidad a un nido principal, pero mantienen interacciones con otros nidos. Esta estrategia brinda ventajas clave: la dominante acelera la construcción de celdas con ayuda ocasional de otras hembras, mientras que la ocupación continua del nido actúa como barrera contra cleptoparásitos.(Nogueira et al., 2019)(Nogueira et al., 2019)

Las abejas macho de esta tribu presentan un comportamiento ecológico distintivo que es la recolección de compuestos aromáticos mediante estructuras especializadas similares a cepillos ubicados en el tarso de estos especímenes y almacenan dichos compuestos en cavidades especializadas ubicadas en sus patas posteriores (Cameron, 2004)(Cameron, 2004). Este comportamiento exclusivo de los machos, explica la escasez de datos sobre las hembras, ya que los métodos de muestreo tradicionales emplean cebos odoríferos como 1,8-cineol, eugenol y vainillina, compuestos volátiles que atraen selectivamente a los machos (Zimmermann et al., 2011)(Zimmermann et al., 2011). Las hembras, en cambio, no responden a estos atrayentes químicos (Botsch et al., 2017)(Botsch et al., 2017), lo que ha generado un sesgo en los estudios sobre su ecología y distribución.

En 2017 el equipo de Lozier et al. implementó por primera vez trampas con botellas PET para el estudiar los nidos de *Euglossa cordata*, esta técnica es comúnmente usada para meliponinos, a diferencia del cebo usado para meliponinos (propóleo) para este estudio se implementó un cebo aromático. La metodología aplicada fue exitosa pues *Euglossa cordata*

anidó exitosamente en las trampas permitiendo la captura de hembras de esta especie. Si bien este estudio no está centrado en fragmentación presenta una alternativa económica y práctica para el estudio de hembras de esta tribu.

Las sustancias recolectadas provienen de diferentes fuentes que pueden ser flores, resina o madera en descomposición, pese a que la tribu Euglossini se conoce como “abejas de orquídeas” la recolección de estas fragancias no es exclusivamente de especies de la familia Orquidácea, pues pueden recolectar fragancias de algunas especies de Bignoniácea, Solanácea y Euphorbiaceae (Dressler, 1982). Los perfumes por su alta volatilidad actúan como señalización química que se transfiere por el aire. Durante el cortejo los machos son territoriales al elegir una percha en la cual exponen el perfume mediante el movimiento de sus patas traseras durante vuelos de corta duración cuando una hembra se aproxima (Pokorny et al., 2015, 2017)(Pokorny et al., 2015, 2017).

Con el fin de encontrar pareja o sustancias aromáticas, estas abejas poseen una notable capacidad de vuelo, pudiendo recorrer grandes distancias(Ackerman et al., 1982; Dressler, 1982; Janzen, 1971)(Ackerman et al., 1982; Dressler, 1982; Janzen, 1971).

Esta capacidad de vuelo se ve reflejada en lo reportado por el equipo de Sofia & Suzuki (2004)Sofia & Suzuki (2004) en un análisis de poblaciones a escala regional donde se evidencia de la migración de machos de *Eufrisea violeacea* entre fragmentos separados por 14 km, pues no se encontraron diferencias genéticas. Otro estudio con resultados similares donde se evaluó la influencia de la distancia geográfica y la fragmentación sobre el flujo genético en *Euglossa dilemma* entre poblaciones de Yucatán, Veracruz y Florida mostraron estructuración genética correlacionada con la distancia, pero mínima diferenciación interna, sugiriendo alta dispersión sin barreras geográficas. En un segundo enfoque, al estudiar ocho especies de *Euglossa* en Veracruz y Oaxaca, no se registró menor diversidad genética ni diferenciación significativa entre poblaciones en bosques continuos y el fragmento, a pesar de estar separados por 130 km de tierras agrícolas. Esto podría deberse a dispersión ocasional a larga distancia o a que la fragmentación es demasiado reciente para mostrar efectos genéticos medibles.

## 7. CONCLUSIONES

Los cambios morfológicos documentados entre 2005 y 2025 revelan que las abejas Euglossini se presentan de forma diferenciada a la fragmentación del hábitat, pues dependen de la escala espacial y las características ecológicas de cada especie. Las modificaciones en la morfología alar (como el aumento del tamaño o la alteración en regiones específicas del ala) son más frecuentes en especies pequeñas o con requerimientos ecológicos estrictos, mientras que las generalistas tienden a mantener su forma corporal estable. La asimetría fluctuante (FA) del ala, que está más estudiada en especies como *Euglossa pleosticta* y *Eufriesea violacea*, se podría considerar como un indicador temprano de estrés ambiental para estas especies, pues se correlaciona positivamente con los bordes de bosque o zonas intervenidas. Estos resultados sugieren que la fragmentación no afecta a todas las especies por igual, sino que actúa como un filtro ecológico donde prevalecen ciertos rasgos funcionales sobre otros.

Hasta 2025, los patrones de distribución de las Euglossini evidencian tanto su adaptabilidad como su susceptibilidad frente a transformaciones del paisaje. Aunque algunas especies mantienen rangos amplios en zonas intervenidas, otras han reducido su presencia o han desaparecido localmente. Al igual que en el caso de la morfología las especies generalistas se establecen con éxito en ambientes intervenidos debido a su capacidad de vuelo, pero las especies con requerimientos florales específicos o escasa capacidad de dispersión se ven restringidas a remanentes forestales bien conservados. Las zonas de alta diversidad, como la Amazonía y el Chocó, siguen siendo núcleos clave, aunque cada vez más fragmentados. Esta dinámica subraya la urgencia de actualizar registros y monitorear con mayor precisión las especies raras y endémicas.

Los efectos ecológicos de la fragmentación sobre las abejas Euglossini son múltiples. Aunque algunas especies persisten en parches aislados, su viabilidad depende de la estructura del paisaje y la presencia de corredores ecológicos. Son necesarios más estudios en varios países del neotrópico cuya data sobre el tema es mínima o nula, esto permitiría

tener un entendimiento completo de la situación y permitiría que los modelos de ocupación consideren zonas de importancia para la conservación que pueden estar siendo ignoradas.

Además, es urgente desarrollar nuevas metodologías para el muestreo de hembras de la tribu Euglossini. Debido a las diferencias conductuales entre sexos, los métodos de estudio y las descripciones taxonómicas se basan predominantemente en machos. Como consecuencia, se desconoce casi por completo cómo la fragmentación afecta a las hembras, lo que limita una evaluación precisa de los impactos ecológicos en este grupo. Por ello, se requieren metodologías más inclusivas, así como estrategias de conservación adaptadas al contexto local, que integren corredores ecológicos y prácticas agroforestales.

## 8. REFERENCIAS

- Ackerman, J., Mesler, M., Lu, K., & Montalvo, A. (1982). Food-Foraging Behavior of Male Euglossini (Hymenoptera: Apidae): Vagabonds or Trapliners? *Biotropica*, *14*(4), 241. <https://doi.org/10.2307/2388080>
- Andrade, A. C. R., Miranda, E. A., Del Lama, M. A., & Nascimento, F. S. (2016). Reproductive concessions between related and unrelated members promote eusociality in bees. *Scientific Reports*, *6*. <https://doi.org/10.1038/srep26635>
- Andrade E Silva, A. C. R., & Nascimento, F. S. (2012). Multifemale nests and social behavior in *Euglossa melanotricha* (Hymenoptera, apidae, euglossini). *Journal of Hymenoptera Research*, *26*, 1–16. <https://doi.org/10.3897/JHR.26.1957>
- Antonelli, A., Zizka, A., Carvalho, F. A., Scharn, R., Bacon, C. D., Silvestro, D., & Condamine, F. L. (2018). Amazonia is the primary source of Neotropical biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *115*(23), 6034–6039. [https://doi.org/10.1073/PNAS.1713819115/SUPPL\\_FILE/PNAS.1713819115.SAP.P.PDF](https://doi.org/10.1073/PNAS.1713819115/SUPPL_FILE/PNAS.1713819115.SAP.P.PDF)
- Añino, Y., Trujillo, J., Sedas, A., Santos, A., Garrido, A., & Gálvez, D. (2024). Estimating the body size of orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) using the distance between their tegulae. *EUROPEAN JOURNAL OF ENTOMOLOGY*, *121*(1), 37–39. <https://doi.org/10.14411/EJE.2024.006>
- Armbruster, W. S. (2017). The specialization continuum in pollination systems: diversity of concepts and implications for ecology, evolution and conservation. *Functional Ecology*, *31*(1), 88–100. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12783/SUPPINFO>
- Bai, Y., Ma, L. Bin, Xu, S. Q., & Wang, G. H. (2015). A Geometric Morphometric Study of the Wing Shapes of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) from the Qinling Mountains and Adjacent Regions: An Environmental and Distance-Based Consideration. <https://doi.org/10.1653/024.098.0128>, *98*(1), 162–169. <https://doi.org/10.1653/024.098.0128>

- Bishop, J. A., & Armbruster, W. S. (1999). Thermoregulatory abilities of Alaskan bees: Effects of size, phylogeny and ecology. *Functional Ecology*, *13*, 711–724. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00351.x>
- Boff, S., Saito, C. A., & Santos, I. A. (2017). Multiple aggressions among nestmates lead to weak dominance hampering primitively eusocial behaviour in an orchid bee. *Sociobiology*, *64*, 202–211. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i2.1396>
- Bonfim, E. A. (2025). Áreas de endemismo de abelhas das orquídeas (hymenoptera: apidae: euglossini) na região neotropical. En <https://dspace.unila.edu.br/items/32b6b9d3-b60d-4582-8f0a-34373d64bdbc>.
- Botsch, J. C., Walter, S. T., Karubian, J., González, N., Dobbs, E. K., & Brosi, B. J. (2017). Impacts of forest fragmentation on orchid bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) communities in the Chocó biodiversity hotspot of northwest Ecuador. *Journal of Insect Conservation*, *21*, 633–643. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-0006-z>
- Brandt, K., Dötterl, S., Ramírez, S. R., Etl, F., Machado, I. C., Navarro, D. M. do A. F., Dobler, D., Reiser, O., Ayasse, M., & Milet-Pinheiro, P. (2021). Unraveling the Olfactory Biases of Male Euglossine Bees: Species-Specific Antennal Responses and Their Evolutionary Significance for Perfume Flowers. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*, 727471. <https://doi.org/10.3389/FEVO.2021.727471/BIBTEX>
- Brito, T. de F., Pinto, N. S., Phifer, C. C., Knowlton, J. L., Contrera, F. A. L., Maués, M. M., & Silva, D. P. (2021). Orchid bees (Apidae, Euglossini) from Oil Palm Plantations in Eastern Amazon Have Larger but Not Asymmetrical Wings. *Neotropical Entomology*, *50*(3), 388–397. <https://doi.org/10.1007/S13744-021-00864-4/METRICS>
- Brosi, B. (2009). The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biological Conservation*, *142*(2), 414–423. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2008.11.003>
- Brosi, B., Daily, G., & Ehrlich, P. (2007). Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecological Applications*, *17*(2), 418–430. <https://doi.org/10.1890/06-0029;WEBSITE:WEBSITE:ESAJOURNALS;SUBPAGE:STRING:ACCESS>
- Brown, J. C., Corrêa-Neto, J. de J., Ribeiro, C. F., & Oliveira, M. L. (2024). The impact of agricultural colonization and deforestation on orchid bees (Apidae: Euglossini) in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, *293*, 110560. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2024.110560>
- Butt, E. W., Baker, J. C. A., Silva Bezerra, F. G., von Randow, C., Aguiar, A. P. D., & Spracklen, D. V. (2023). Amazon deforestation causes strong regional warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *120*. <https://doi.org/10.1073/pnas.2309123120>
- Cameron, S. A. (2004). Phylogeny and Biology of Neotropical Orchid Bees (Euglossini). *Annual Review of Entomology*, *49*(Volume 49, 2004), 377–404. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.ENTO.49.072103.115855/1>
- Campana, M., & Padrón, P. S. (2023). ED004. Patrones de riqueza de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador basados en modelamiento de nicho. *Siembra*, *10*. [https://doi.org/10.29166/siembra.v9i3\(Especial\)](https://doi.org/10.29166/siembra.v9i3(Especial))
- Cárdenas, R. E., Hernández-L, N., Barragán, Á. R., & Dangles, O. (2013). Differences in Morphometry and Activity among Tabanid Fly Assemblages in an Andean Tropical Montane Cloud Forest: Indication of Altitudinal Migration? *Biotropica*, *45*, 63–72. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00885.x>

- Carneiro, L. S., Aguiar, C. M. L., Aguiar, W. M., Aniceto, E. S., Nunes, L. A., & Ferreira, V. S. (2019). Morphometric Variability among Populations of *Euglossa cordata* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) from Different Phytophysionomies. *Sociobiology*, *66*(4), 575–581. <https://doi.org/10.13102/SOCIOBIOLOGY.V66I4.4675>
- Cocom Pech, M. E., May-Itzá, W. D. J., Medina Medina, L. A., & Quezada-Euán, J. J. G. (2008). Sociality in *Euglossa* (*Euglossa*) *viridissima* Friese (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Insectes Sociaux*, *55*, 428–433. <https://doi.org/10.1007/s00040-008-1023-4>
- Comer, P. J., Valdez, J., Pereira, H. M., Acosta-Muñoz, C., Campos, F., García, F. J. B., Claros, X., Castro, L., Dallmeier, F., Rivadeneira, E. Y. D., Gill, M., Josse, C., Cartagena, I. L., Langstroth, R., Larrea-Alcázar, D., Masur, A., Jaramillo, G. M., Navarro, L., Novoa, S., ... Fernandez, M. (2022). Conserving Ecosystem Diversity in the Tropical Andes. *Remote Sensing*, *14*(12), 2847. <https://doi.org/10.3390/RS14122847/S1>
- Costa, C. P., Machado, C. A. S., Santiago, W. M. S., Dallacqua, R. P., Garófalo, C. A., & Franco, T. M. (2020). Biome variation, not distance between populations, explains morphological variability in the orchid bee *Eulaema nigrita* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini). *Apidologie*, *51*(6), 984–996. <https://doi.org/10.1007/S13592-020-00776-Z/FIGURES/9>
- da Rocha-Filho, L. C., Montagnana, P. C., Boscolo, D., & Garófalo, C. A. (2020). Species turnover and low stability in a community of euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) sampled within 28 years in an urban forest fragment. *Apidologie*, *51*, 921–934. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00772-3>
- De Oliveira-Junior, J. M. B., Almeida, S. M., Rodrigues, L., Silvério Júnior, A. J., & Dos Anjos-Silva, E. J. (2015). Orchid bees (Apidae: Euglossini) in a forest fragment in the ecotone Cerrado-Amazonian forest, Brazil. *Acta Biologica Colombiana*, *20*, 67–78. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.41122>
- de Sousa, F. G., dos Santos, J. S., Martello, F., Diniz, M. F., Bergamini, L. L., Ribeiro, M. C., Collevatti, R. G., & Silva, D. P. (2022). Natural habitat cover and fragmentation per se influence orchid-bee species richness in agricultural landscapes in the Brazilian Cerrado. *Apidologie*, *53*(2), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S13592-022-00925-6/METRICS>
- Dressler, R. L. (1982). Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual review of ecology and systematics*. Volume 13, 373–394. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.ES.13.110182.002105>
- Engel, M. S. (1999). *The first fossil Euglossa and phylogeny of orchid bees* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) (Vol. 3272). American Museum Novitates.
- Faria, L. R. R., & Melo, G. A. R. (2020). Orchid Bees (Euglossini). *Encyclopedia of Social Insects*, 685–690. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28102-1\\_91](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28102-1_91)
- Ferrer-Paris, J. R., Zager, I., Keith, D. A., Oliveira-Miranda, M. A., Rodríguez, J. P., Josse, C., González-Gil, M., Miller, R. M., Zambrana-Torrel, C., & Barrow, E. (2019). An ecosystem risk assessment of temperate and tropical forests of the Americas with an outlook on future conservation strategies. *Conservation Letters*, *12*(2), e12623. <https://doi.org/10.1111/CONL.12623>
- Flores, L. M. A., Zanette, L. R. S., & Araujo, F. S. (2018). Effects of habitat simplification on assemblages of cavity nesting bees and wasps in a semiarid neotropical conservation area. *Biodiversity and Conservation*, *27*(2), 311–328. <https://doi.org/10.1007/S10531-017-1436-3/TABLES/2>

- Freiria, G. A., Rocha-Filho, L. C. da, Del Lama, M. A., & Garófalo, C. A. (2017). Rodeado de enemigos: parasitismo en *Euglossa* spp. (Apidae, Euglossini) causada por seis especies de enemigos naturales. *Journal of Apicultural Research*, 56, 255–261. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1302911>
- Garcia-Cordon, A. C., Bossert, S., Armas, G., & Zack, R. (2023). *Las abejas de las orquídeas de Guatemala (Apidae: Euglossini)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10259043>
- Garlin, J., Theodorou, P., Kathe, E., Quezada-Euán, J. J. G., Paxton, R. J., & Soro, A. (2022). Anthropogenic effects on the body size of two neotropical orchid bees. *BMC Ecology and Evolution*, 22(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S12862-022-02048-Z/PEER-REVIEW>
- Garófalo, C. A., Jerome, G., & Rozen, J. (2001). Parasitic Behavior of *Exaerete smaragdina* with Descriptions of Its Mature Oocyte and Larval Instars (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). [https://doi.org/10.1206/0003-0082\(2001\)349<0001:PBOESW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0082(2001)349<0001:PBOESW>2.0.CO;2), 2001(3349), 1–28. [https://doi.org/10.1206/0003-0082\(2001\)349<0001:PBOESW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0082(2001)349<0001:PBOESW>2.0.CO;2)
- Garraffoni, A. R. S., Moura, F. R., & Lourenço, A. P. (2017). Areas of endemism in the Atlantic Forest: quantitative biogeography insights from orchid bees (Apidae: Euglossini). *Apidologie*, 48, 513–522. <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0494-6>
- Gérard, M., Marshall, L., Martinet, B., & Michez, D. (2021). Impact of landscape fragmentation and climate change on body size variation of bumblebees during the last century. *Ecography*, 44, 255–264. <https://doi.org/10.1111/ecog.05310>
- Ghassemi-Khademi, T. (2018). New insight into the phylogeny of the orchid bees (Apidae: Euglossini). *Journal of Wildlife and Biodiversity*, 2, 19–35. <https://doi.org/10.22120/jwb.2018.30117>
- Giannini, T. C., Costa, W. F., Borges, R. C., Miranda, L., da Costa, C. P. W., Saraiva, A. M., & Imperatriz Fonseca, V. L. (2020). Climate change in the Eastern Amazon: crop-pollinator and occurrence-restricted bees are potentially more affected. *Regional Environmental Change*, 20. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01611-y>
- Gomes, E., Banos, A., Abrantes, P., Rocha, J., Kristensen, S. B. P., & Busck, A. (2019). Agricultural land fragmentation analysis in a peri-urban context: From the past into the future. *Ecological Indicators*, 97, 380–388. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2018.10.025>
- González, J. M. (1999). Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales. *Memoria - Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, 56(145), 45–54. <https://biblat.unam.mx/es/revista/memoria-sociedad-de-ciencias-naturales-la-salle/articulo/fauna-del-parque-nacional-henri-pittier-euglossini-hymenoptera-apidae-bombinae-claves-y-lista-preliminar>
- Grass, I., Jauker, B., Steffan-Dewenter, I., Tschardt, T., & Jauker, F. (2018). Past and potential future effects of habitat fragmentation on structure and stability of plant–pollinator and host–parasitoid networks. *Nature Ecology and Evolution*, 2, 1408–1417. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0631-2>
- Grassi-Sella, M. L., Garófalo, C. A., & Francoy, T. M. (2018). Morphological similarity of widely separated populations of two Euglossini (Hymenoptera; Apidae) species based on geometric morphometrics of wings. *Apidologie*, 49(2), 151–161. <https://doi.org/10.1007/S13592-017-0536-0/FIGURES/5>
- Grüter, C. (2020). *Evolution and Diversity of Stingless Bees* (pp. 43–86). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60090-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60090-7_2)
- Guevara, J., Calvache, E., Ortega-Andrade, H. M., & Pazmiño-Palomino, A. (2024). Body size and abundance patterns of male orchid bees in a fragmented Neotropical

- landscape. *Insect Conservation and Diversity*, 18(1), 116–126.  
<https://doi.org/10.1111/ICAD.12787>;CTYPE:STRING:JOURNAL
- Gutiérrez-Chacón, C., Valderrama-A, C., & Klein, A. M. (2020). Biological corridors as important habitat structures for maintaining bees in a tropical fragmented landscape. *Journal of Insect Conservation*, 24, 187–197.  
<https://doi.org/10.1007/s10841-019-00205-2>
- Harder, L. D., Richards, S. A., Ågren, J., & Johnson, S. D. (2021). Mechanisms of male-male interference during dispersal of orchid pollen. *American Naturalist*, 197(2), 250–265. <https://doi.org/10.1086/712378>/ASSET/IMAGES/LARGE/FG7.JPEG
- Harmon-Threatt, A. N., & Anderson, N. L. (2023). Bee movement between natural fragments is rare despite differences in species, patch, and matrix variables. *Landscape Ecology*, 38, 2519–2531. <https://doi.org/10.1007/s10980-023-01719-6>
- Harwood, J. A., Añino, Y. J., & Parra-H, A. (2023). *EUGLOSSINI BEES (HYMENOPTERA: APIDAE) IN SANTA RITA, PANAMA*.  
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/3430>.
- Hill, J., Thomas, C. D., & Lewis, O. T. (1999). Flight morphology in fragmented populations of a rare British butterfly, *Hesperia comma*. *Biological Conservation*, 87(3), 277–283. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(98\)00091-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00091-3)
- Hillaert, J., Hovestadt, T., Vandegehuchte, M. L., & Bonte, D. (2018). Size-dependent movement explains why bigger is better in fragmented landscapes. *Ecology and Evolution*, 8, 10754–10767. <https://doi.org/10.1002/ece3.4524>
- Hinojosa-Díaz, I. A., & Engel, M. S. (2011). Revision of the orchid bee subgenus *Euglossella* (Hymenoptera, Apidae), Part I, the *decorata* species group. *ZooKeys*, 140, 27–69. <https://doi.org/10.3897/zookeys.140.1923>
- Hinojosa-Díaz, I. A., & Engel, M. S. (2012). A checklist of the orchid bees of Nicaragua (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 85, 135–144. <https://doi.org/10.2317/JKES111226.1>
- Hinojosa-Díaz, I. A., & Engel, M. S. (2014). Revision of the orchid bee subgenus *Euglossella* (Hymenoptera: Apidae), part II: The *viridis* and *mandibularis* species groups. *Journal of Melittology*, 1–108. <https://doi.org/10.17161/jom.v0i36.4777>
- Janzen, D. H. (1971). Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. *Science*, 171(3967), 203–205.  
<https://doi.org/10.1126/SCIENCE.171.3967.203>;PAGEGROUP:STRING:PUBLIC ATION
- Johnson, M. G., Glass, J. R., & Harrison, J. F. (2022). A desert bee thermoregulates with an abdominal convector during flight. *Journal of Experimental Biology*, 225. <https://doi.org/10.1242/jeb.244147>
- Joly, C. A., Metzger, J. P., & Tabarelli, M. (2014). Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist*, 204(3), 459–473. <https://doi.org/10.1111/NPH.12989>
- Juárez Ramos, D. (2021). *Revisión de la tribu Euglossini (Hymenoptera: Apidae) en México, con énfasis en la fauna de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México*. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/revision-de-la-tribu-euglossini-hymenoptera-apidae-en-mexico-con-énfasis-en-la-fauna-de-la-estacion-de-biologia-tropica-3587712?c=%7B>.
- Kearns, C., Inouye, D. W., & Waser, N. M. (1998). Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(Volume 29, 1998), 83–112.  
<https://doi.org/10.1146/ANNUREV.ECOLSYS.29.1.83>/CITE/REFWORKS

- Kimsey, L. S. (1982). *Systematics of bees of the genus Eufriesea (Hymenoptera, Apidae)* (Vol. 95). University of California Press.
- Kimsey, L. S. (1984). The behavioural and structural aspects of grooming and related activities in euglossine bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Zoology*, 204(4), 541–550. <https://doi.org/10.1111/J.1469-7998.1984.TB02386.X>
- Kimsey, L. S. (1987). Generic relationships within the Euglossini (Hymenoptera: Apidae). *Systematic Entomology*, 12, 63–72. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.1987.tb00548.x>
- Knoll, F. do R. N., & Penatti, N. C. (2012). Habitat Fragmentation Effects on the Orchid Bee Communities in Remnant Forests of Southeastern Brazil. *Neotropical Entomology*, 41(5), 355–365. <https://doi.org/10.1007/S13744-012-0057-5/TABLES/5>
- Kremen, C., Williams, N. M., Bugg, R. L., Fay, J. P., & Thorp, R. W. (2004). The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7(11), 1109–1119. <https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2004.00662.X>
- Laurance, W. F., Camargo, J. L. C., Luizão, R. C. C., Laurance, S. G., Pimm, S. L., Bruna, E. M., Stouffer, P. C., Bruce Williamson, G., Benítez-Malvido, J., Vasconcelos, H. L., Van Houtan, K. S., Zartman, C. E., Boyle, S. A., Didham, R. K., Andrade, A., & Lovejoy, T. E. (2011). The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*, 144(1), 56–67. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2010.09.021>
- Leão-Gomes, B., & Vasconcelos, H. L. (2023). Land-use changes in a neotropical biodiversity hotspot and its effects on Euglossini bees. *Journal of Insect Conservation*, 27(1), 87–96. <https://doi.org/10.1007/S10841-022-00428-W/METRICS>
- Li, F., Zheng, W., Wang, Y., Liang, J., Xie, S., Guo, S., Li, X., & Yu, C. (2019). Urban Green Space Fragmentation and Urbanization: A Spatiotemporal Perspective. *Forests 2019, Vol. 10, Page 333, 10(4)*, 333. <https://doi.org/10.3390/F10040333>
- Liu, Z., He, C., & Wu, J. (2016). The Relationship between Habitat Loss and Fragmentation during Urbanization: An Empirical Evaluation from 16 World Cities. *PLOS ONE*, 11(4), e0154613. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0154613>
- Lozier, J. D., Parsons, Z. M., Rachoki, L., Jackson, J. M., Pimsler, M. L., Oyen, K. J., Strange, J., & Dillon, M. E. (2021). Divergence in Body Mass, Wing Loading, and Population Structure Reveals Species-Specific and Potentially Adaptive Trait Variation Across Elevations in Montane Bumble Bees. *Insect Systematics and Diversity*, 5(5). <https://doi.org/10.1093/ISD/IXAB012>
- McCrary, K. W., Dyke, J. Van, Creedy, T. J., & Roubik, D. W. (2016). Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of Cusuco National Park, State of Cortés, Honduras. *Florida Entomologist*, 99, 765–768. <https://doi.org/10.1653/024.099.0431>
- McDonald, E., Podesta, J., Fortuin, C. C., & Gandhi, K. J. K. (2022). Expanded range of eight orchid bee species (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) in Costa Rica. *Biodiversity Data Journal*, 10. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e81220>
- Mena, S., Kozak, K. M., Cárdenas, R. E., & Checa, M. F. (2020). Forest stratification shapes allometry and flight morphology of tropical butterflies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287, 20201071. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1071>

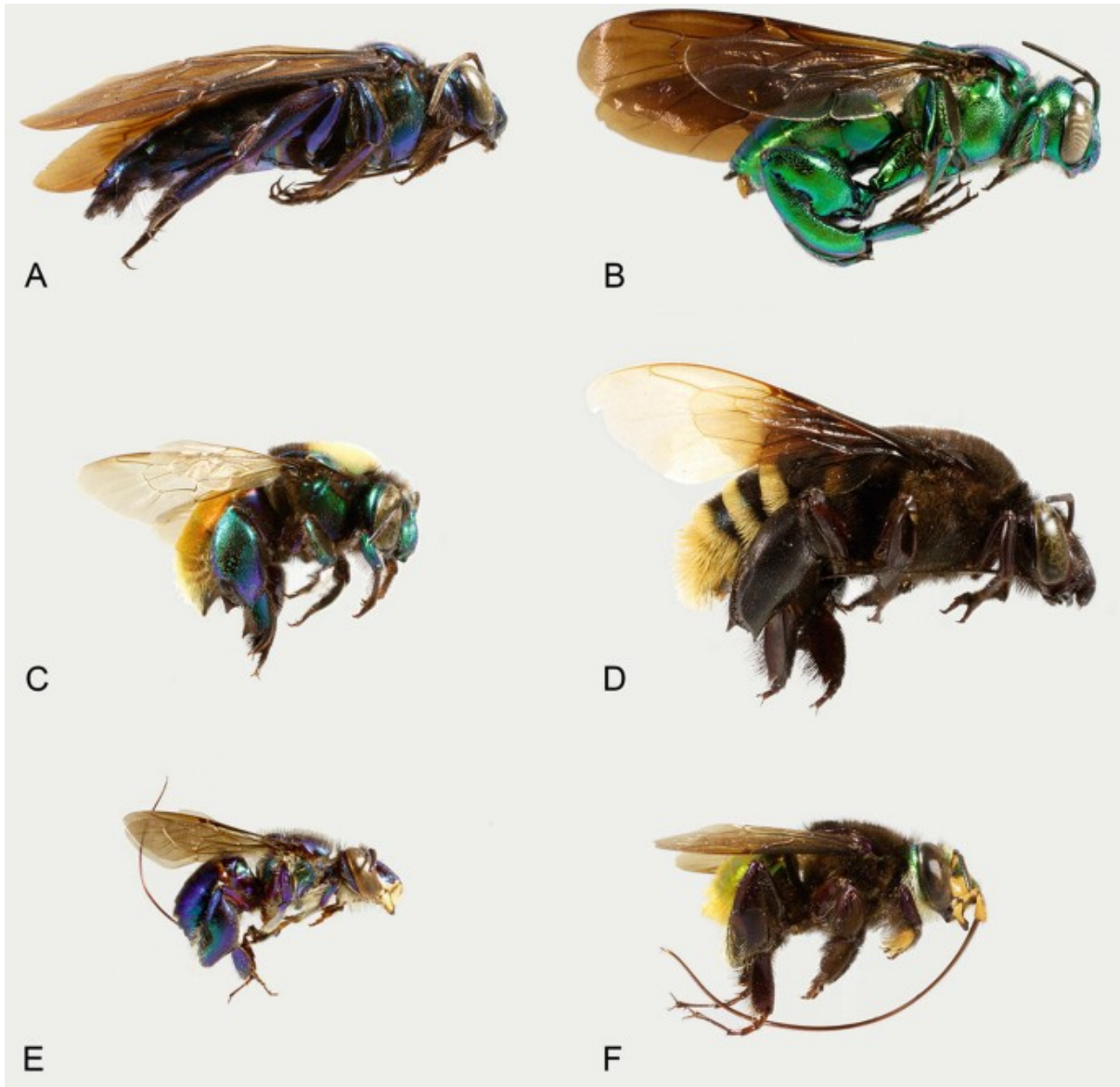
- Michel-Salzat, A., Cameron, S. A., & Oliveira, M. L. (2004). Phylogeny of the orchid bees (Hymenoptera: Apinae: Euglossini): DNA and morphology yield equivalent patterns. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 32, 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2003.12.009>
- Michener, C. (1990). *Classification of the Apidae (Hymenoptera)* (4a ed., Vol. 54). University of Kansas Science Bulletin.
- Michener, C. D. (2007). The bees of the world, 2nd edition. En *The Johns Hopkins University Press* (2a ed.). JHU press. [https://books.google.com/books/about/The\\_Bees\\_of\\_the\\_World.html?hl=es&id=a8L8EAAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/The_Bees_of_the_World.html?hl=es&id=a8L8EAAAQBAJ)
- Miranda, E. A., Carvalho, A. F., de Jesus Gomes-Miranda, J., de Souza, C. R., & Costa, M. A. (2019). Priority areas for conservation of orchid bees (Apidae, Euglossini) in the Atlantic Forest. *Journal of Insect Conservation*, 23, 613–621. <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00155-9>
- Moure, J. S. ., Urban, D., & Melo, G. A. R. . (2007). *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region*. 1058.
- Mullu, D. (2016). A Review on the Effect of Habitat Fragmentation on Ecosystem. *Journal of Natural Sciences Research*.
- Nemésio, A. (2009). Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa*, 2041(1), 1-242–1–242. <https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.2041.1.1>
- Nemésio, A., & Rasmussen, C. (2014). Amostrando um ‘hotspot’ de biodiversidade: A fauna de abelhas-das-orquídeas (Hymenoptera: Apidae) de Tarapoto, nordeste do Peru, a área mais rica e diversa da região Neotropical. *Brazilian Journal of Biology*, 74, 33–44. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.20412>
- Nemésio, A., & Silveira, F. A. (2007). Diversity and distribution of orchid bees (Hymenoptera: Apidae) with a revised checklist of species. *Neotropical Entomology*, 36(6), 874–888. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000600008>
- Nogueira, D. S., Cavalcante, A. M., Parente, M. D. C., Filho, A. J. S. P., & Freitas, B. M. (2019). Do euglossine females reside in a single nest? Notes on euglossa cordata (hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Iheringia - Serie Zoologia*, 109. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019016>
- Oliveira, M. L. (2006). New hypothesis of phylogenetic relationships for the genera of Euglossini, and for the species of Eulaema Lepeletier, 1841 (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Acta Amazonica*, 36, 273–285. <https://doi.org/10.1590/s0044-59672006000200018>
- O’Neill, K. M., O’Neill, R. P., Delphia, C. M., Burkle, L. A., & Runyon, J. B. (2023). Diversity and distribution of orchid bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) in Belize. *PeerJ*, 11, e14928. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.14928/SUPP-9>
- O’Neill, K., O’Neill, R., Delphia, C., Burkle, L., & Runyon, J. (2023). Diversity and distribution of orchid bees (Hymenoptera: Apidae, Euglossini) in Belize. *PeerJ*, 11. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.14928/SUPP-9>
- Outomuro, D., Dijkstra, K. D. B., & Johansson, F. (2013). Habitat variation and wing coloration affect wing shape evolution in dragonflies. *Journal of Evolutionary Biology*, 26(9), 1866–1874. <https://doi.org/10.1111/JEB.12203>
- Padrón, P. S., Roubik, D. W., & Picón, R. P. (2018). A Preliminary Checklist of the Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of Ecuador. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2018(1), 2678632. <https://doi.org/10.1155/2018/2678632>
- Parra-H, A., & Nates-Parra, G. (2012). The Ecological Basis for Biogeographic Classification: An Example in Orchid Bees (Apidae: Euglossini). *Neotropical*

- Entomology*, 41(6), 442–449. <https://doi.org/10.1007/S13744-012-0069-1/METRICS>
- Pinto, A. R., Silveira, G. D. C., Gaglianone, M. C., & Freitas, L. (2019). Abrupt decrease in the diversity of Euglossini bees (Hymenoptera: Apidae) in a montane rainforest. *Journal of Apicultural Research*, 58, 682–693. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1637223>
- Pinto, N. S., Silva, D. P., Rodrigues, J. G., & De Marco, P. (2015). The Size But not the Symmetry of the Wings of *Eulaema nigrita* Lepelletier (Apidae: Euglossini) is Affected by Human-Disturbed Landscapes in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotropical Entomology*, 44(5), 439–447. <https://doi.org/10.1007/S13744-015-0316-3/METRICS>
- Pokorny, T., Ramírez, S. R., Weber, M. G., & Eltz, T. (2015). Cuticular Hydrocarbons as Potential Close Range Recognition Cues in Orchid Bees. *Journal of Chemical Ecology*, 41(12), 1080–1094. <https://doi.org/10.1007/S10886-015-0647-X/FIGURES/6>
- Pokorny, T., Vogler, I., Losch, R., Schlütting, P., Juarez, P., Bissantz, N., Ramírez, S. R., & Eltz, T. (2017). Blown by the wind: the ecology of male courtship display behavior in orchid bees. *Ecology*, 98(4), 1140–1152. <https://doi.org/10.1002/ECY.1755;PAGEGROUP:STRING:PUBLICATION>
- Prudhomme, J., Cassan, C., Hide, M., Toty, C., Rahola, N., Vergnes, B., Dujardin, J. P., Alten, B., Sereno, D., & Bañuls, A. L. (2016). Ecology and morphological variations in wings of *Phlebotomus ariasi* (Diptera: Psychodidae) in the region of Roquedur (Gard, France): a geometric morphometrics approach. *Parasites and Vectors*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S13071-016-1872-Z/FIGURES/14>
- Ramalho, M., Rosa, J. F., Dantas E Silva, M., Silva, M., & Monteiro, D. (2013). Spatial distribution of orchid bees in a rainforest/rubber agro-forest mosaic: Habitat use or connectivity. *Apidologie*, 44, 385–403. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0189-y>
- Ramírez, S. R., Roubik, D. W., Skov, C. E., & Pierce, N. E. (2010). Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 100, 552–572. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2010.01440.x>
- Ribeiro, M., Aguiar, W. M., Nunes, L. A., & Carneiro, L. S. (2019). Morphometric Changes in Three Species of Euglossini (Hymenoptera: Apidae) in Response to Landscape Structure. *Sociobiology*, 66(2), 339–347. <https://doi.org/10.13102/SOCIOBIOLOGY.V66I2.3779>
- Rosado-Martínez, M. F., Santos-Murgas, A., Cobos-Hernández, R. M., Carrero, D. A., & Flórez-Villamizar, I. B. (2025). Diversidad taxonómica de abejas de las orquídeas (apidae: Euglossini) y su relación con factores ambientales en áreas periurbanas de Yopal, Casanare, Colombia. *Biotempo*, 21. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v21i2.6772>
- Roubik, D., & Hanson, P. (2004). *Orchid bees of tropical America: Biology and Field Guide*. 2004. Inbio Press, Heredia, Costa Rica | Request PDF. [https://www.researchgate.net/publication/256117137\\_Orchid\\_bees\\_of\\_tropical\\_America\\_Biology\\_and\\_Field\\_Guide\\_2004\\_Inbio\\_Press\\_Heredia\\_Costa\\_Rica](https://www.researchgate.net/publication/256117137_Orchid_bees_of_tropical_America_Biology_and_Field_Guide_2004_Inbio_Press_Heredia_Costa_Rica)
- Silva, D. P., & De Marco, P. (2014). No evidence of habitat loss affecting the orchid Bees *Eulaema nigrita* Lepelletier and *Eufriesea auriceps* friese (Apidae: Euglossini) in the Brazilian Cerrado Savanna. *Neotropical Entomology*, 43(6), 509–518. <https://doi.org/10.1007/S13744-014-0244-7/METRICS>

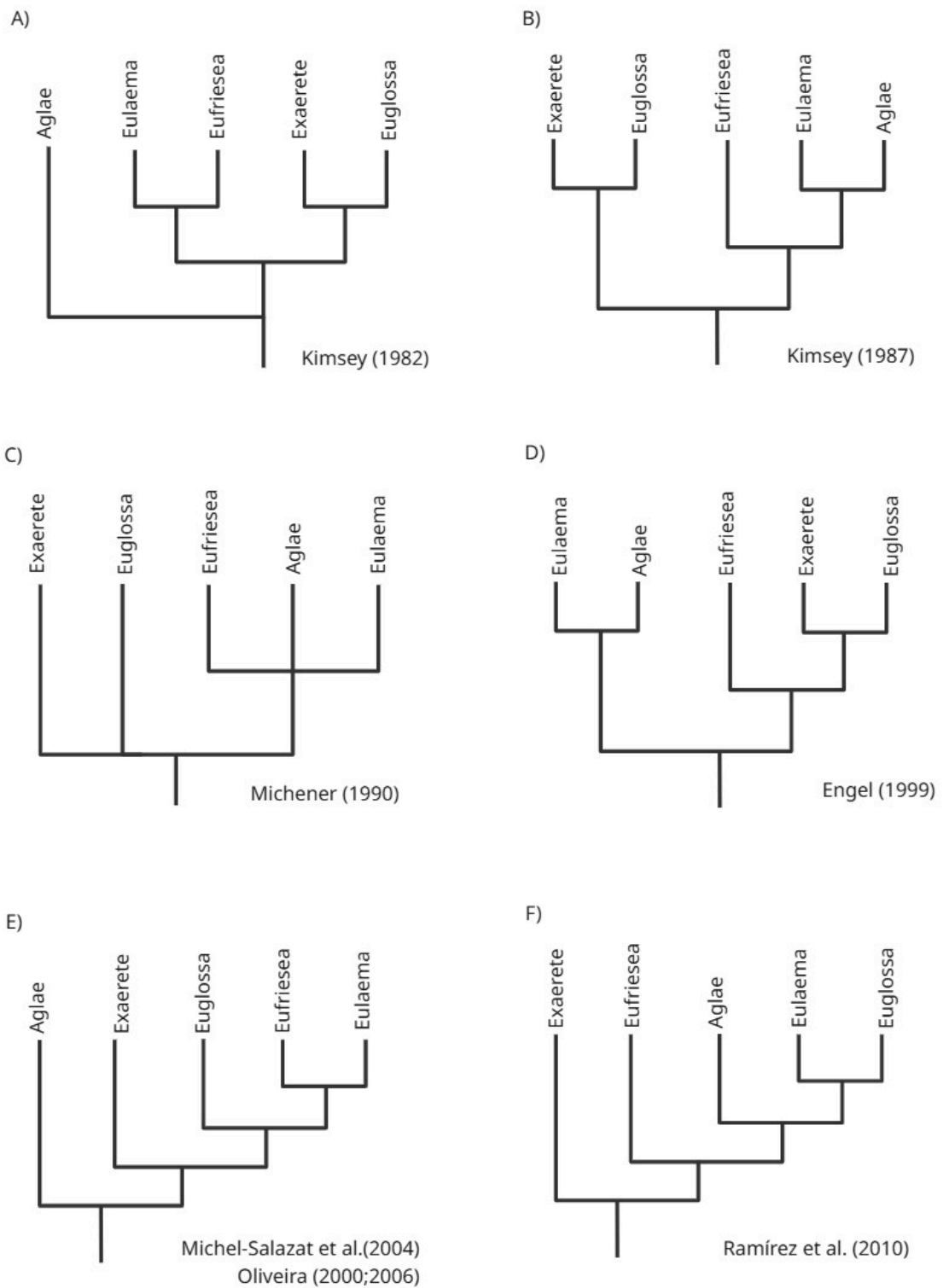
- Silva, D. P., Macêdo, A. C. B. A., Ascher, J. S., & De Marco, P. (2015). Range increase of a Neotropical orchid bee under future scenarios of climate change. *Journal of Insect Conservation*, *19*, 901–910. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9807-0>
- Silva, J. J., Mendes, J., & Lomônaco, C. (2004). Developmental stress by diflubenzuron in *Haematobia irritans* (L.) (Diptera: Muscidae). *Neotropical Entomology*, *33*(2), 249–253. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000200017>
- 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 : GMR*, *8*(2), 730–737. <https://doi.org/10.4238/VOL8-2KERR037>,
- Sofia, S. H., & Suzuki, K. M. (2004). Comunidades de machos de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em fragmentos florestais no Sul do Brasil. *Neotropical Entomology*, *33*(6), 693–702. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000600006>
- Steffelová, M., Traxmandlová, I., Štípková, Z., & Kindlmann, P. (2023). Pollination strategies of deceptive orchids – a review. *European Journal of Environmental Sciences*, *13*(2), 110–116. <https://doi.org/10.14712/23361964.2023.12>
- Tomkins, J. L., & Kotiaho, J. S. (2002). Fluctuating Asymmetry. *Encyclopedia of Life Sciences*. <https://doi.org/10.1038/NPG.ELS.0003741>
- Torne-Noguera, A., Rodrigo, A., Arnan, X., Osorio, S., Barril-Graells, H., Da Rocha-Filho, L. C., & Bosch, J. (2014). Determinants of spatial distribution in a bee community: Nesting resources, flower resources, and body size. *PLoS ONE*, *9*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097255>
- Tylianakis, J. M., Didham, R. K., Bascompte, J., & Wardle, D. A. (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, *11*(12), 1351–1363. <https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2008.01250.X>
- Urech, Z., & Zaehring, J. (2015). Understanding deforestation and forest fragmentation from a livelihood perspective. *Madagascar Conservation & Development*, *10*(2), 67. <https://doi.org/10.4314/MCD.V10I2.5>
- Vaca-Sánchez, M. S., Cuevas-Reyes, P., Prieto-Dueñas, I. S., Munck, I., Oki, Y., Castelan, K., & Fernandes, G. W. (2025). The Importance of Fluctuating Asymmetry as an Indicator of Environmental Stress: Wing Morphological Responses of *Euglossa melanotricha* to an Altitudinal Gradient. *Sociobiology*, *72*(1), e11255–e11255. <https://doi.org/10.13102/SOCIOBIOLOGY.V72I1.11255>
- Vega-Hidalgo, Á., Añino, Y., Krichilsky, E., Smith, A. R., Santos-Murgas, A., & Gálvez, D. (2020). Decline of native bees (Apidae: Euglossa) in a tropical forest of Panama. *Apidologie 2020 51:6*, *51*(6), 1038–1050. <https://doi.org/10.1007/S13592-020-00781-2>
- Wilcove, S. (1986). Habitat fragmentation in the temperate zone. *Conservation Biology*, *237–256*. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1570572700167101184>
- Yamhure-Ramírez, D., Wainwright, P. C., & Ramírez, S. R. (2025). Sexual dimorphism and morphological integration in the orchid bee brain. *Scientific Reports*, *15*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/S41598-025-92712-3>;SUBJMETA=18,1804,1805,378,601,631;KWRD=ANIMAL+BEHAVIOUR,SEXUAL+DIMORPHISM
- Zimmermann, Y., Schorkopf, D. L. P., Moritz, R. F. A., Pemberton, R. W., Quezada-Euan, J. J. G., & Eltz, T. (2011). Population genetic structure of orchid bees (Euglossini) in anthropogenically altered landscapes. *Conservation Genetics*, *12*(5), 1183–1194. <https://doi.org/10.1007/S10592-011-0221-1/FIGURES/3>

Zózimo Molinez, R., do Carmo, R. S., Mourão, C., Soler, L., Turíbio, A., dos Santos Cursino, M. M., & Amaral, S. (2024). Historical and recent deforestation patterns in the Atlantic Forest from satellite monitoring system - PRODES. *Revista Brasileira de Cartografia*, 76. <https://doi.org/10.14393/rbcv76n0a-72589>

## 9. FIGURAS

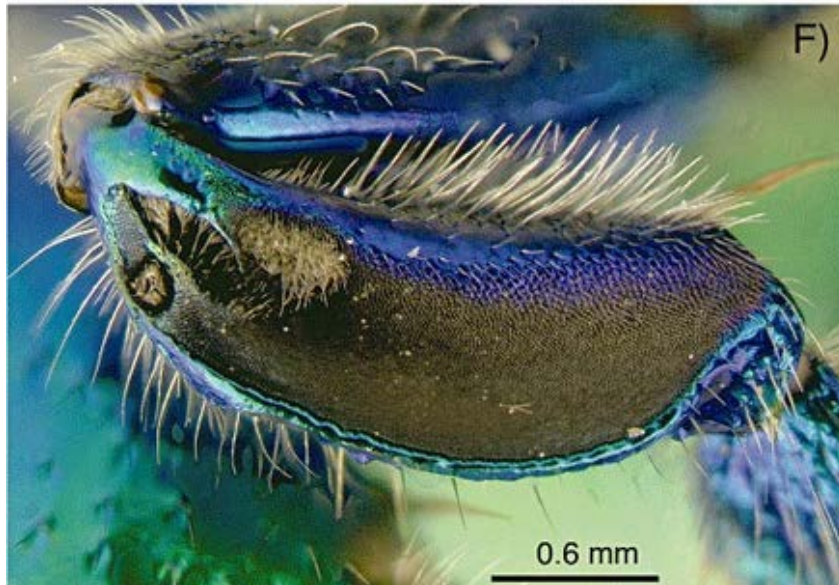


**Figura 1. Variedad de formas de Euglossini representadas en sus cinco géneros principales:** Representadas a la misma escala A. *Aglae coerulea*. B. *Exaerete trochanterica*. C. *Eufriesea mariana*. D. *Eulaema flavescens*. E. *Euglossa (Glossura) asarophora*. F. *Euglossa (Glossuropoda) intersecta* (Faria & Melo, 2020)(Faria & Melo, 2020)



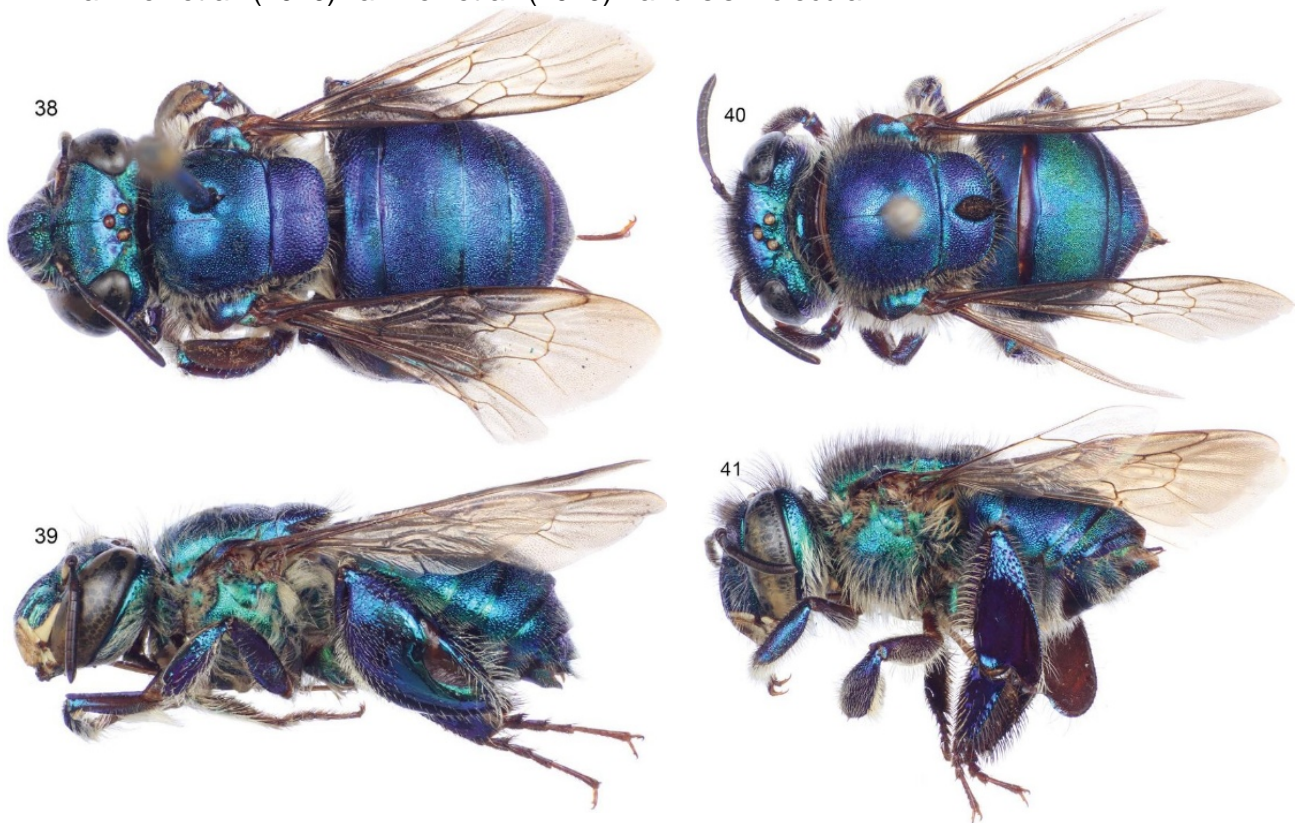
**Figura 2. Topologías planteadas para la relación entre los géneros Euglossini.** (A) Kimsey (1982)Kimsey (1982) – análisis de morfología; (B) Kimsey (1987)Kimsey (1987) - análisis de morfología; (C) C. Michener (1990)C. Michener (1990) - análisis de morfología; (D) Engel (1999)Engel (1999) - análisis de morfología; (E) Michel-Salzat et al. (2004)Michel-

Salzat et al. (2004) y Oliveira (2006)Oliveira (2006) - análisis morfológico y molecular; (F)



**Figura 3. Macrografía de la tibia de las patas posteriores en un macho de *Euglossa paisa*** (Ramírez et al., 2010)(Ramírez et al., 2010)  
. Aquí se pueden observar [estructuras.....]

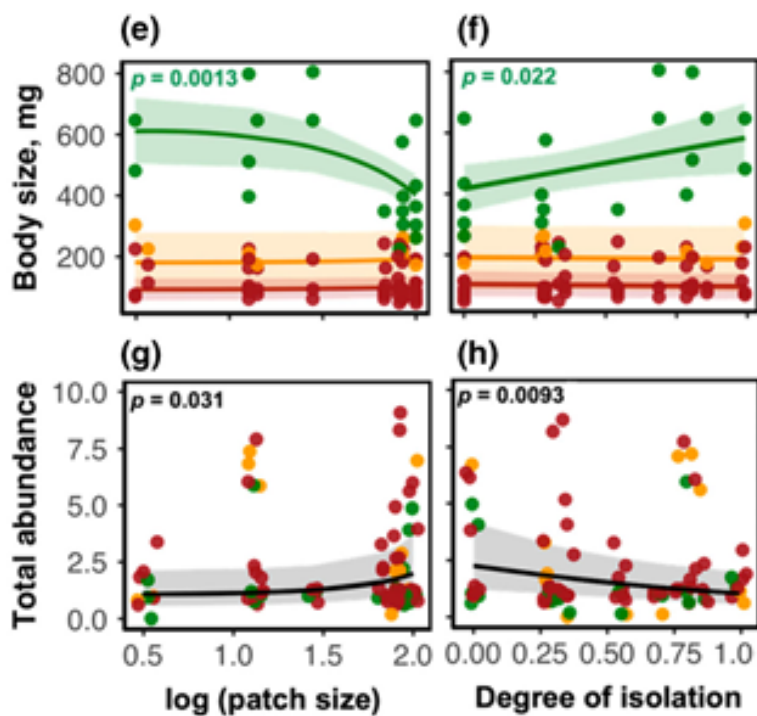
Ramírez et al. (2010)Ramírez et al. (2010) - análisis molecular.



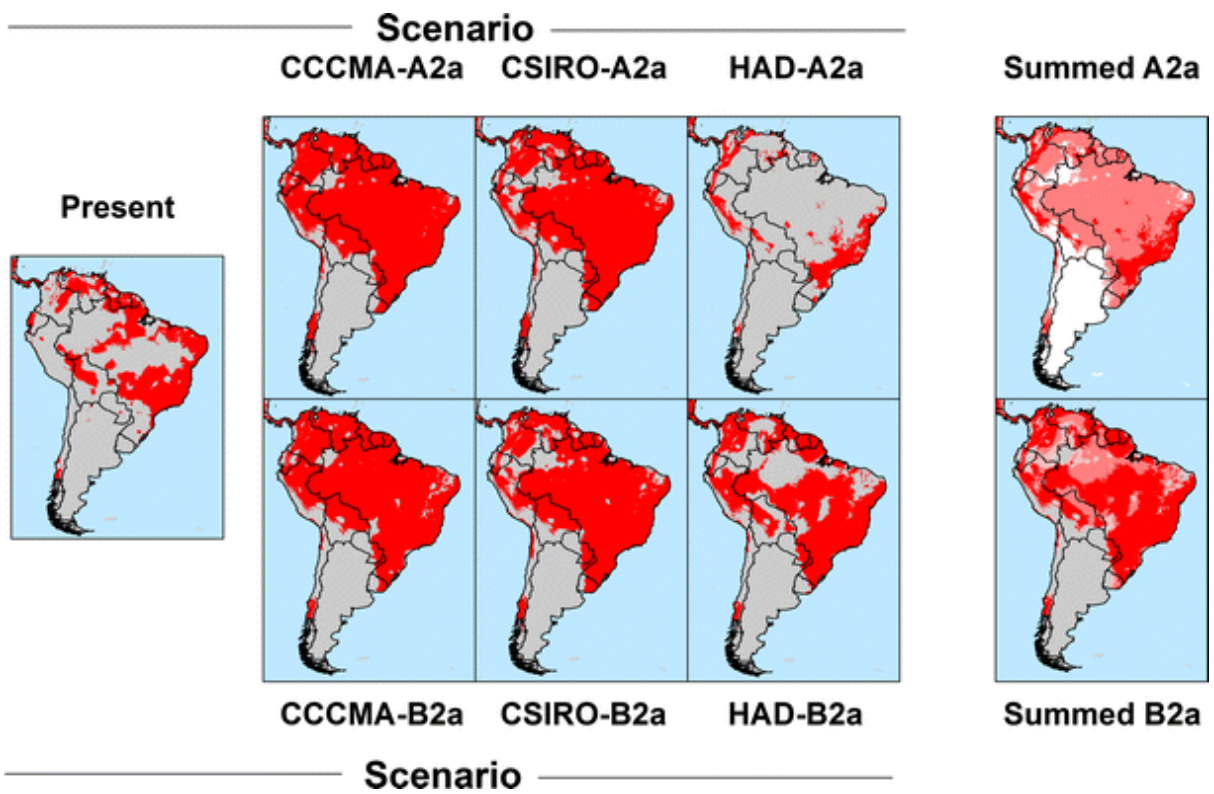
**Figura 4. Vista dorsal y lateral de especímenes macho y hembra de *Euglossa E. cyanea* Friese.** Individuo macho (Figs. 38-39), el segundo esternito metasomal presenta dos mechones mesolaterales simples, con el metasoma notablemente más ancho que la cabeza, rasgo visible en vista dorsal. Hembra (Figs. 40-41) exhiben un penacho mesoscutelar elipsoidal compuesto por setas oscuras y densas, ocupando dos tercios del mesoscutelo.(Hinojosa-Díaz & Engel, 2014)(Hinojosa-Díaz & Engel, 2014)



**Figura 5. Tamaño corporal por género de individuos más comunes en muestreos:** *Eulaema bombiformis* - 31 mm, *Eulaema cingulata* - 26 mm, *Exaerete smaragdina* - 22 mm, *Euglossa intersecta* - 21 mm, *Euglossa orellana* - 18 mm (derecha). (Guevara et al., 2024)(Guevara et al., 2024)



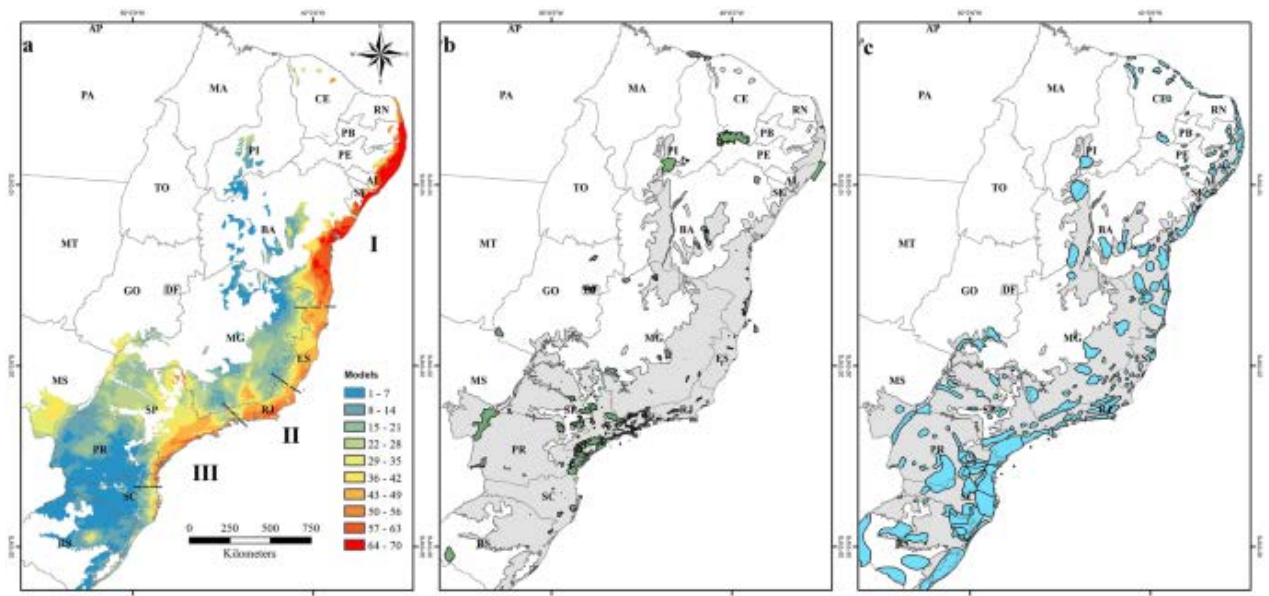
**Figura 6. Relación entre el tamaño corporal, abundancia, tamaño de los fragmentos de bosque y el nivel de aislamiento entre ellos.** Datos en color verde representan los individuos del género *Eulaema*, en color amarillo el género *Exaerete* y en color rojo el género *Euglossa* del cual existen más registros. (Guevara et al., 2024)(Guevara et al., 2024)



**Figura 7.** Mapas de distribución estimada para *Eulaema nigrita* en condiciones actuales y futuras (2080), obtenidos con el algoritmo MaxEnt (Silva et al., 2015).



Figura 8. Distribución registrada de *Eulaema nigrita* en América del Sur (Silva et al., 2015)



**Figura 9. El análisis a escala de ensamblaje para diez especies de euglosinas en el dominio del Bosque Atlántico (AF)** a. Zonas principales de estabilidad climática: (I) región noreste, (II) área central y (III) sector sureste-sur. La figura b muestra en verde las Áreas Prioritarias para Conservación dentro del AF, cuyo dominio aparece en gris. Paralelamente, la figura c presenta en azul las Unidades de Conservación actualmente establecidas, superpuestas igualmente sobre la silueta gris del AF. (Miranda et al., 2019)(Miranda et al., 2019)

## 10. TABLAS

**Tabla 1 Diversidad de Euglossini en el Neotrópico**

País	Número de especies	Superficie del territorio (km <sup>2</sup> )*	Especies/1000 km <sup>2</sup>	Referencias
México	35	1972,55	0,02	(Juárez Ramos, 2021)(Juárez Ramos, 2021)
Belice	27	22,966	1,18	(O'Neill et al., 2023)
El salvador	5	21,041	0,24	(O'Neill et al., 2023)
Honduras	34	112,77	0,30	(McCravy et al., 2016)(McCravy et al., 2016)
Guatemala	35	108,888	0,32	(Garcia-Cordon et al., 2023)(Garcia-Cordon et al., 2023)
Costa Rica	66	51,1	1,29	(McDonald et al., 2022)(McDonald et al., 2022)
Nicaragua	33	130,373	0,25	(Hinojosa-Díaz & Engel, 2012)(Hinojosa-Díaz & Engel, 2012)
Panamá	70	78,2	0,90	(Harwood et al., 2023)(Harwood et al., 2023)
Colombia	134	1141,748	0,12	(Rosado-Martínez et al., 2025)(Rosado-Martínez et al., 2025)
Venezuela	36	916,447	0,04	(González, 1999)(González, 1999)
Ecuador	115	256,37	0,45	(Padrón et al., 2018)(Padrón et al., 2018)
Perú	41	1285,215	0,03	(Nemésio & Rasmussen, 2014)(Nemésio & Rasmussen, 2014)

Brasil

200

8511,965

0,02

(De Oliveira-Junior et al., 2015)(De Oliveira-Junior et al., 2015)

---

Tabla Adaptada de O'Neill et al. (2023)

\*Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. (2024).