



## Abejas de las orquídeas como bioindicadores del estado de conservación de un bosque

### Orchid bees as bioindicators of the state of conservation of a forest

Bleysin Rojas<sup>1</sup>; Oliver Vásquez <sup>1</sup>; Alonso Santos-Murgas<sup>2,\*</sup>; Rafael Cobos<sup>3</sup>; Iris Y. Gómez Robles<sup>4</sup>

1 Universidad de Panamá; Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología; Centro Regional Universitario de Coclé, Penonomé, Panamá.

2 Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología, Ciudad Universitaria Dr. Octavio Méndez Pereira, Panamá.

3 Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

4 Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Centro Regional Universitario de Coclé, Penonomé, Panamá.

\*Autor correspondiente: [santasmurgasa@gmail.com](mailto:santasmurgasa@gmail.com) (A. Santos-Murgas).

ID ORCID de los autores

B. Rojas:  <http://orcid.org/0000-0002-4548-1202>

O. Vásquez:  <http://orcid.org/0000-0002-3664-1520>

A. Santos-Murgas:  <http://orcid.org/0000-0001-9339-486X>

R. Cobos:  <http://orcid.org/0000-0002-7574-5168>

I. Y. Gómez Robles:  <http://orcid.org/0000-0002-5099-6366>

#### RESUMEN

Los bioindicadores son organismos que determinan el impacto ambiental de un ecosistema y se utilizan a los euglossinos por responder a cambios ambientales, son de fácil observación, y su taxonomía es bien conocida. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad ambiental de un bosque a través de las abejas de las orquídeas como bioindicadores. En esta investigación, se realizaron colectas a nivel de sotobosque, por medio de "Bottle Traps", y colectas manuales por método de zigzag, en el cual se emplearon redes entomológicas, las abejas serán atraídas con atrayentes químicos como: aceite de eucalipto, esencia de eugenol y esencia de vainilla. Lo cual obtuvimos una abundancia bastante alta con una captura de 1024 individuos y una riqueza de 38 especies, el género que dominó el estudio fue el género *Euglossa* con 89,5%, seguido por el género *Eulaema* con 9,6% y género *Eufriesea* con apenas un 0,8%, para el género *Exaerete* que no se logra capturar individuos. La curva de completitud para el muestreo general realizado permite observar una representatividad del 99%. En conclusión, consideramos que la calidad ambiental en Cerro Llorón, a pesar de las acciones antrópicas se encuentra bastante estable, porque encontramos una abundancia y riqueza de especie bien elevada.

**Palabras clave:** Apidae; Euglossini; bioindicadores; Río Indio Nacimiento; Cerro Llorón.

#### ABSTRACT

Bioindicators are organisms that determine the environmental impact of an ecosystem and euglossine are used for responding to environmental changes, they are easy to observe, and their taxonomy is well known. The study's objective was to evaluate a forest's environmental quality through orchid bees as bioindicators. In this investigation, collections were made at the undergrowth level by means of "Bottle Traps" and manual pools by zigzag method, in which entomological networks were used; the bees will be attracted by chemical attractants such as eucalyptus oil, the essence of eugenol and vanilla essence. We obtained a relatively high abundance with capture of 1024 individuals, and a richness of 38 species, the genus that dominated the study was the genus *Euglossa* with 89.5%, followed by the genus *Eulaema* with 9.6% and the genus *Eufriesea* with just 0.8%, for the genus *Exaerete* that it is not possible to capture individuals. The completeness curve for the general sampling carried out allows us to observe representativeness of 99%. In conclusion, despite anthropic actions, the environmental quality in Cerro Llorón is quite stable because we found a very high abundance and species richness.

**Keywords:** Apidae; Euglossini; bioindicators; Rio Indio Nacimiento; Cerro Lloron.

Recibido: 25-07-2022.

Aceptado: 22-09-2022.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las problemáticas mundiales es la pérdida de biodiversidad, debido a las malas acciones de la población en general, como la tala indiscriminada, la deforestación para construcción de viviendas y otras edificaciones, la emisión de CO<sub>2</sub> por los carros y fábricas, así como la mala disposición de materiales contaminantes, y por supuesto la falta de políticas ambientales que dan como resultado la poca conservación de los bosques, en donde se encuentran especies esenciales para la polinización de orquídeas y de otras plantas de suma importancia para el equilibrio de los ecosistemas (Meléndez et al., 2015; Reyes-Novelo et al., 2009).

Según la Autoridad del Canal de Panamá (ACP, 2017; 2018), en Río Indio Nacimiento, tramo alto de la Cuenca de Río Indio, la ganadería extensiva, la agricultura de subsistencia y en menor parte la agricultura comercial, son las actividades mayormente realizadas por la población local, el mayor daño que sufre el paisaje se da por las vías de acceso o los llamados “caminos de penetración”; sin embargo, en el área de Cerro Llorón se puede observar la fragmentación del bosque producida por la intervención antrópica.

Con respecto a lo mencionado anteriormente surge el interés por los organismos bioindicadores, de

modo que se empleará Apidae: Euglossini como grupo bioindicador, ya que las mismas son fácilmente observables, así como sensibles a perturbaciones naturales, puesto que muy pocas especies pueden sobrevivir en áreas con cambios en el uso del suelo (Ramírez et al., 2015). Además, es importante mencionar que estas abejas son solitarias, y no producen miel, por lo que su beneficio es la polinización, al contrario de las que producen miel (Parra et al., 2016; Ramírez et al., 2015). Hay que resaltar que las abejas que producen miel son las más utilizadas en el mundo para determinar el deterioro del ambiente, en cambio las abejas de las orquídeas están siendo introducidas a este campo de la investigación. Cabe señalar que para el área de estudio no se han realizado con anterioridad monitoreos y/o muestreos con abejas de las orquídeas, por lo que no hay documentación previa en cuanto a su diversidad y abundancia.

El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad ambiental de un bosque en Cerro Llorón, Río Indio Nacimiento, Panamá Oeste, determinando la diversidad y abundancia de las abejas de las orquídeas para comprender la panorámica ambiental y aspectos ecosistémicos de estas abejas presentes en estos bosques.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio fue realizado en Cerro Llorón, el cual está situado dentro de una propiedad privada en Río Indio Nacimiento, Panamá Oeste. El sitio comprende dos áreas de estudio, una zona intervenida (ZI), y una zona de bosque (ZB) (Tabla 1). Se llevaron a cabo dos muestreos por mes, por espacio de cuatro meses (mayo-septiembre de 2021). La captura de las abejas se realizó mediante dos técnicas de muestreo: método de trampas de botella (TB) y método de zigzag.

Se empleó un total de 8 TB para euglosinos, elaboradas con botellas de 2,5L con un orificio de entrada (Vélez y Barrios, 2005; Razo, 2015; Reyes, 2020), en su interior constan de un atrayente químico artificial, aceite de eucalipto para ambos sitios, instaladas a altura de sotobosque (1.5 a 2 m), seleccionándose cuatro árboles al azar por sitio para colgar las TB, siendo monitoreadas durante la mañana (11:00 a 11:30 am) en cada zona.

**Tabla 1**  
Información de los sitios de muestreo

Sitios de muestreo	Coordenadas	Altura
ZI	8°39'26,68" N -80°06'26,68" W	648 msnm
ZB	8°39'48,94" N -80°06'42,61" W	890 msnm

Como segundo método de muestreo se estableció un sistema espacial, que consistió en un transepto de tres diagonales (en zigzag) de hilo pabilo, de extremo a extremo de cada árbol, a una altura

aprox. de 1,70 a 2 m del suelo, en el mismo se colocaron tres atrayentes (aceite de eucalipto, esencia de vainilla y eugenol) impregnados en algodón, finalmente las abejas fueron colectadas con redes entomológicas (Osorio y Santos, 2017; Santos y Añino, 2016; Santos et al., 2018; Machado et al., 2018). Estas colectas se realizaron por un período de dos horas continuas.

Las abejas colectadas se colocaron en viales con alcohol al 70%, para su posterior transporte al laboratorio, en donde se procesaron e identificaron con la clave taxonómica de Roubik & Hanson (2004). Adicional se tomaron datos de variables abióticas para ambas áreas de muestreo: temperatura (°C) y humedad relativa (%) (Machado et al., 2018; Vilhena et al., 2017).

Los datos recopilados, fueron ordenados en una base de datos de Microsoft Excel 2016. Para cada área del presente estudio, la completitud fue validada mediante el paquete R “iNext” el cual se fundamenta en lo propuesto por Chao & Jost (2014), Colwell et al. (2012) y Chao et al. (2015), el cual permite realizar las estimaciones para muestras estandarizadas con un tamaño de muestra común o completa basado en los números de Hill relacionando la riqueza (diversidad de orden cero) con la abundancia (Hsieh et al., 2016). Mediante el software “HillNumbersProfile” de la autoría de Anne Chao se elaboraron los perfiles de diversidad, donde la diversidad de <sup>0</sup>D equivale al número de especies efectivas halladas, ya que no contempla los valores de abundancia, la diversidad de <sup>1</sup>D representa el número de especies efectivas

abundantes, por lo que se refiere a la diversidad del estudio en un área específica, y la diversidad de  $^2D$  representa al número efectivo de especies dominantes, ya que este es más sensible a los valores representativos sin tomar los *singleton* y *doubleton* (Jost, 2010).

Además, se elaboraron curvas de rango abundancia en Excel 2016, para observar los patrones de distribución de las especies de abejas colectadas en

ZI y ZB (Carmona & Carmona, 2013), y un análisis de similaridad de Jaccard en el software PAST (paleontological statistics software) versión 4.08 para relacionar el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Jaccard, 1908). Por último, se realizó un análisis de correspondencia canónica donde se relacionaron las especies de euglosinas con las variables abióticas tomadas y los sitios de muestreo en PAST.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se colectaron 1024 especímenes de abejas de la Tribu Euglossini distribuidos en tres de los cuatro géneros reportados para Panamá (Roubik & Hanson, 2004), siendo *Euglossa* Latreille (1802) el género con mayor riqueza de especies (29), seguido de *Eufriesea* Cockerell (1908) (5 especies) y *Eulaema* Lepeletier (1841) (4 especies); asimismo, tenemos que el género *Euglossa* fue el más abundante con 89,5% de la muestra total, estos resultados son similares a los obtenidos en el estudio realizado en el Parque Nacional Darién por Santos et al. (2018).

De las especies del género *Euglossa*: *Euglossa hansonii* (173 individuos), *Euglossa dodsoni* (150 individuos), *Euglossa imperialis* (74 individuos), *Euglossa championi* (71 individuos) y *Euglossa tridentata* (70 individuos) fueron las más abundantes (Figura 1), en general este género es el más rico en especies comprendiendo más de 140, las cuales se encuentra subdivididas en siete subgéneros (Ferrari et al., 2017). Además, Chilito-Rodríguez et al. (2021) explican que “Las especies pertenecientes a este género suelen ser generalistas y presentan la capacidad de adaptarse a los cambios en las coberturas vegetales”.

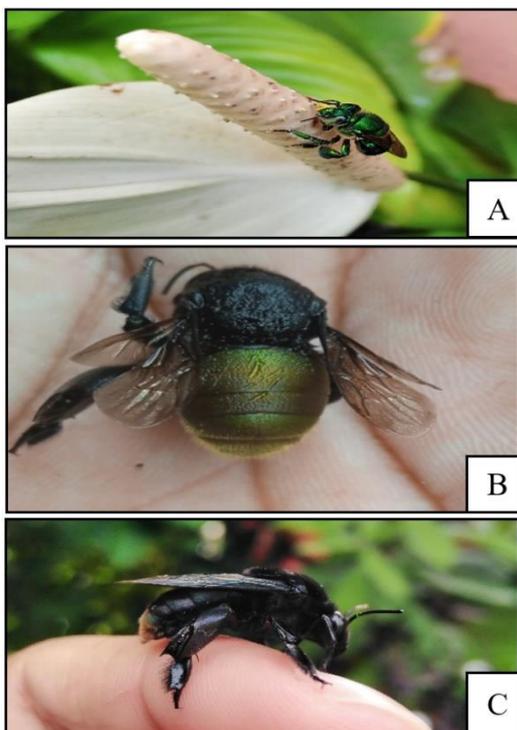


Figura 1. Géneros más abundantes durante el muestreo realizado en Río Indio. A) Género *Euglossa*. B) Género *Eufriesea*. C) Género *Eulaema*.

El género *Exaerete* se caracteriza por ser abejas cleptoparasitas de otros dos géneros de Euglossini (Roubik & Hanson, 2004; Oliveira, 2011) y además presentan cierta preferencia por zonas con vegetación densa, por lo que comúnmente son colectadas en bosques de galería (Chilito-Rodríguez et al., 2021), sin embargo, tomando esto en cuenta, para este estudio no se logró capturar ningún miembro para este grupo. Por otra parte, se sabe que estas abejas no son comunes en los muestreos (Chilito-Rodríguez et al., 2021).

El estimador de completitud del muestreo para cada método de colecta usado, registra valores entre el 98,53 % y 99,27%, lo cual da soporte estadístico a los resultados; así mismo, la curva de rarefacción muestra una estabilización del eje de la riqueza y el intervalo de confianza (sombra) en ambos métodos permite inferir que con una mayor densidad del muestreo la riqueza podría aumentar, sin embargo, teniendo en cuenta el grado de completitud, dichas especies serían consideradas raras y no definirían la comunidad (Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 2  
Integridad del muestreo

	Trampa de botella	Zigzag
Abundancia	337	687
Riqueza observada	26	37
Representatividad	0,9853	0,9927

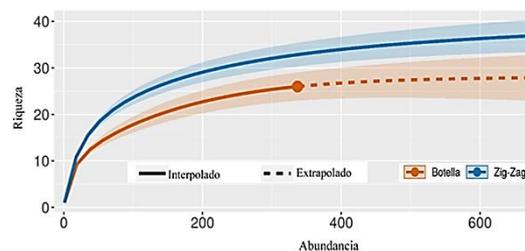


Figura 2. Curva de completitud basada en rarefacción de las especies de abejas euglosinas colectadas por método de zigzag y Trampa de botella mediante el método Chao & Jost (2012).

Según Grandolfo et al. (2013) la diferencia presente en la riqueza y abundancia en diferentes trabajos pueden ser variable debido a diversos factores como el esfuerzo de muestreo, la estacionalidad, el clima, y el área de muestreo entre otros factores que influyen en la cantidad de especies colectadas, sin embargo, el uso de varios métodos de muestreo combinados permite la obtención de un mejor

registro de especies, por lo que esto complementa, y amplía la muestra (Oliveira-Junior et al., 2015; Pardo & Gonzalez, 2007). Según Parra et al., 2016 dijo que los métodos de trampas de botellas y colecta activa por medio de redes entomológicas son complementarios para varios sitios simultáneos.

El uso de más de un método de colecta permite tener una mejor consideración de la riqueza y representatividad de las poblaciones, ya que, de emplear un solo método, la riqueza de abejas sería más baja de lo esperado, tal y como se muestra en el estudio realizado por Cordeiro et al. (2019), en donde al solo muestrear con trampas el estimador mostró un 60-89% de abejas colectadas. Además, Nemésio & Vasconcelos (2014), sugieren que a la hora de realizar estudios siempre se deben considerar una buena metodología que brinde una validez científica.

Los índices clásicos empleados para determinar la diversidad indican lo siguiente: en el índice de dominancia del inverso de Simpson\_1-D para las trampas de botella (TB) fue de 0.8894 y zigzag fue de 0.9224, siendo el método de zigzag el que cuenta con una mayor probabilidad (3.3%) de que los dos individuos tomados al azar en la muestra no sean iguales. El índice de Shannon (H) se obtuvo 2.504 para TB, y 2.912 para zigzag, mostrando que este último es levemente más diverso, entrando dentro del rango normal; en cuanto al índice de Margalef el método de zigzag arroja un valor de 5.511 y de 4.295 para el método TB, por lo que, el área muestreada presenta alta diversidad, siendo mejor representada por el método de Zigzag. Por último, el índice de Pielou (Equitability<sub>J</sub>) muestra que la abundancia de las especies colectadas por método de zigzag es más homogénea con respecto a la obtenida por TB. Por ende, estos resultados determinan que el método de zigzag presenta una mayor colecta de especies, y guardan cierto grado de similitud con los obtenidos por Nemésio et al., (2014), aun así, exponen el hecho de que estos datos no deberían ser comparados con los métodos para los índices clásicos de diversidad, sino que más bien deben evaluarse con un método analítico que contemple la identidad y abundancia de las especies. Para los biólogos el estudio de la biodiversidad es sumamente importante, por lo que el concepto de diversidad es bastante amplio, y a lo largo de los años va tomando relevancia en la ecología de comunidades como en la biología de conservación, no obstante, su definición es tan variada que dificulta su entendimiento, a la vez que las herramientas matemáticas empleadas para su medición no siempre resultan ser las adecuadas, lo que conlleva a una gran polémica, sin embargo este concepto ha ido evolucionando de ser un mero recuento de especies a cálculos más complejos que contemplan las abundancias relativas y el tiempo de divergencia evolutiva entre especies (Moreno et al., 2011; Jost & González-Oreja, 2012; Jost, 2018). Es por lo que considerando lo anteriormente descrito, se estimó la diversidad en números efectivos de especies, también conocido como números de Hill o índices de diversidad verdadera, los cuales, según Jost (2018) son equivalentes a transformaciones de los índices de diversidad

tradicionales en unidades más coherentes con la misma, facilitando la interpretación, y, además, obedecen al principio de replicación.

Con base en lo expresado anteriormente, la diversidad verdadera estimada para TB de orden cero ( ${}^0D$ ) equivalente a la riqueza es 26 especies efectivas, en el orden uno  ${}^1D = 12$  (especies efectivas abundantes) y orden dos,  ${}^2D = 9$  (especies efectivas dominantes); en cuanto al método de zigzag,  ${}^0D$  es de 37 especies efectivas, de las cuales 18 especies son abundantes ( ${}^1D$ ) y 13 especies dominan ( ${}^2D$ ), dado que la riqueza ( ${}^0D$ ) no contempla la abundancia y la dominancia ( ${}^2D$ ) no tiene en cuenta la abundancia de las especies raras, se realiza la comparación de diversidad usando el orden uno, donde el método de Zigzag es 33.53% más diverso que el método de trampas de botella (Figura 3). Estos resultados concuerdan con los estudios realizados en el Parque Nacional Cusuco, Honduras (McCravy et al., 2016), y con los obtenidos por Nemésio et al., (2014), así como los de Oliveira-Junior et al., (2015), en donde la metodología con redes obtuvo una significativa colecta de especies, además indican que este método puede revelar la composición faunística real de los sitios de muestreo, sin embargo hay que considerar el hecho de que esta metodología está restringida para estratos de sotobosque (Pardo et al., 2007), por lo que la metodología de trampa no debe ser descartable, además está suele ser recomendada para muestreos complejos que requieran repeticiones, y para muestrear en diferentes estratos del bosque (Sydney & Gonçalves, 2015; Reyes Ledezma et al. 2020), en contraste Oliveira-Junior et al. (2015) recomienda el uso de múltiples métodos que amplíen la muestra de la fauna.

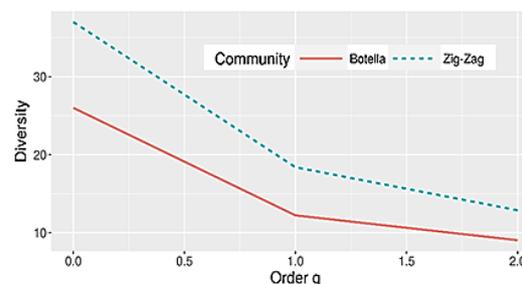


Figura 3. Perfiles de diversidad de las abejas de la comunidad de Cerro Llorón, Río Indio Nacimiento.

Las curvas de rango-abundancia muestran que la composición y abundancia entre especies del sitio de muestreo difieren un poco de acuerdo con el método de colecta y la zona muestreada, por ende, se tiene que las especies dominantes para el área intervenida por el método de zigzag fueron *Eg. hansonii* y *Eg. dodsonii*, en cambio para TB fueron *Euglossa gorgonensis* y *Eg. dodsonii*. Por otro lado, para el área boscosa con el método de zigzag las especies dominantes fueron *Eg. dodsonii* y *Eg. championii*, sin embargo, por el método de TB las más dominantes serían *Eg. hansonii*, seguida de *Eg. dodsonii*. En general, se observa que las demás especies mantienen cierta estabilidad. Por otra parte, Carneiro et al. (2018); Andrade-Silva et al. (2012), también mencionan que el cambio de una

vegetación cerrada a una más abierta puede influir en el ensamblaje de las abejas de las orquídeas, esto puede considerarse para las especies que no presentaron colecta en una u otra área. Otro factor importante es la movilidad que presentan estas abejas, recordando aquí que las mismas se mueven en busca de recursos alimenticios o de material para sus nidos (Santos et ál. 2018; Ferreira et al., 2013), en nuestro estudio las dos áreas de muestreo estuvieron separadas por una distancia aproximada de 2km, creemos que esto pudo haber influido entre el flujo de individuos.

Con relación a *Eg. hansonii* y *Eg. dodsonii*, se sabe que ambas son abejas pequeñas (10mm de largo), y de lengua corta (Roubik & Hanson, 2004; McDonald et al., 2022), la primera presentó una abundancia de 106 individuos (repartidos de la siguiente manera: ZB=41, ZI = 65) para el método de zigzag, y 67 individuos (repartidos en ZB= 56, ZI= 11) para TB, para Armas (2009) esta abeja es sensible a las perturbaciones, puesto que se ha encontrado en reservas y áreas protegidas que presentan ciertas características climáticas, sin embargo, en nuestro estudio podemos ver claramente que en área boscosa mantuvo estabilidad, pero la mayor dominancia de acuerdo al método de zigzag fue para el área intervenida. En cuanto a la segunda, se puede decir que su abundancia por los dos métodos de colecta se mantuvo estable, sin embargo, se observa que tuvo mayor predominancia en el área boscosa, por lo que coincide con lo dicho por Riveros et al. (2009), quienes mencionan que la misma es propia de bosques nubosos de Costa Rica y Panamá, así mismo, también describen que prefieren zonas con árboles altos que les brinden protección a sus nidos contra vientos fuertes, no obstante, varios aspectos de su biología son desconocidos.

*Eg. gorgonensis*, colectada en mayor cantidad por trampa de botella, con una totalidad de 27 individuos, fue la más abundante para el área intervenida con 23 especímenes colectados, esta

especie exhibe una gran variación de color dependiendo de su rango de distribución, lo cual influye en su identificación (Hinojosa-Díaz & Brosi, 2013).

*Eg. championii* presentó con el método de zigzag una abundancia relativamente alta (46 individuos), con una preferencia por ZB, en contraste para TB su abundancia es baja con solo un individuo muestreado para cada área; esta abeja tiene un tamaño aproximado de 13 mm de largo, de lengua corta (Roubik & Hanson, 2004).

La similitud entre la fauna de euglosinas evidencia que, al comparar las áreas de muestreo, por método de zigzag estas comparten aproximadamente un 70% de las especies colectadas en ambas comunidades, mientras que un 30% son abejas que no se comparten entre ambos sitios de muestreo, por tanto, en trampas de botellas es más bajo la similaridad que comparten solo un 45% aproximadamente, lo restante son especies diferentes.

El análisis de correspondencia canónica para las especies de abejas euglosinas en relación con las variables climáticas de humedad y temperatura, expone que estas fueron determinantes para la distribución de las abejas, coincidiendo con Andrade-Silva et al. (2012). Según Vilhena et al. (2017), los machos de la tribu euglossini se muestran más activos cuando la temperatura oscila entre 24.5 °C a 27 °C, y cuando la humedad relativa es superior al 100% podría ser adversa para abejas pequeñas como lo son las del género *Euglossa* que presentan una menor capacidad de termorregulación, ejemplificando este hecho, podemos decir que durante los muestreos al haber un aumento en la humedad relativa, y una baja temperatura, inmediatamente cesaba la actividad o el flujo de euglosinos, y en el instante en que la temperatura se regulaba volvían a acercarse a los cebos. De acuerdo con Machado et al. (2018) la variable de humedad relativa puede explicar las diferencias en las comunidades.

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten expresar que pese a la intervención antrópica en Cerro Llorón, la diversidad de abejas de las orquídeas que alberga es alta, lo cual indica el grado de conservación del área muestreada; por lo tanto, es un área a tener presente en planes de conservación y ecoturismo beneficiando a los pobladores de Rio Indio, cuya actividad al momento del presente estudio, no ha incidido negativamente sobre la biodiversidad de la cobertura vegetal conservada, para lograr esto, debemos incentivar y educar a la población sobre la conservación, así como contar con el apoyo de las respectivas autoridades. Además, brindar a los lugareños las herramientas necesarias para evitar que el tipo de agricultura practicada no afecte a estos organismos, pues son necesarios para mantener el equilibrio en estos ecosistemas de suma importancia para la humanidad.

El género con mayor captura de individuos fue *Euglossa* con 918 individuos y con 5 especies más abundantes, entre ellas tenemos *Eg. hansonii*, *Eg.*

*dodsonii*, *Eg. imperialis*, *Eg. championii* y *Eg. gorgonensis*.

Para este estudio el método de zigzag fue el más efectivo durante la captura de estas abejas, aunque sugerimos el empleo de otros métodos de muestreo complementarios, para obtener unos mejores resultados. En cuanto a la similitud de las comunidades de abejas, para ambas áreas por el método de zigzag, esta fue bastante alta indicando que son muy similares, sin embargo, en cuanto a la similitud por el método de TB, la similaridad es más baja indicando que la mayoría de las especies son diferentes.

También es importante tomar en cuenta las variables ambientales, porque estas son imprescindibles para entender los patrones de distribución de las abejas de las orquídeas, así como el de comprender sus preferencias de hábitat.

Por último el estudio sobre la diversidad y abundancia de abejas de las orquídeas en bosques de tierras altas contribuye en gran medida al conocimiento de la distribución biogeográfica de

las mismas, así como el estado en el que se encuentran estos sitios poco estudiados, no obstante es necesario ampliar este estudio pues en mayor medida fue realizado durante la estación

lluviosa, por lo que se necesita recopilar información de la estación seca que permita complementar la información obtenida.

### AGRADECIMIENTOS

A la familia Gil Espinosa, en especial al Sr. Samuel Gil, quién nos concedió el permiso para realizar este trabajo, así como nos brindó de su guía a lo largo de todo lo que fue el desarrollo de este estudio. También a todos nuestros familiares, y

amigos que estuvieron con nosotros en cada paso apoyándonos, y en especial a los profesores quienes con mucha paciencia nos aconsejaron y brindaron de todos sus conocimientos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad del Canal de Panamá. (2017). Línea base socioeconómica general. Cuenca de Río Indio. Objetivo 4. Tarea 17a. Informe de línea base socioeconómica general de la cuenca de río indio.
- Autoridad del Canal de Panamá. (2018). Programa de monitoreo y conservación cuenca de Río Indio. Objetivo 2. Tarea 9d. Evaluación de la biodiversidad en la cuenca de Río Indio y diseño de programa de monitoreo y conservación (Año 2).
- Andrade-Silva, A. C. R., Nemesio, A., Oliveira, F. F. y Nascimento, F. S. (2012). Spatial-Temporal Variation in Orchid bee communities (Hymenoptera: Apidae) in remnants of Arboreal Caatinga in the Chapada Diamantina Region, State of Bahia, Brazil. *Neotropical Entomology*, 41, 296-305.
- Armas, Q. A.G. (2009). Riqueza y Distribución Potencial de las Abejas Euglosinas (Apinae: Euglossini) en Guatemala (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Carmona, V., & Carmona, T. (2013). La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma*, 14, 20-28.
- Carneiro, L. S., Aguiar, W. M., & Santos, G. M. M. (2018). Orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in Seasonally Dry Tropical Forest (Caatinga) in Brazil. *Sociobiology*, 65(2), 253-258.
- Chao, A., Chiu, C. H., & Jost, L. (2014). Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity, and related similarity and differentiation measures through Hill numbers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45(1), 297-324.
- Chao, A., Jost, L., Hsieh, T. C., Ma, K. H., Sherwin, W., & Rollins, L. A. (2015). Expected Shannon entropy and Shannon differentiation between subpopulations for neutral genes under the finite island model. *PLOS ONE*, 10(6), e0125471.
- Chilito-Rodríguez, E. P., Bañol, E. R. H., Valencia, A. V., & Parra Ollarte, M. J. (2021). Abejas Euglossinas (Apidae: Euglossini): un enfoque de conservación e importancia ecológica. *Brazilian Journal and Environmental Research*, 4(4), 6224-6245.
- Colwell, R.K., Chao, A., Gotelli, N.J., Lin, S.-Y., Mao, C.X., Chazdon, R.L., & Longino, J.T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5, 3-21.
- Cordeiro, M., Garraffoni, A. R. S., & Lourenço, A. P. (2019). Rapid assesment of the orchid bee fauna (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in the vicinity of an urban Atlantic Forest remnant in Sao Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 79(1), 149-151.
- Ferrari, R. R., Nemésio, A. & Silveira, F.A. (2017). Phylogeny of the orchid-bee by genus *Euglossa* Latreille (Hymenoptera: Apidae), with emphasis on the subgenera *E.* (*Glossura*) Cockerell and *E.* (*Glossorupoda*) Moure. *Zoologischer Anzeiger- A Journal of Comparative Zoology*, 267, 82-100.
- Freiria, G. A., Garófalo, C. A., & Del Lama, M. A. (2017). The primitively social behavior of *Euglossa cordata* (Hymenoptera, Apidae, Euglossini): a view from the perspective of kin selection theory and models of reproductive skew. *Apidologie*, 48, 523-532.
- Grandolfo, V. A., Bozza Junior, R. C., Silva Neto, C. M., Neto, J. N.M., & Gonçalves, R. B. (2013). Riqueza e Abundância de abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) en Parques Urbanos de boiânia, Goiás. *Entomo Brasilis*, 6(2), 126-131.
- Hinojosa-Díaz, I., & Brosi, B. J. (2013). First records and description of metallic red females of *Euglossa* (*Alloglossura*) *gorgonensis* Cheesman, with notes on color variation within the species (Hymenoptera, Apidae). *Zookeys*, 335, 113-119.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2016) iNEXT: An R package for interpolation and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 1451-1456.
- Jaccard, Paul. (1908). Nouvelles Recherches Sur la Distribution Florale. *Bulletin de la Societe Vaudoise des Sciences Naturelles*, 44, 223-70.
- Jost, L. (2010). The relation between evenness and diversity. *Diversity*, 2(2), 207-232.
- Jost, L. (2018). ¿Que entendemos por diversidad? El camino hacia la cuantificación. *Metodo Science Studies Journal*, 9, 55-61.
- Jost, L., DeVries, P. J., Walla, T., Greeney, H., Chao, A., & Ricotta, C. (2010). Partitioning diversity for conservation analyses. *Diversity and Distributions*, 16(1), 65-76.
- Jost, L., & González-Oreja, J. A. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica lilloana*, 56 (1-2), 3-14.
- McCrary, K. W., Dyke, J. V., Creedy, T. J. & Roubik, D. W. (2016). Orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of Cusuco National Park, State of Cortés, Honduras. *Florida Entomologist*, 99(4), 765-768.
- McDonald, E., Podesta, J., Fortuin, C. C., & Gandhi, K. J. K. (2022). Expanded distribution range of nine orchid bee species (Hymenoptera, Apidae, Euglossini) in Costa Rica. *Preprints ARPHA*.
- Meléndez, R. V., Ayala, R., & Delfin, G. H. (2015). Abejas como bioindicadores de perturbaciones en los ecosistemas y el ambiente. En C. A. González. Zuarth, A. Vallarino, J. C. Pérez. Jiménez, y A. M. Low. Pfeng (Eds.), Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental (pp. 349-372). México D. F., México: El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
- Nemésio, A., & Vasconcelos, H. L. (2014). Effectiveness of two sampling protocols to survey orchid bees (Hymenoptera: Apidae) in the Neotropics. *J Insect Conserv*, 18, 197-202.
- Oliveira-Junior, J. M. B., Almeida, S. M., Rodrigues, L., Silvério Junior, A. J., & Anjos-Silva, E. J. (2015). Orchid bees (Apidae: Euglossini) in a forest fragment in the ecotone Cerrado-Amazonian Forest, Brazil. *Acta Biológica Colombiana*, 20(3), 67-78.
- Osorio, A. M., & Santos, M. A. (2017). Estudio sobre el conocimiento de la diversidad de abejas de la Orquídea (Apidae: Euglossini) en la comunidad de Ustupu, Comarca Kuna Yala, Panamá. *Scientia (Panamá)*, 28(1), 61-71.
- Padrón, P. S., Roubik, D. W., & Picón, R. P. (2018). A Preliminary Checklist of the Orchid Bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of Ecuador (Review). *Hindawi Psyche*, (2018), Article ID 2678632.
- Pardo, A. S. & Gonzalez, V. H. (2007). Diversidad de Abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del bosque húmedo tropical. *Acta Biológica Colombiana*, 12(1), 43-56.
- Parra, A. H., Tupac, J. O., Sandino, J., & Ospina, R. T. (2016). Abejas de la orquídea (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) y su importancia como polinizadoras de amplio rango en ecosistemas naturales. En G. Nates (Ed.), Inicativas colombianas de polinizadores (pp. 141-155). Colombiano, Bogotá: publicado por la Universidad Nacional Colombia F.C.N. Departamento de Biología.
- Razo, L. A. E. (2015). Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) y sus interacciones con la flora en la Sierra de Quila, Telocotlán, Jalisco (Tesis de maestría). Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Reyes-Novelo, E., Meléndez R., V., Delfín, G. H., & Ayala, R. (2009). Abejas silvestres como bioindicadores en el neotrópico. *Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales*, 10(1), 1-13.
- Reyes Ledezma, K. Y., Santos Murgas, A., González, P., Gómez, I. Y. y Vargas, A. B. (2020). Diversidad alpha y beta de abejas euglossini (Hymenoptera: Apidae) en el dosel y sotobosque del Cerro Turega, Provincia de Coclé, Panamá. *Tecnociencia*, 22(2), 205-225.
- Riveros, A. J., Hernández, E. J., & Wcislo, W. T. (2009). Nesting Biology of *Euglossa dodsoni* Moure (Hymenoptera: Euglossinae) in Panama. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 82(2), 210-214.
- Roubik, D. W., & Hanson, P. E. (2004). Orchid bees of tropical America: Biology and field guide. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad (InBio). 370 pp.
- Santos, M. A., & Añino, R. Y. J. (2016). Contribución al conocimiento de la diversidad de abejas de las orquídeas (Apidae: Euglossini) de la Península de Azuero, Panamá. *Tecnociencia*, 18(2), 45-58.
- Santos, M. A. (7/2018). Abejas de las Orquídeas (euglossinae) como indicadora de biodiversidad en los bosques tropicales y salud de los ecosistemas. {presentación de diapositiva}.
- Santos, M. A., Abrego, J. C., López Ch., O. G., Monteza, C., Osorio, M., Guardia, R., ...Villarreal, C. (2018). Abejas de las Orquídeas (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) del Parque Nacional Darién, Panamá. *Tecnociencia*, 20(2), 59-69.
- Sydney, N. V., & Gonçalves, R. B. (2015). Is the capture success of orchid bees (Hymenoptera, Apoidea) influenced by different baited trap designs? A case study from southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 59, 32-36.
- Vilhena, P. S., Rocha, L. I., & Garófalo, C. A. (2017). Male orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) in canopy and understory of Amazon Várzea Floodplain Forest. I. Microclimatic, Seasonal and Faunal Aspects. *Sociobiology*, 64(2), 191-201.