



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**Patrones de riqueza de las especies de la Tribu Euglossini en el Ecuador basados
en Modelamiento de Nicho**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

BIÓLOGA CON MENCIÓN A ECOLOGÍA Y GESTIÓN

Autora:

MADELEINE CARMEN CAMPAÑA ZUÑIGA

Director:

SEBASTIÁN PADRÓN MARTÍNEZ

CUENCA, ECUADOR

2022

DEDICATORIA

A mis padres, por todo el apoyo brindado a lo largo de este tiempo, por nunca dejar de creer en mí y a mi hermano por ser mi ejemplo a seguir. Muchas gracias por su amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor de tesis, PhD. Sebastián Padrón, por haberme brindado la oportunidad de formar parte de su laboratorio, por la paciencia, enseñanza y confianza puesta en mi. Por ser un buen mentor y amigo.

Muchas gracias al Ing. Omar Delgado y MsC. David Siddons, por la ayuda ofrecida en la realización de mi proyecto de tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE ANEXOS.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
Grupo de organismos estudiados.....	4
Área de estudio.....	4
Metodología para la recolección de datos.....	4
Análisis estadísticos.....	5
CAPÍTULO II.....	11
RESULTADOS.....	11
Modelamiento de nicho	13
Patrones de riqueza.....	14
CAPÍTULO III	18
DISCUSIONES.....	18
BIBLIOGRAFÍA	21
ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los valores de la curva AUC y su significancia para MNE.	6
Tabla 2 Variables bioclimáticas que se utilizaron para la elaboración de mapas y estimación de riqueza de las abejas de la tribu Euglossini en el Ecuador.	7
Tabla 3 Especies de abejas de las orquídeas seleccionadas para este estudio, las cuales contaban con cuatro o más registros en diferentes localidades.	11
Tabla 4 Contribución de variables para cada especie con el valor AUC y el umbral de idoneidad establecido.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Metodología para estimar los patrones de riqueza de la tribu Euglossini. A. Proyección de puntos de todas las especies. B. Identificación de puntos con errores (rojo). C. Puntos de colección de la especie <i>Eg. gaianii</i> corregidos. D. Resultado de MNE usando la contribución de variables. E. MNE de la especie aplicando el umbral de idoneidad. F. Mapa de MNE reclasificado a modelo binomial (Blanco= áreas idoneas; Negro= áreas no idoneas).	10
Figura 2 Mapa de los patrones de riqueza de la tribu Euglossini en el Ecuador.	17
Figura 3 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. A. <i>A. caerulea</i> . B. <i>Eu. surinamensis</i> . C. <i>Ex. frontalis</i> . D. <i>Ex. smaragdina</i> . E. <i>El. bombiformis</i> . F. <i>El. cingulata</i>	30
Figura 4 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. A. <i>El. leucopyga</i> . B. <i>El. marcii</i> . C. <i>El. meriana</i> . D. <i>El. polychroma</i> . E. <i>El. speciosa</i> . F. <i>El. tenuifasciata</i>	31
Figura 5 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. A. <i>Eg. allosticta</i> . B. <i>Eg. amazonica</i> . C. <i>Eg. augaspis</i> . D. <i>Eg. fuscifrons</i> . E. <i>Eg. gaianii</i> . F. <i>Eg. gibbosa</i>	32
Figura 6 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. A. <i>Eg. hemichlora</i> . B. <i>Eg. heterosticta</i> . C. <i>Eg. ignita</i> . D. <i>Eg. imperialis</i> . E. <i>Eg. intersecta</i> . F. <i>Eg. ioprosopa</i>	33
Figura 7 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. A. <i>Eg. magnipes</i> . B. <i>Eg. mixta</i> . C. <i>Eg. modeistor</i> . D. <i>Eg. mourei</i> . E. <i>Eg. nigropilosa</i> . F. <i>Eg. orellana</i>	34
Figura 8 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. A. <i>Eg. platymera</i> . B. <i>Eg. tridentata</i>	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Mapas de los MNE para cada una de las especies estudiadas.	30
--	----

RESUMEN

Las abejas de las orquídeas (tribu Euglossini) son un grupo de insectos interesantes de la región Neotropical. En este proyecto de tesis estudiamos los patrones de riqueza de las abejas de las orquídeas en el Ecuador, usando datos de colecciones, publicaciones y trabajo de campo. Con esta información estimamos las áreas de distribución potencial para cada especie usando el principio de Máxima Entropía con las variables climáticas de CHELSA. Como resultados se generaron 32 mapas de Modelamiento Ecológico de Nicho. Luego basándonos en la superposición de estos modelos reclasificados se generó un mapa de riqueza de especies. En este mapa se identifican los patrones de riqueza de especies para el Ecuador, siendo las zonas más ricas (24 sp.), las estribaciones orientales de la parte centro y norte del país. Consideramos que las características, ecológicas, históricas y de conservación de estas zonas son precursores y determinantes importantes de los patrones observados.

Palabras clave: *Apidae, abejas de las orquídeas, Neotropical, MNE.*



Dr. Pablo Sebastián Padrón Martínez

Director del Trabajo de Titulación



Dr. Antonio Crespo Ampudia

Coordinador de Escuela



Madeleine Carmen Campaña Zuñiga

Autora

ABSTRACT

Orchid bees (tribe Euglossini) are an exciting insect group of the Neotropical region. This thesis project studied the rich patterns of orchid bees in Ecuador, using data from collections, publications, and fieldwork. With this information, we estimated the potential distribution areas for each species using the Maximum Entropy principle with the climatic variables of CHELSA. As a result, 32 Ecological Niche Modeling maps were generated. Then, based on the superposition of these reclassified models, a species richness map was generated. This map identifies the species richness patterns for Ecuador, with the wealthiest zones (24 sp.) being on the eastern foothills of the central and northern parts of the country. We consider these areas' ecological, historical, and conservation characteristics important precursors and determinants of the observed patterns.

Keywords: *Apidae, orchid bees, Neotropics, MNE.*

Dr. Pablo Sebastián Padrón Martínez

Thesis Director

Dr. Antonio Crespo Ampudia

Faculty Coordinator

Madeleine C

Madeleine Carmen Campaña Zuñiga

Author

Translated by

Madeleine C

Madeleine Carmen Campaña Zuñiga



INTRODUCCIÓN

Conocer la riqueza de especies en la región Neotropical es fundamental para varias áreas de las ciencias biológicas. Este conocimiento en los últimos años es importante para definir estrategias de conservación en el contexto de cambio climático global que estamos experimentando (Pineda et al., 2012; Herrera-Paniagua et al., 2018), en las cuales se consideran aspectos técnicos (áreas con mayor concentración de especies) para definir las mejores estrategias de conservación (Menezes et al., 2021). También, entender las causas que generan y mantienen la riqueza de especies, permite explorar qué factores las determinan o limitan (Price et al., 2011), integrando aspectos históricos y actuales en su entendimiento (Price, 1997; Root et al., 2003). Finalmente, conocer la riqueza de especies en un área definida nos permite identificar y entender los patrones de estos, lo cual tienen una gran cantidad de aplicaciones en investigación y conservación (Townsend et al., 2003; Adams, 2009; Armesto et al., 2017; Upton, 2020). Pero, a pesar de ser un tema importante de investigación y de ser útil en varias aplicaciones, en la actualidad muy pocos estudios de este tipo se han realizado (Escalante et al., 2009; Silva, 2012), y los que existen tienen sesgos taxonómicos importantes, enfocándose principalmente en grupos más grandes como vertebrados y plantas (Burneo & Tirira, 2014; Flores et al., 2019; Cabrera, 2021; Sahagún-Sánchez et al., 2021), y en menor medida en grupos menos “carismáticos” y poco explorados como son los insectos (Peck, 1996; Silva et al., 2013; Ríos et al., 2017; Mora et al., 2021), los cuales han sido históricamente relegados, esto es contradictorio, debido a la importancia que estos últimos tienen en el ambiente y a su dominancia tanto taxonómica como numérica.

También, existen aspectos metodológicos que han dificultado el estudio de los patrones de riqueza de especies (Soberón & Nakamura, 2009), siendo uno de los más comunes en ambientes tropicales, aislados y de difícil acceso como áreas extensas del Ecuador, la falta de muestreo lo cual deriva en poca cobertura espacial, lo que hace que muchas veces en algunos lugares se subestime la riqueza de especies y se sobreestime la riqueza en otros (Soberón 1999; Adams, 2009). También, los patrones de especies observados dependerá del tamaño de la muestra, la heterogeneidad de la región de estudio, la duración y esfuerzo del muestreo, influenciando significativamente en el número de especies registradas lo que alterara los patrones de riqueza resultantes (Adams, 2009, Upton, 2020), es por eso que, aunque el uso de puntos de colección es un método válido para estimar la riqueza de especies (Pineda et al., 2012), existen alternativas más precisas.

Por otro lado, la distribución de una especie depende del ambiente físico o biótico y las interacciones de esta especie con el medio y con otras especies (Obregón et al., 2014; Durán & Orellana, 2019), por eso esta información debería ser incorporada al momento de definir los patrones de riqueza de un grupo estudiado. Una de las estrategias usadas en la actualidad es la estimación de Modelos de Nicho Ecológico (MNE), los cuales se basan en las variables ambientales y puntos de colección para inferir de esta manera la distribución potencial de especies. Con esta información una de las metodologías más utilizadas en la estimación de patrones de riqueza es el uso del ensamblaje de especies, que consiste en la combinación de modelos individuales de distribución potencial para generar un mapa de distribución (Mercado & Wallace, 2010; Pineda & Lobo, 2012; Burneo & Tirira, 2014; Flores et al., 2019), esta estrategia proporciona información sobre la distribución de la riqueza de especies en determinadas zonas de la comunidad.

Por lo tanto, los modelos de nicho ecológico son herramientas validas para entender cómo las variables ambientales influyen en la diversidad y en los patrones de distribución de las diferentes especies, de igual manera, permiten inferir cómo los futuros cambios afectarán a las especies (Colombo & Joly 2010; Silva et al., 2015; Menezes et al., 2021) y ayudan a determinar las áreas prioritarias para la conservación (Ortega-Huerta & Peterson 2004; Silva, 2016; Menezes et al., 2021). Para generar estos modelos de distribución de especies, los registros de presencia de las especies se combinan con superposiciones digitales de variables ambientales para proyectar escenarios que representen sus condiciones ambientales requeridas e indiquen áreas potenciales de presencia (Pearson et al. 2007; Menezes et al., 2021). Los modelos de distribución cuantifican la probabilidad de ocurrencia de una especie a partir de las localidades en que se conoce que dicha especie está presente y en función de un conjunto de variables ambientales (Mateo et al., 2011). La fiabilidad y el valor predictivo del modelo dependen en gran medida de la selección acertada de aquellas variables que deben ser las más determinantes para explicar la variabilidad ambiental del área donde aparece la especie que estudiamos (Varela et al., 2014). Finalmente, nos muestran una aproximación de aquellas localidades con mayor probabilidad de ocurrencia de unas condiciones óptimas para cada especie estudiada y son, por tanto, una herramienta útil para la conservación (De La Vega & Schilman, 2015; Silva 2016; Menezes et al., 2021).

Es por esto que en este proyecto de investigación se identificaron los patrones de riqueza de las abejas de las orquídeas en el Ecuador, esto basándose en los MNE individuales de

cada especie de uno de los grupos más llamativos, importantes y más muestreados, las abejas de las orquídeas de la tribu Euglossini (Hymenoptera: Apidae). Esta tribu de abejas restringidas a la región Neotropical, habitan generalmente en ecosistemas tropicales en rangos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (Ramírez et al., 2002), en estos lugares visitan varias plantas en busca de químicos, resinas y polen (Roubik et al., 2004), de esta manera polinizando una gran variedad de especies vegetales (Dressler, 1982), lo que las convierte en elementos fundamentales de estos ecosistemas. Para esto primero se recopilieron datos de distribución de las especies de abejas en el Ecuador; se identificaron taxonómicamente los especímenes recolectados a partir del 2018 y que están depositados en el MZUA. Con esta información se modeló las áreas de distribución potencial para cada especie para finalmente ser funcionadas en una sola capa para determinar el patrón de riqueza de la tribu Euglossini en el Ecuador.

CAPÍTULO I

MATERIALES Y MÉTODOS

Grupo de organismos estudiados

En este proyecto de investigación seleccionamos a las abejas de las orquídeas (tribu Euglossini) para estudiar sus patrones de riqueza en el Ecuador continental. Estas abejas son miembros conspicuos de las abejas corbiculadas, debido a su coloración metálica, su labio maxilar complejo y el comportamiento de recolección de fragancias de diferentes flores, especialmente en la familia Orchidaceae por parte de los machos (Hinojosa, 2010), a cambio de servicios de polinización. Son la única tribu de abejas corbiculadas que es exclusivamente neotropical, existiendo de forma natural desde el norte de México hasta el norte de Argentina. (Nemesio 2009). Esta tribu comprende cinco géneros: *Aglae* (Lepeletier & Serville 1825), *Eufrisea* (Cockerell 1917), *Euglossa* (Latreille 1802), *Eulaema* (Lepeletier 1841) y *Exaerete* (Hoffmannsegg 1817), dentro de estos se han descrito 250 especies (Ramirez, 2010). En el Ecuador se han reportado 115 especies (Padrón et al., 2018).

Área de estudio

Nuestro estudio se enfocó en el Ecuador continental, que se encuentra constituido por tres regiones naturales Costa, Sierra y Oriente y debido a su posición geográfica en la línea ecuatorial cuenta con una gran variedad de especies de flora y fauna. Las abejas de la tribu Euglossini, por lo general se encuentran en rangos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (Ramírez et al, 2002).

Metodología para la recolección de datos

Datos especímenes de Museos

Durante varios años se han realizado visitas a diferentes museos de historia natural para recopilar información de los especímenes ahí depositados; estas instituciones son las que poseen la mayor cantidad de especímenes de abejas de las orquídeas del Ecuador:

INABIO: Instituto Nacional de Biodiversidad, Quito-Ecuador.

QCAZ: El Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito-Ecuador.

MZUA: Museo de Zoología de la Universidad del Azuay, Cuenca-Ecuador.

NMNH: Smithsonian National Museum of Natural History, Washington-USA.

Datos de publicaciones

Se realizó una búsqueda exhaustiva de información en publicaciones científicas enfocadas en datos de especímenes recolectados en Ecuador, una de las principales fuentes de información fue la publicación de Padrón et al, 2018, además se buscó información de publicaciones posteriores al 2018 donde se mencionan datos para el Ecuador. Estos datos fueron revisados en busca de inconsistencias en su identificación y georreferenciación, los cuales fueron corregidos e incorporados a la base de datos final.

Identificación de especímenes

Los especímenes recolectados a partir del 2018 y depositados en el MZUA, y los cuales no fueron incluidos en la publicación de Padrón et al. (2018) fueron identificados a nivel de especie, para esto se usó un estereomicroscopio Nikon SMZ 745 T, con el cual se revisó las características morfológicas como tamaño de la abeja, coloración, largo de la lengua, penachos en la tibia media de los machos (en el caso del género *Euglossa*), etc. Estas características luego fueron comparadas con claves taxonómicas (Dressler, 1982b; Dressler, 1982c; Dressler 1982d; Ramírez et al, 2010; Roubik, 2004; Roubik et al., 2004.; Faria & Melo, 2007; Nemésio, 2009; Nemésio, 2010; *Smithsonian Tropical Research*, 2022).

Análisis estadísticos

Modelamiento de nicho

Para generar los MNE para cada una de las especies de abejas de las orquídeas presentes en el Ecuador se usó el programa MaxEnt (Phillips et al., 2006), el cual es un programa de modelización de la distribución de especies ampliamente utilizado para predecir la

distribución de una o varias especies trabajando a partir de datos de presencia bajo el principio de Máxima Entropía (Scheldeman & Zonneveld, 2010).

Los modelos obtenidos fueron evaluados mediante el parámetro estadístico del Área Bajo la Curva AUC (ROC Receiver Operating Characteristics), el cual evalúa la habilidad predictiva de los MNE generados (Mercado & Wallace, 2010). Este parámetro se considera como un indicador eficaz del rendimiento del modelo independiente a umbrales de probabilidad optimizados que maximizan el porcentaje de presencias y ausencias verdaderas que se identifican correctamente (Manel et al., 2001). La exactitud máxima correspondería a un valor de AUC=1 y la mínima a un valor de 0.5 (representando un valor aleatorio). Usualmente, valores entre 0.5 – 0.7 se consideran de baja precisión entre 0.7 – 0.9 indican que el modelo puede tener aplicaciones útiles; mientras que un valor mayor a 0.9 indica alta precisión (Tabla 1) (Swets, 1988; Mercado & Wallace, 2010; Burneo & Tirira, 2014).

Los MNE primero fueron generados considerando las 19 variables climáticas de CHELSA, estos modelos luego fueron evaluados usando el Análisis de aportes de variables generado por MaxEnt, el cual proporciona estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales al modelo (Phillips et al., 2006). Según la contribución de variables se seleccionaron las variables que más contribuyen al modelo y con estas se realizaron nuevos modelos (Tabla 4).

Tabla 1 Clasificación de los valores de la curva AUC y su significancia para MNE.

Valores AUC	Interpretación
0.5 – 0.6	No adecuada
0.6 – 0.7	Mala
0.7 – 0.8	Adecuada
0.8 – 0.9	Bueno
0.9 – 1	Excelente

Variables ambientales

Para generar los MNE se usaron las variables ambientales de CHELSA (Chelsa Climate, 2022), las cuales son un conjunto de datos climáticos globales de muy alta resolución

(Tabla 2). Estas se basan en una reducción mecánica estadística de los datos de los reanálisis globales o de los resultados de los modelos de circulación global Karger et al., (2017). El algoritmo utilizado para el modelamiento calcula una envoltura bioclimática para cada especie (Burneo & Tirira, 2014), pues busca una correlación de los datos bioclimáticos con los datos de registro de distribución de una especie y asume que el clima explique la mayor parte del nicho fundamental de cada especie dentro de un marco de relativa estabilidad climática (Beaumont *et al.* 2007).

Tabla 2 Variables bioclimáticas que se utilizaron para la elaboración de mapas y estimación de riqueza de las abejas de la tribu Euglossini en el Ecuador.

Código de variable	Descripción de variable
Bio1	Temperatura media anual [$^{\circ}\text{C} \cdot 10$]
Bio2	Rango medio diario [$^{\circ}\text{C}$]
Bio3	Isotermalidad
Bio4	Temperatura estacional (desviación estándar)
Bio5	Temperatura máx. del mes más cálido [$^{\circ}\text{C} \cdot 10$]
Bio6	Temperatura min. del mes más frío [$^{\circ}\text{C} \cdot 10$]
Bio7	Rango de temperatura anual [$^{\circ}\text{C} \cdot 10$]
Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo [$^{\circ}\text{C} \cdot 10$]
Bio9	Temperatura media del trimestre más seco [$^{\circ}\text{C} \cdot 10$]
Bio10	Temperatura media del trimestre más cálido [$^{\circ}\text{C} \cdot 10$]
Bio11	Temperatura media del trimestre más frío [$^{\circ}\text{C} \cdot 10$]
Bio12	Precipitación anual [mm/año]
Bio13	Precipitación del mes más húmedo [mm/mes]
Bio14	Precipitación del mes más seco [mm/mes]

Bio15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo [mm/trimestre]
Bio17	Precipitación del trimestre más seco [mm/trimestre]
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido [mm/trimestre]
Bio19	Precipitación del trimestre más frío [mm/trimestre]

Proyección de mapas

Luego de elaborar los MNE para cada especie en MaxEnt estos fueron proyectados en un sistema de información geográfica (SIG) de código abierto QGIS (*QGIS*, 2021), el cual permite manejar formatos ráster y vectoriales, así como bases de datos (Graser, 2013). Al proyectar la capa generada por MaxEnt ésta se encontraba a nivel regional, por lo cual, procedimos a recortar a nivel de Ecuador. A continuación, superpusimos los registros de presencia de cada especie sobre el recorte y a raíz de eso establecimos un umbral que proyecte la idoneidad del hábitat de las especies. Para cada especie se utilizó un umbral diferente, debido a que el umbral establecido en unas especies no cubría los registros de presencia de otras (ver Tabla 4).

Estimación de riqueza

Para la estimación de los patrones de riqueza de especies de la tribu Euglossini en el Ecuador continental, primero procedimos a transformar los MNE de cada especie a un formato binario (presencia/ausencia), esto es necesario para poder sumar el número de especies presentes en un área determinada por medio de la superposición de capas. Esta reclasificación se basó en los valores de idoneidad calculados por MaxEnt para cada MNE, los cuales van de 0 a 1 (siendo 0 áreas no idóneas y 1 áreas idóneas), fue necesario establecer un umbral para cada especie para poder cubrir los puntos de colección existentes (Pineda., et al 2009; Vallecillo et al., 2016), estos mapas resultantes fueron reclasificados usando la función *Reclasificar por tabla* de la Caja de Herramientas de procesos en QGIS. Posteriormente, todos los MNE reclasificados fueron superpuestos para estimar los patrones de riqueza (áreas con mayor número de especies). Esto se realizó

por medio de una suma de las capas binarias usando la *Calculadora de Raster* (Pineda & Lobo, 2012). Finalmente, se obtuvo el mapa final de riqueza de especies basado en todos los MNE para la tribu Euglossini en el Ecuador.

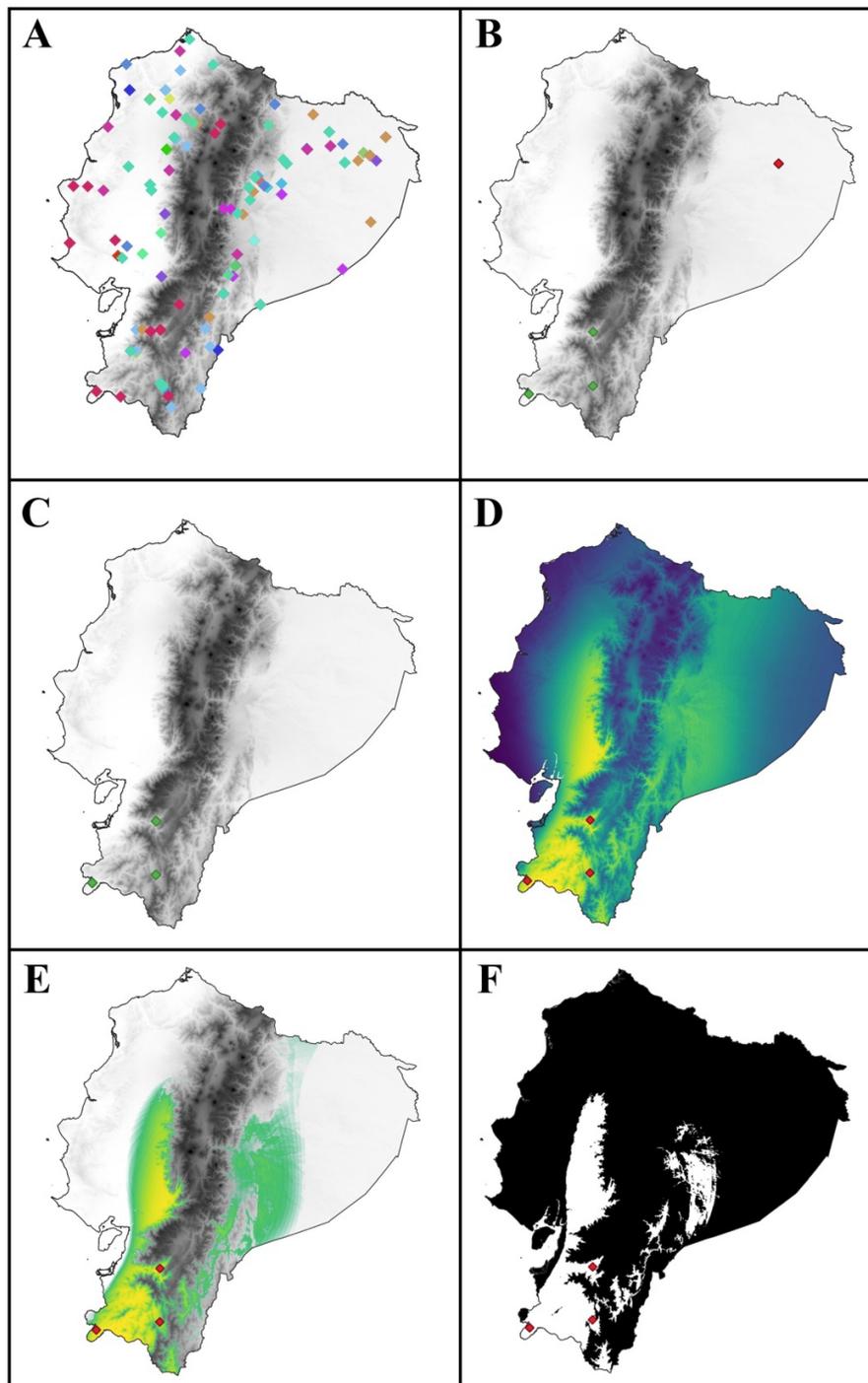


Figura 1 Metodología para estimar los patrones de riqueza de la tribu Euglossini. A. Proyección de puntos de todas las especies. B. Identificación de puntos con errores (rojo). C. Puntos de colección de la especie *Eg. gairanii* corregidos. D. Resultado de MNE usando la contribución de variables. E. MNE de *Eg. gairanii* aplicando el umbral de idoneidad. F. Mapa de MNE reclasificado de *Eg. gairanii* a un modelo binomial (Blanco= áreas idóneas; Negro= áreas no idóneas).

CAPÍTULO II

RESULTADOS

Los datos usados en esta investigación, se obtuvieron principalmente de las colecciones de museos, de publicaciones científicas y de especímenes colectados en los últimos años y que están depositados en el MZUA, en total se recopilieron 2578 registros georreferenciados pertenecientes a 106 especies diferentes. El número total de datos obtenidos de especímenes de museo fue de 2154 registros pertenecientes a 74 especies, de las publicaciones se recopiló 189 registros de 71 especies y se incorporaron 235 nuevos registros pertenecientes a 23 especies diferentes las cuales fueron colectadas a partir del 2018 y están depositados en el MZUA. Estos datos fueron ingresados a una base en Excel para su posterior validación, para esto, procedimos a eliminar los con errores de identificación taxonómica, y de aquellas especies que presentaban un número bajo de registros para su modelamiento, para esto ultimo se considero únicamente las especies que tienen cuatro o más registros de presencia en diferentes localidades. Después de la aplicación de los criterios anteriormente mencionados se generó una base final de datos con 1839 registros georreferenciados de presencia para 32 especies (Tabla 3).

Tabla 3 Especies de abejas de las orquídeas seleccionadas para este estudio, las cuales contaban con cuatro o más registros en diferentes localidades.

Especie	# de Registros	# de Localidades
<i>Aglae caerulea</i> Lepeletier & Serville, 1825	5	5
<i>Eufriesea surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)	7	4
<i>Euglossa allosticta</i> Moure, 1969	48	4
<i>Euglossa amazonica</i> Dressler, 1982	72	12
<i>Euglossa augaspis</i> Dressler, 1982	22	5

<i>Euglossa fuscifrons</i> Dressler, 1982	37	5
<i>Euglossa gairanii</i> Dressler, 1982	28	4
<i>Euglossa gibbosa</i> Dressler, 1982	16	6
<i>Euglossa hemichlora</i> Cockerell, 1917	28	5
<i>Euglossa heterosticta</i> Moure, 1968	20	4
<i>Euglossa ignita</i> Smith, 1987	188	6
<i>Euglossa imperialis</i> Cockerell, 1922	232	8
<i>Euglossa intersecta</i> Latreille, 1817	221	5
<i>Euglossa ioprosopa</i> Dressler, 1982	37	8
<i>Euglossa magnipes</i> Dressler, 1982	9	4
<i>Euglossa mixta</i> Friese, 1899	199	6
<i>Euglossa modeistor</i> Dressler, 1982	24	9
<i>Euglossa mourei</i> Dressler, 1982	37	5
<i>Euglossa nigropilosa</i> Moure, 1965	4	4
<i>Euglossa orellana</i> Roubik, 2004	161	12

<i>Euglossa platymera</i> Dressler, 1982	15	6
<i>Euglossa tridentata</i> Moure, 1970	8	4
<i>Eulaema bombiformis</i> (Packard, 1869)	34	9
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius, 1804)	41	20
<i>Eulaema leucopyga</i> (Friese, 1869)	7	4
<i>Eulaema marcii</i> Nemésio, A (2009)	28	18
<i>Eulaema meriana</i> (Olivier, 1789)	136	20
<i>Eulaema polychroma</i> (Mocsáry, 1899)	73	19
<i>Eulaema speciosa</i> (Mocsáry, 1897)	17	10
<i>Eulaema tenuifasciata</i> (Friese, 1925)	4	4
<i>Exaerete frontalis</i> (Guérin, 1844)	26	12
<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)	55	24

Modelamiento de nicho

Partiendo de la base de datos final, se usaron inicialmente las 19 variables climáticas de CHELSEA, y los puntos de colección con estas se realizó la estimación de los MNE para cada especie en MaxEnt. Con los resultados obtenidos se revisó el porcentaje de contribución de cada una de las variables. Posteriormente, se volvió a estimar los MNE en MaxEnt, pero esta vez con las variables que tuvieron una contribución significativa

para cada especie (Ver Tabla 4), siendo la variable Bio15, Precipitación Estacional (Tabla 1), la que contribuyó significativamente en todos los MNE. Al realizar los modelamientos con la contribución de variables, obtuvimos para las 31 especies un AUC de bueno a excelente, a excepción de *El. bombiformis*, que generó un valor de AUC= 0,656 y de acuerdo a la Tabla 1, tiene una proyección del modelo de distribución mala (Tabla 4), los 32 mapas pueden ser revisados en los Anexos.

Patrones de riqueza

Mediante la superposición de los 32 MNE, se obtuvo un mapa de riqueza, el cual de acuerdo a la coloración nos indica los lugares con mayor número de especies por lo tanto representando los patrones de riqueza de la tribu Euglossini en el Ecuador (Figura 2). En este mapa se puede observar que las zonas más ricas en especies de abejas de la tribu Euglossini en el Ecuador, con un potencial de presencia de hasta 24 especies, se encuentran en las estribaciones orientales de la parte centro y norte del Ecuador, y estas están localizadas dentro de un rango altitudinal entre 267 y 1370 m.

Según el Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental (2013) y Ron (2020), estas zonas corresponden al Bosque Húmedo Tropical Amazónico, que se encuentra restringido a elevaciones bajo los 600 m y cuenta con la precipitación anual más alta, de igual manera, el Bosque Piemontano Oriental con un rango de elevación que varía entre los 600 a 1300 m y por último, el Bosque Montano Oriental que se encuentra desde los 1300 a 3600 m, estos ecosistemas se caracterizan por tener abundancia de precipitación durante el año y albergan una gran diversidad de plantas y animales (Sierra, 1999).

Tabla 4 Contribución de variables para cada especie con el valor AUC y el umbral de idoneidad establecido.

Especie	Variables utilizadas de acuerdo a su contribución	AUC	Umbral de idoneidad seleccionado
<i>A. caerulea</i>	Bio5 – Bio9 – Bio18	0,894	0.60 – 1
<i>Eu. surinamensis</i>	Bio1 – Bio8 – Bio14 – Bio15 – Bio16 – Bio19	0,995	0.50 – 1
<i>Eg. allosticta</i>	Bio7 – Bio15	0,859	0.50 – 1

<i>Eg. amazonica</i>	Bio5 – Bio7 – Bio15	0,946	0.40 – 1
<i>Eg. augaspis</i>	Bio3 – Bio7 – Bio15	0,895	0.50 – 1
<i>Eg. fuscifrons</i>	Bio3 – Bio5 – Bio7 – Bio14 – Bio15 – Bio19	0,957	0.60 – 1
<i>Eg. gaianii</i>	Bio2 – Bio4 – Bio5	0,858	0.70 – 1
<i>Eg. gibbosa</i>	Bio15 – Bio17 – Bio18 – Bio19	0,969	0.60 – 1
<i>Eg. hemichlora</i>	Bio2 – Bio3 – Bio5 – Bio15	0,818	0.60 – 1
<i>Eg. heterosticta</i>	Bio7 – Bio15	0,909	0.50 – 1
<i>Eg. ignita</i>	Bio2 – Bio3 – Bio5 – Bio9 – Bio15 – Bio19	0,924	0.40 – 1
<i>Eg. imperialis</i>	Bio5 – Bio15	0,874	0.40 – 1
<i>Eg. intersecta</i>	Bio8 – Bio9 – Bio15	0,882	0.60 – 1
<i>Eg. ioprosopa</i>	Bio5 – Bio7 – Bio15	0,949	0.20 – 1
<i>Eg. magnipes</i>	Bio5 – Bio7 – Bio15	0,916	0.50 – 1
<i>Eg. mixta</i>	Bio3 – Bio16	0,803	0.60 – 1
<i>Eg. modeistor</i>	Bio5 – Bio7 – Bio16	0,935	0.40 – 1
<i>Eg. mourei</i>	Bio3 – Bio15 – Bio17 – Bio19	0,839	0.70 – 1
<i>Eg. nigropilosa</i>	Bio3 – Bio15 – Bio17 – Bio19	0,830	0.60 – 1
<i>Eg. orellana</i>	Bio5 – Bio7 – Bio15	0,921	0.20 – 1
<i>Eg. platymera</i>	Bio5 – Bio8 – Bio15	0,916	0.40 – 1

<i>Eg. tridentata</i>	Bio4 – Bio11 – Bio15 – Bio18 – Bio19	0,975	0.70 – 1
<i>El. bombiformis</i>	Bio4 – Bio5 – Bio11	0,656	0.60 – 1
<i>El. cingulata</i>	Bio3 – Bio4 – Bio6 – Bio14 – Bio15 – Bio17 – Bio18	0,926	0.30 – 1
<i>El. leucopyga</i>	Bio4 – Bio14 – Bio18 – Bio19	0,989	0.40 – 1
<i>El. marcii</i>	Bio2 – Bio5 – Bio7 – Bio9 – Bio10 – Bio14 – Bio15 – Bio17 – Bio18 – Bio19	0,905	0.30 – 1
<i>El. meriana</i>	Bio2 – Bio3 – Bio5 – Bio6 – Bio7 – Bio9 – Bio14 – Bio16 – Bio18	0,887	0.40 – 1
<i>El. polychroma</i>	Bio2 – Bio3 – Bio4 – Bio6 – Bio12 – Bio14 – Bio17 – Bio19	0,975	0.40 – 1
<i>El. speciosa</i>	Bio6 – Bio12 – Bio17 – Bio19	0,838	0.50 – 1
<i>El. tenuifasciata</i>	Bio5 – Bio7 – Bio15 – Bio19	0,947	0.60 – 1
<i>Ex. frontalis</i>	Bio8 – Bio12 – Bio13 – Bio14 – Bio18 – Bio19	0,821	0.50 – 1
<i>Ex. smaragdina</i>	Bio2 – Bio3 – Bio5 – Bio6 – Bio7 – Bio9 – Bio12 -	0,940	0.30 – 1

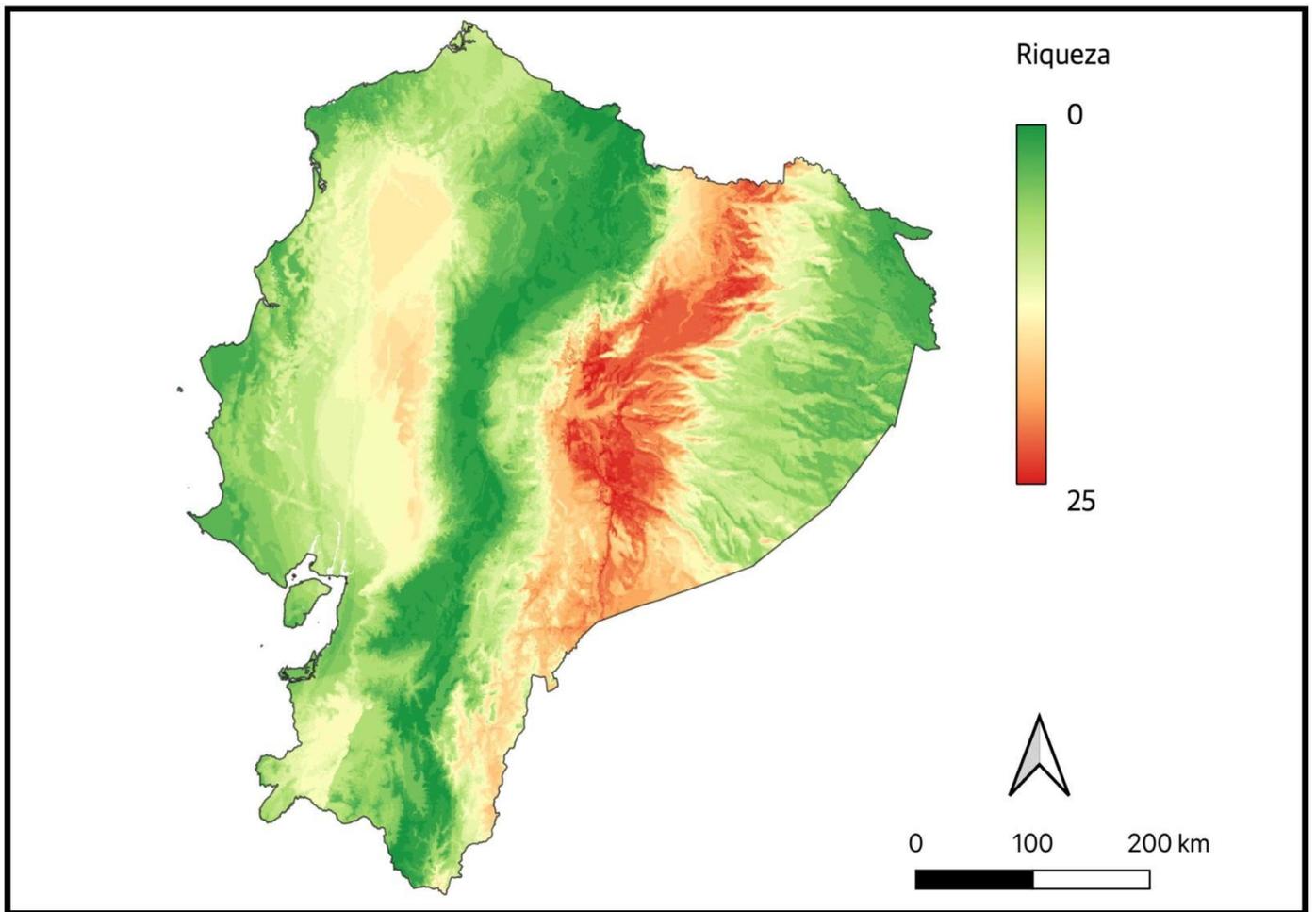


Figura 2 Mapa de los patrones de riqueza de la tribu Euglossini en el Ecuador.

CAPÍTULO III

DISCUSIONES

Conocer los patrones de riqueza y endemismo en la región Neotropical es fundamental para definir áreas prioritarias de conservación, ya que en éstas se encontrarán concentrada la mayor cantidad de especies. Es por esto que su identificación es primordial para definir estrategias efectivas de conservación bajo un escenario de cambio global. También, se sabe que gran parte de esta diversidad está dominada por los invertebrados, es entonces imperante enfocar los esfuerzos de investigación en estos grupos. En esta investigación nos enfocamos en estudiar los patrones de riqueza de las abejas de las orquídeas del Ecuador, para esto hemos trabajado con una metodología integradora, donde no solo se usan los puntos de presencias de especies para estimar las áreas más ricas, sino también se consideran aspectos ecológicos, en este caso incorporando por medio de MNE variables ambientales que son fundamentales para la presencia de las especies en un área determinada.

Nuestros resultados evidencian que la zona más rica en especies se encuentra en las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes, especialmente en la parte centro y norte. Este resultado coincide con estudios realizados anteriormente sobre patrones de riqueza en grupos taxonómicamente diferentes como mamíferos (Burneo & Tirira, 2014), plantas (Mutke & Weigend, 2017), anfibios (Pearman, 1997) y aves (Lessmann et al., 2014; Lessmann et al., 2016). Debemos tomar en cuenta que en esta zona es donde existe la precipitación media anual más alta, esto también se evidencio en nuestro estudio al ser la variable ambiental (Bio 15) la más frecuente en la contribución de nuestros MNE (Tabla 2).

Por otro lado, es importante considerar que la distribución de las abejas de las orquídeas no solo depende de la variabilidad ambiental, sino también de interacciones ecológicas como competencia intra e inter específica (Kimsey, 1980; Mercado & Wallace, 2010). Como es el caso de la especie *Aglae caerulea* y especies en el género *Exaerete*, siendo estas cleptoparasitoideas de otras especies de la tribu Euglossini, las hembras de *Aglae* y *Exaerete* no construyen ni aprovisionan sus nidos, sino que ponen sus huevos en los nidos de otros géneros (Myers, 1935). Esta estrategia de vida hace que las áreas de distribución

de las especies cleptoparasitas estén determinadas en gran medida por la presencia de las especies hospedadas.

También, las abejas de la tribu Euglossini se sabe que presentan estacionalidad, como es el caso de especies del género *Eufrisea* que por lo general están activas sólo por dos o tres meses al año (Dressler, 1982a). Algunas especies del género *Euglossa* son más diversas y abundantes a partir de mediados de la estación seca hasta principios de la estación húmeda (Dressler, 1982a). Y las abejas del género *Eulaema* y *Exaerete* predominan en la época lluviosa. (Nemésio & Silveira, 2007). Estos patrones de estacionalidad de especies también pueden afectar los resultados si no se consideran.

Otro aspecto importante que se tienen que tomar en cuenta al momento de la interpretación de los datos es la rareza de ciertas especies; por ejemplo, *Aglae caerulea*, aunque es una de las especies más grandes y conspicuas de abejas, se conoce muy poco sobre su distribución, ya que existen muy pocos especímenes en colecciones entomológicas y son poco atraídas a las trampas en las que se utilizan cebos, la cual es la práctica más común para coleccionar abejas de las orquídeas (Myers, 1935), por lo tanto esta metodología puede estar subestimado la presencia de estas especies, lo que nos hace pensar que es muy rara en la naturaleza (Silva et al., 2013). Es por esto que la intensidad, duración, frecuencia y la técnica de colección son aspectos claves a tener en cuenta para estimar más adecuadamente los patrones de riqueza de este grupo de insectos.

Las interacciones que estas especies tienen con las plantas, sean estas fuentes de esencias para los machos y/o fuentes de resinas para las hembras, son fundamentales para entender su distribución. Como muchos insectos, las abejas de la tribu Euglossini dependen de las plantas para obtener varias clases de recursos (Dressler, 1982a), esta dependencia ha permitido en parte la diversificación de estas abejas (Nemésio & Silveira, 2007), ya que están han coevolucionado con las plantas (Roubik et al., 2004), y por ende la distribución de las plantas que estas usan es importante en la distribución de las abejas. Actualmente nuestro conocimiento sobre los recursos que las abejas usan en Ecuador es muy limitado, recopilar esta información es fundamental porque nos permitirá aproximar nuestros resultados a patrones más precisos.

Por último, los patrones de diversidad actual de las especies en el Neotrópico son el resultado de factores históricos (Hoorn et al., 2010), pudiendo ser determinantes en el

rango de distribución de las especies, particularmente de las de menor tamaño como los insectos (Mercado & Wallace, 2010), estos eventos históricos como levantamiento de los Andes (Hoorn et al., 2010), y eventos relativamente más recientes como glaciaciones (Haffer, 1969), pudieron haber afectado la distribución actual de las abejas, generando o eliminando barreras geográficas, causando extinción, y/o generando diversificación (Roubik et al., 2004).

Nuestro estudio contribuye generando por primera vez un mapa de riqueza de especies en el Ecuador, esta información como hemos resaltado antes es muy útil en diferentes aplicaciones de la biología, pero quizás uno de los más importantes, urgentes y necesarios es el de su aplicación en la conservación. Los patrones de abejas de las orquídeas aquí identificados muestran una clara acumulación de especies en la parte oriental de la cordillera de los Andes, principalmente en las provincias de Pastaza, Orellana, Sucumbíos, Napo y en menor medida en la parte norte de Morona Santiago, esta información entonces podría ser consideradas para establecer o ampliar las áreas de conservación existentes. La provincia con mayor riqueza de especies (24 especies) es la provincia del Pastaza, esta provincia cuenta con un 98.1% de suelo rural de protección (SINAT, 2018) con lo cual una cantidad importante de especies estaría protegida, a diferencia de provincias en el lado occidental del Ecuador, como Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi, y Los Ríos en las cuales se pueden encontrar hasta 15 especies, pero lamentablemente estas han sufrido deforestación debido a la expansión agrícola y ganadera generada a partir de los años 70 (Sierra 1996; Burneo & Tirira, 2014) lo cual pone en riesgo la conservación de las abejas en estas zonas.

Finalmente, esperamos que este tipo de estudios enfocados en insectos y sus patrones de riqueza se intensifiquen en el futuro, ya que si queremos entender más sobre la increíble biodiversidad que tenemos, es importante enfocarse en el estudio de grupos megadiversos, abundantes y ecológicamente importantes como los insectos.

BIBLIOGRAFÍA

Adams, J. (2009). *Species richness: patterns in the diversity of life* (p. 208). Berlin: Springer.

Armesto, L. O., & Señaris, J. C. (2017). Anuros del norte de los Andes: patrones de riqueza de especies y estado de conservación. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 57(39), 491-526.

Beaumont, L. J., A. J. Pitman, M. Poulsen, Y L. Hughes. 2007. Where will species go? Incorporating new advances in climate modelling into projections of species distributions. *Global Change Biology* 13:1368–1385.

Bienvenido al proyecto QGIS! (s. f.). Recuperado 8 de marzo de 2022, de <https://www.qgis.org/es/site/>

Brown, J. H. (1988). Species diversity. En A. A. Myers & P. S. Giller (Eds.), *Analytical Biogeography: An Integrated Approach to the Study of Animal and Plant Distributions* (pp. 57-89). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0435-4_3

Burneo, S. F. & Tirira, D. G. (2014). Murciélagos del Ecuador: un análisis de sus patrones de riqueza, distribución y aspectos de conservación. *Therya*, 5(1), 197-228.

Cabrera-Amaya, D. M. (2021). Riqueza, composición florística y estructura de la vegetación silvestre en la zona rural de las cuencas de las quebradas Yomasa y Fucha, Bogotá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(176), 761-776. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1255>

Chelsa Climate. (s. f.). Chelsa Climate. Recuperado 7 de marzo de 2022, de <https://chelsa-climate.org/>

Cockerell T. 1917. Some euglossine bees. *The Canadian Entomologist* 49: 144–146.

Colombo, A. F., & Joly, C. A. (2010). Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. *Brazilian Journal of Biology*, 70(3), 697-708.

De La Vega, G. J., & Schilman, P. E. (2015). La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74(3-4), 101-108.

Dodson, C. H. (1966). Ethology of some bees of the tribe Euglossini. *J. Kansas ent. Soc.* 39:607-629.

Dressler, R. L. (1982). Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual review of ecology and systematics*, 13(1), 373-394. (a)

Dressler, R. L. (1982). New species of Euglossa II. (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Biología Tropical*, 30(2), 121-129. (b)

Dressler, R. L. (1982). New species of Euglossa. III. The bursigera species group (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Biología Tropical*, 30(2), 131-140. (c)

Dressler, R. L. (1982). New species of Euglossa IV. The cordata and purpurea species groups (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Biología Tropical*, 30(2), 141-150. (d)

Durán Puno, S. C., & Orellana Quintuña, G. M. (2019). *Comparación de la distribución potencial del género Catasticta en el Ecuador obtenida por tres métodos predictivos* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).

Escalante, T., Linaje, M., Illoldi-Rangel, P., Rivas, M., Estrada, P., Neira, F., & Morrone, J. J. (2009). Ecological niche models and patterns of richness and endemism of the southern Andean genus *Eurymetopum* (Coleoptera, Cleridae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 53, 379-385.

Faria Jr, L.R., & Melo, G. A. (2007). Species of *Euglossa* (Glossura) in the Brazilian Atlantic Forest, with taxonomic notes on *Euglossa stellfeldi* Moure (Hymenoptera, Apidae, Euglossina). *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(3), 275-284.

Flores-Tolentino, M., Ortiz, E., & Villaseñor, J. L. (2019). Ecological niche models as a tool for estimating the distribution of plant communities. *Revista mexicana de biodiversidad*, 90.

- Haffer, J. (1969). Speciation in Amazonian forest birds. *Science*, 165:131-137.
- Herrera-Paniagua, P., Martínez, M., Delgadillo-Moya, C., Herrera-Paniagua, P., Martínez, M., & Delgadillo-Moya, C. (2018). Patrones de riqueza y de asociación al hábitat y microhábitat de los musgos del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Guanajuato, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(4), 1002-1011.
- Hinojosa-Díaz, I. A. (2010). *Comparative genital morphology, phylogeny, and classification of the orchid bee genus Euglossa Latreille (Hymenoptera: Apidae), with distributional modeling of adventive euglossines* (Doctoral dissertation, University of Kansas).
- Hoffmannsegg J. 1817. Entomologische Bemerkungen bei Gelegenheit der Abhandlungen über amerikanische insekten. *Zoologisches Magazin*, 1(1), 8-56.
- Hoorn, C., Wesselingh, F. P., Ter Steege, H., Bermudez, M. A., Mora, A., Sevink, J., ... & Antonelli, A. (2010). Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *science*, 330(6006), 927-931.
- Graser, A. (2013). *Learning QGIS 2.0*. Packt Publishing Ltd.
- Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, P., Kessler, M. (2017): Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. *Scientific Data*. 4, 170122.
- Kimsey, L. S. 1980. The behaviour of male orchid bees (Apidae, Hymenoptera, Insecta) and the question of leks. *Anim. Behav.* 28:996-1004
- Latreille P. 1802. Histoire naturelle des fourmis, et recueil de memoires et dobservations sur les abeilles, les araignees, les faucheurs, et autres insectes Paris: Crapelet.
- Lepelletier A. 1841. Histoire Naturelle des Insectes, Hyménoptères. Librairie Encyclopédique de Roret, Paris.

Lessmann, J., Munoz, J., & Bonaccorso, E. (2014). Maximizing species conservation in continental Ecuador: a case of systematic conservation planning for biodiverse regions. *Ecology and Evolution*, 4(12), 2410-2422.

Lessmann, J., Fajardo, J., Muñoz, J., & Bonaccorso, E. (2016). Large expansion of oil industry in the Ecuadorian Amazon: biodiversity vulnerability and conservation alternatives. *Ecology and evolution*, 6(14), 4997-5012.

Manel, S., Williams, H. C., & Ormerod, S. J. (2001). Evaluating presence–absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of applied Ecology*, 38(5), 921-931.

Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural*, 84(2), 217-240. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>

Menezes, I. S., Rocha, D. S. B., Funch, R. R., Couto-Santos, A. P. L. D., & Funch, L. S. (2021). Identification of priority areas for *Eschweilera tetrapetala* (Lecythidaceae) conservation in response to climate change. *Rodriguésia*, 72.

Mercado, N. I., & Wallace, R. B. (2010). Distribución de primates en Bolivia y áreas prioritarias para su conservación. *Tropical Conservation Science*, 3(2), 200-217.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.

Mora Sibaja, J., Aguilar Monge, I., Morera Beita, C., Guevara-Mora, M., Alfaro Alvarado, L. D. (2021). Distribución espacial de las abejas meliponas (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en el Corredor Biológico Montes del Aguacate, Costa Rica. *Revista chilena de entomología*, 47(3), 479-487. <https://doi.org/10.35249/rche.47.3.21.04>

Mutke, J., & Weigend, M. (2017). Mesoscale patterns of plant diversity in Andean South America based on combined checklist and GBIF data. *Berichten der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft*, 29, 83-97.

- 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.
- Nemésio, A. (2009). Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa*, 2041(1), 1-242.
- Nemésio, A. (2010). *Eulaema* (*Apeulaema*) *felipei* sp. n. (Hymenoptera: Apidae: Euglossina): A new forest-dependent orchid bee found at the brink of extinction in northeastern Brazil. *Zootaxa*, 2424, 51-62.
- Obregón, R., Arenas-Castro, S., Gil, F., Jordano, D., & Fernández-Haeger, J. (2014). Biología, ecología y modelo de distribución de las especies del género *Pseudophilotes* Beuret, 1958 en Andalucía (Sur de España) (Lepidoptera: Lycaenidae). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 42(168), 501-516.
- Ortega-Huerta M.A., & Peterson, A.T. (2004) Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 39-54.
- Padrón, P. S., Roubik, D. W., & Picón, R. P. (2018). A preliminary checklist of the orchid bees (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) of Ecuador. *Psyche*, 2018.
- Pearman, P. B. (1997). Correlates of Amphibian Diversity in an Altered Landscape of Amazonian Ecuador: Correlaciones de la Diversidad de Anfibios en un Paisaje Alterado de la Amazonía Ecuatoriana. *Conservation Biology*, 11(5), 1211-1225.
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M & Peterson AT (2007) Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Peck, S. B. (1996). Diversity and distribution of the orthopteroid insects of the Galápagos Islands, Ecuador. *Canadian Journal of Zoology*, 74(8), 1497-1510.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.

Pineda, E., & Lobo, J. M. (2009). Assessing the accuracy of species distribution models to predict amphibian species richness patterns. *Journal of Animal Ecology*, 78(1), 182-190.

Pineda, E., & Lobo, J. M. (2012). The performance of range maps and species distribution models representing the geographic variation of species richness at different resolutions. *Global Ecology and Biogeography*, 21(9), 935-944.

Ramírez, S., R.L. Dressler & M. Ospina. 2002. Abejas Euglosinas (Hymenoptera: Apidae) de la Región Neotropical: Listado de especies con notas sobre su biología. *Biota Colombiana* 3: 7-118.

Ramirez, S. R., Roubik, D. W., Skov, C., & Pierce, N. E. (2010). Phylogeny, diversification patterns and historical biogeography of euglossine orchid bees (Hymenoptera: Apidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 100(3), 552-572.

Raxworthy, C. J., Ingram, C. M., Rabibisoa, N., & Pearson, R. G. (2007). Applications of ecological niche modeling for species delimitation: a review and empirical evaluation using day geckos (*Phelsuma*) from Madagascar. *Systematic biology*, 56(6), 907-923.

Ríos-Touma, B., Holzenthal, R. W., Huisman, J., Thomson, R., & Rázuri-Gonzales, E. (2017). Diversity and distribution of the Caddisflies (Insecta: Trichoptera) of Ecuador. *PeerJ*, 5, e2851.

Ron, S. R. 2020. Regiones naturales del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado 16 de abril, de <https://bioweb.bio/RegionesNaturales/>

Root T, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C & Pounds JA (2003) Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.

Roubik, D. W. (2004). Sibling Species of Glossura and Glossuropoda in the Amazon Region (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 77(3), 235-253.

Roubik, D. W., & Hanson, P. E. (2004). *Abejas de orquídeas de la América tropical: Biología y guía de campo*. Editorial INBio.

RStudio | Open source & professional software for data science teams. (s. f.). Recuperado 7 de marzo de 2022, de <https://www.rstudio.com/>

Sahagún-Sánchez, F. J., Espinoza-Guzmán, M. A., Huerta-Martínez, F. M., (2021). Riqueza de aves en la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa en San Luis Potosí, México. *CienciaUAT*, 15(2), 37-67. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1439>

Scheldeman, X., & Zonneveld, M. V. (2010). *Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution. Bienvenido al proyecto QGIS!* (s. f.). Recuperado 8 de marzo de 2022, de <https://www.qgis.org/es/site/>

Scott, J. M., Csuti, B., Jacobi, J. D., & Estes, J. E. (1987). Species Richness. *BioScience*, 37(11), 782-788. <https://doi.org/10.2307/1310544>

Sierra, Rodrigo. 1996. La deforestación en el noroccidente del Ecuador 1983–1993. EcoCiencia., Quito, Ecuador.

Sierra, Rodrigo. (1999). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. 10.13140/2.1.4520.9287.

Silva, F. S. (2012). Orchid bee (Hymenoptera: Apidae) community from a gallery forest in the Brazilian Cerrado. *Revista de Biología Tropical*, 60(2), 625-633.

Silva, D. P., Aguiar, A. J., Melo, G. A., Anjos-Silva, E. J., & De Marco, P. (2013). Amazonian species within the Cerrado savanna: new records and potential distribution for *Aglae caerulea* (Apidae: Euglossini). *Apidologie*, 44(6), 673-683.

Silva, D. P., Macêdo, A. C., 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(5), 901-910.

Silva TC (2016) Áreas prioritárias para conservação de aves ameaçadas de extinção do bioma Caatinga frente às mudanças climáticas e ameaças antrópicas. Dissertação de Mestrado Profissional. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 79p.

Sistema Nacional para la administración de Tierras (SINAT). Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. (s.f.) Recuperado 17 de abril de 2022, de <http://www.sigtierras.gob.ec/sistema-nacional-para-la-administracion-de-tierras-sinat/>

Smithsonian Tropical Research Institute-Digital File Manager. (s. f.). Recuperado 8 de marzo de 2022, de <https://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metas/search/?stxt=euglossa&page=1>

Soberón, J. (1999) Linking biodiversity information sources. *Trends in Ecology and Evolution*, 14, 291.

Soberón, J., & Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(Supplement 2), 19644-19650.

Suárez Torres, A. P. (2019). *Análisis Morfogeométrico del género Euglossa (Latreille 1802) (Apidae: Euglossini) como un aporte a su filogenia* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Swets, J. A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240:1285.

Townsend, C. R., Begon, M., & Harper, J. L. (2003). *Essentials of ecology* (No. Ed. 2). Blackwell Science.

Vallecillo, S., Maes, J., Polce, C., & Lavallo, C. (2016). A habitat quality indicator for common birds in Europe based on species distribution models. *Ecological Indicators*, 69, 488-499.

Varela, S., Anderson, R. P., García-Valdés, R., & Fernández-González, F. (2014). Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. *Ecography*, 37(11), 1084-1091.

Upton, G. (2020). *Measuring Abundance: Methods for the Estimation of Population Size and Species Richness*. Pelagic Publishing Ltd.

ANEXOS

Anexo 1 Mapas de los MNE para cada una de las especies estudiadas.

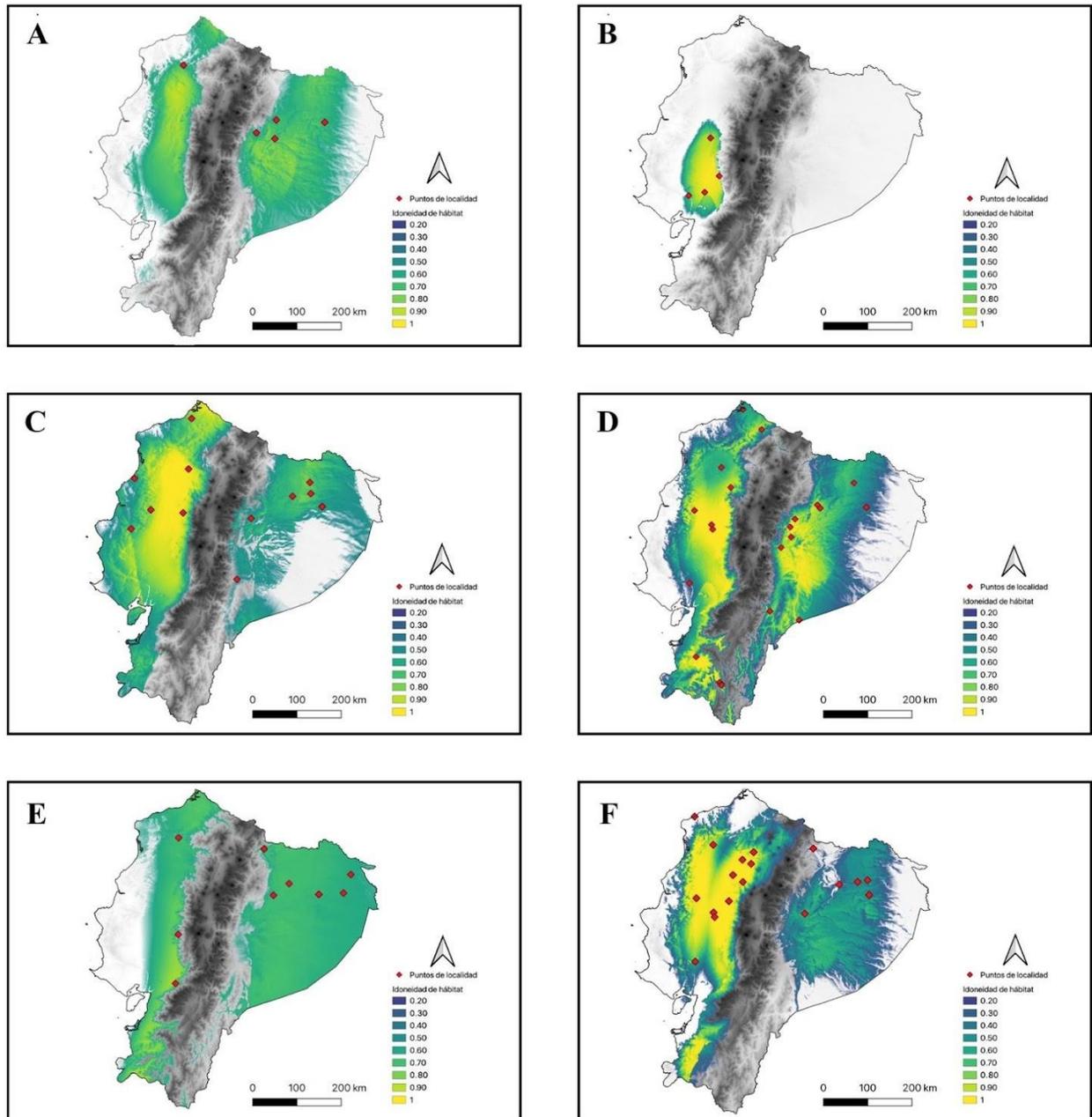


Figura 3 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. **A.** *A. caerulea*. **B.** *Eu. surinamensis*. **C.** *Ex. frontalis*. **D.** *Ex. smaragdina*. **E.** *El. bombiformis*. **F.** *El. cingulata*.

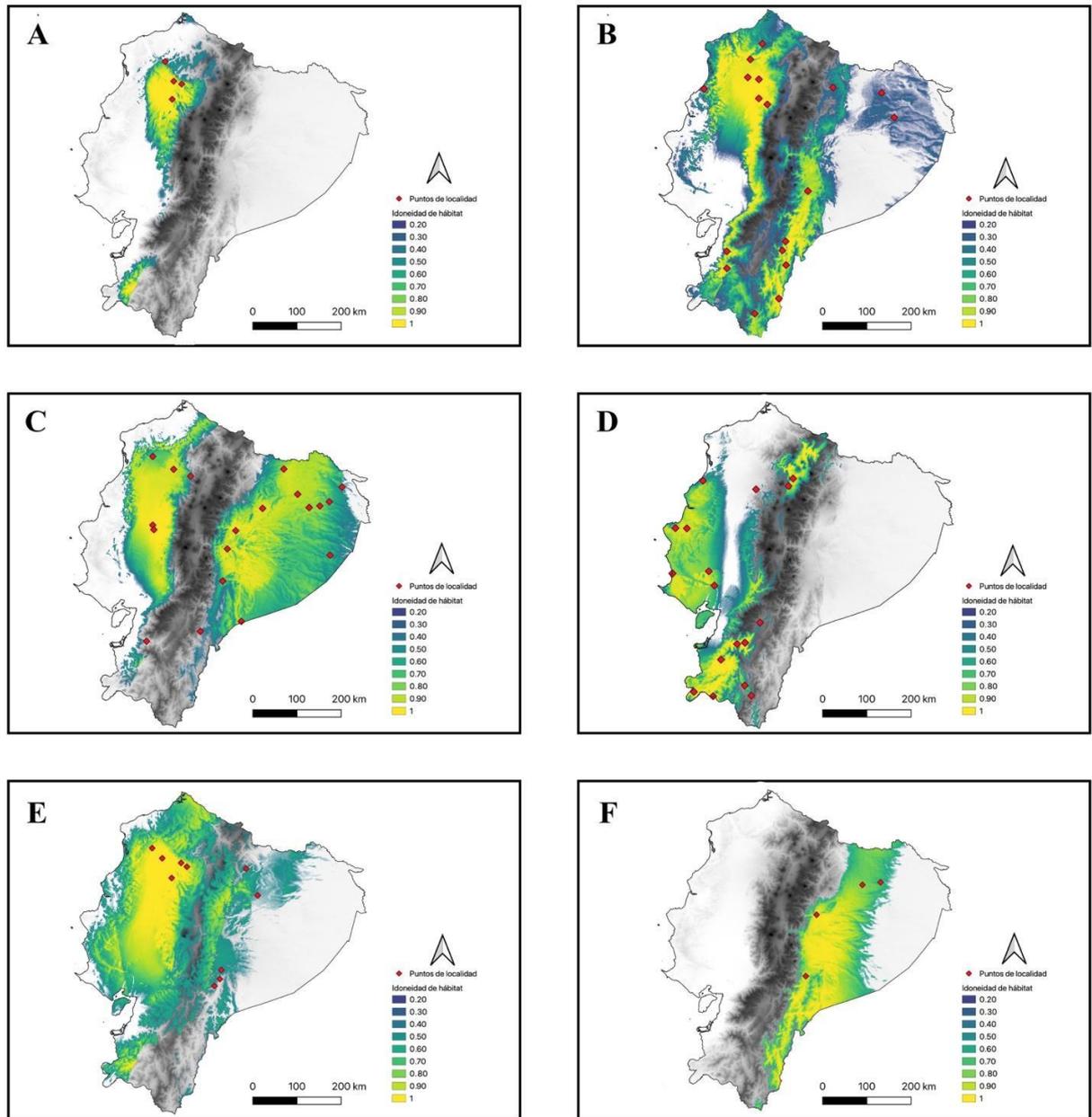


Figura 4 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. **A.** *El. leucopyga*. **B.** *El. marcii*. **C.** *El. meriana*. **D.** *El. polychroma*. **E.** *El. speciosa*. **F.** *El. tenuifasciata*.

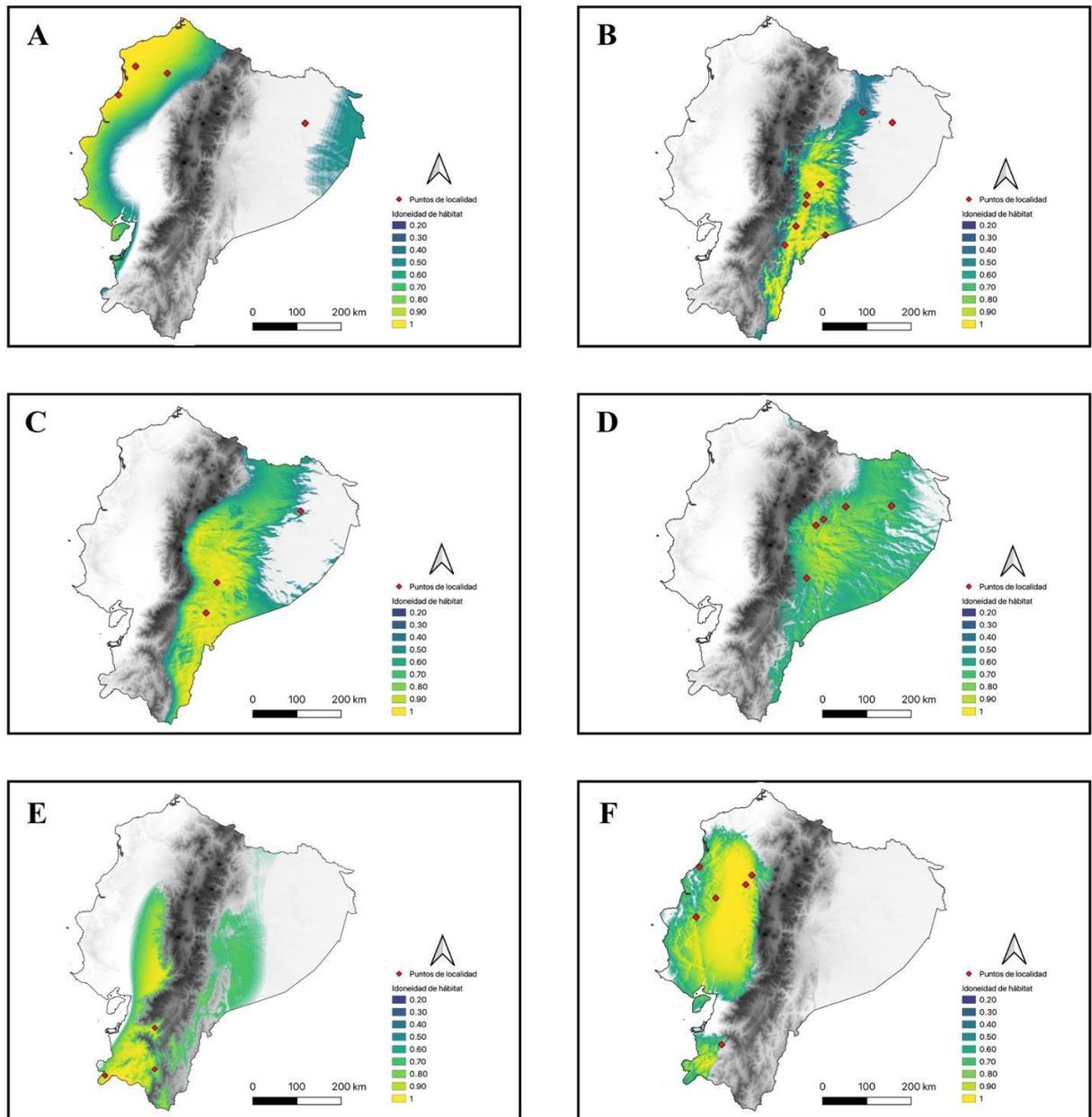


Figura 5 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. **A.** *Eg. allosticta*. **B.** *Eg. amazonica*. **C.** *Eg. augaspis*. **D.** *Eg. fuscifrons*. **E.** *Eg. galianii*. **F.** *Eg. gibbosa*.

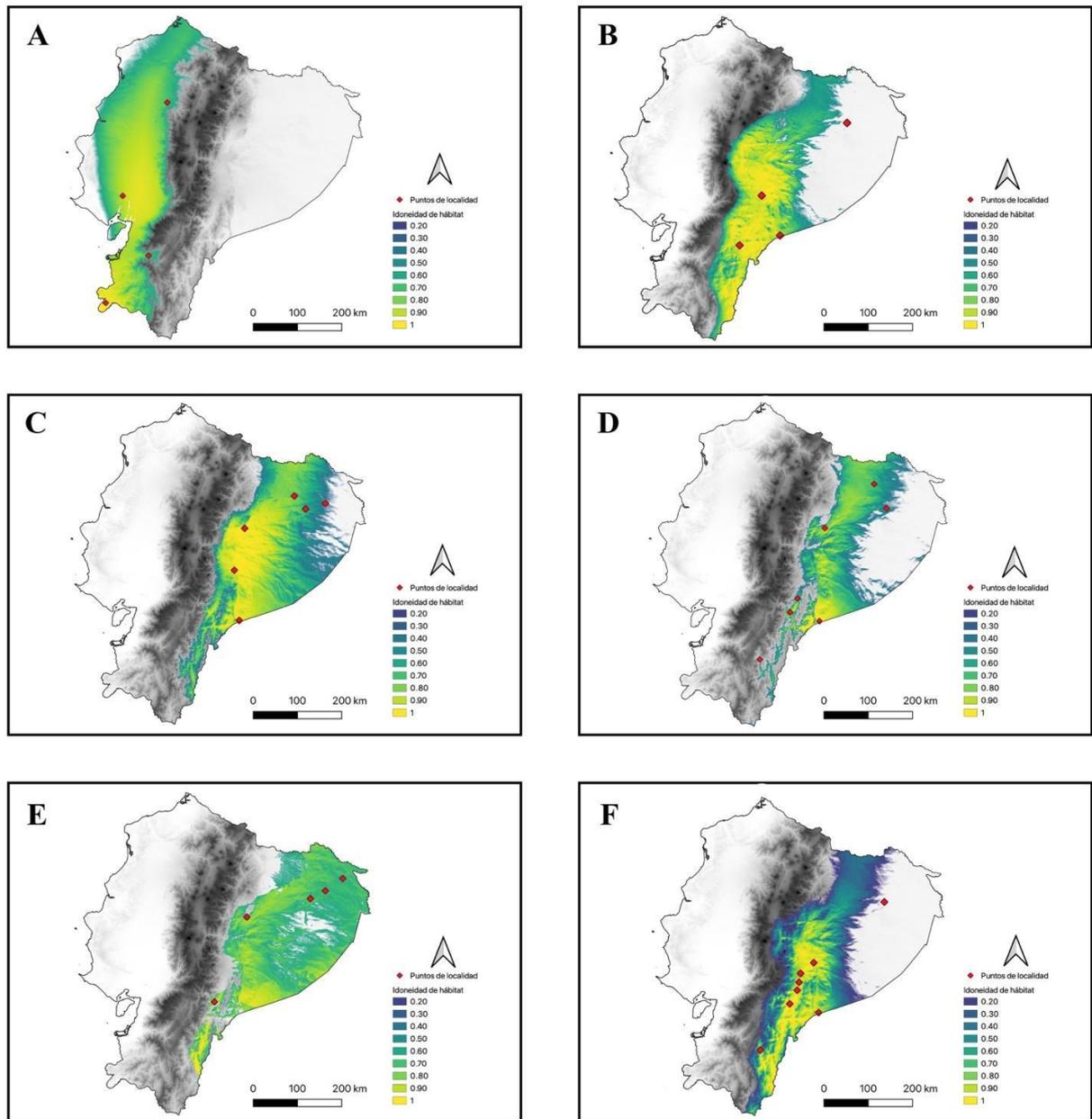


Figura 6 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. **A.** *Eg. hemichlora*. **B.** *Eg. heterosticta*. **C.** *Eg. ignita*. **D.** *Eg. imperialis*. **E.** *Eg. intersecta*. **F.** *Eg. ioprosopa*.

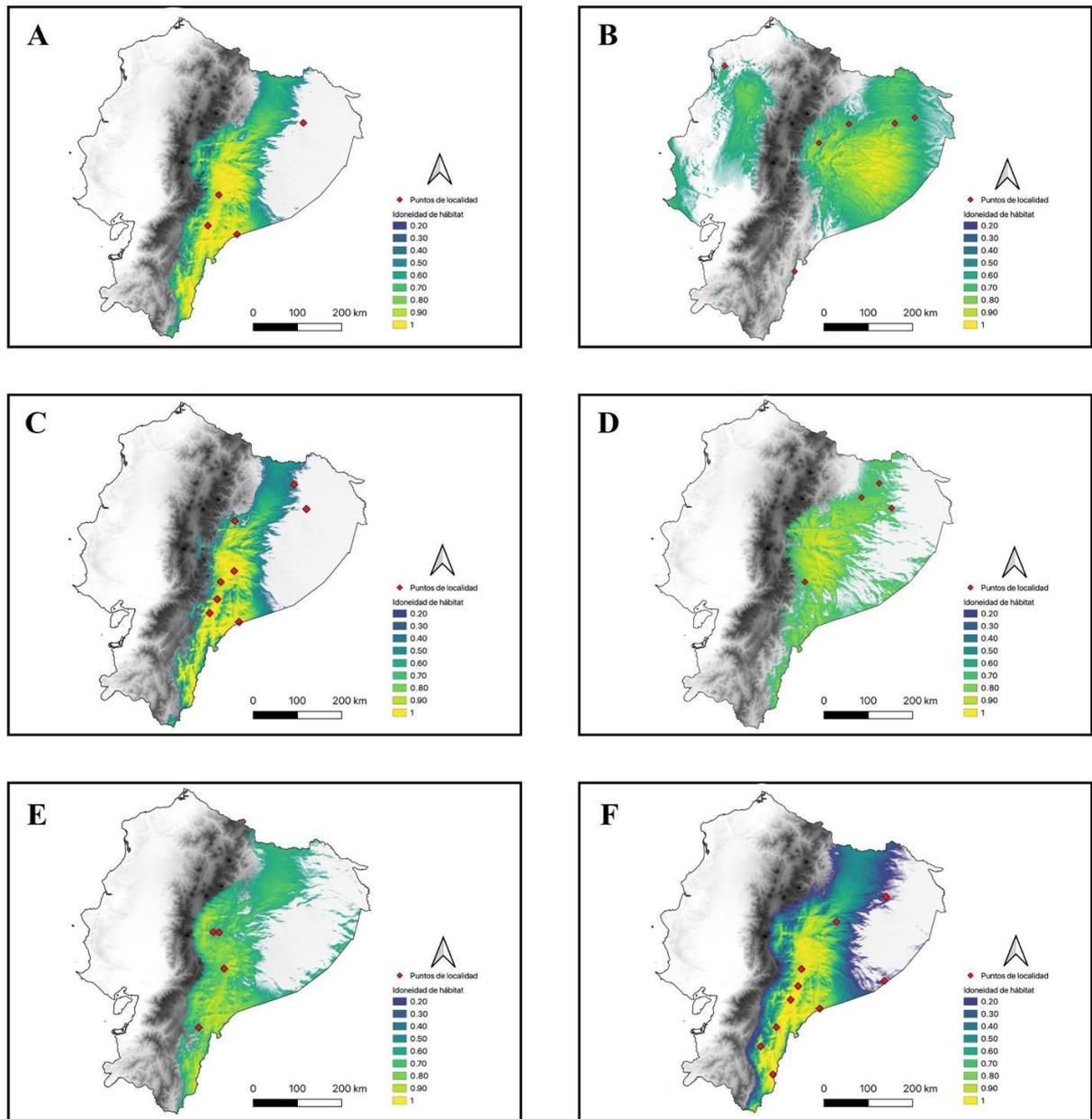


Figura 7 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. **A.** *Eg. magnipes*. **B.** *Eg. mixta*. **C.** *Eg. modeistor*. **D.** *Eg. mourei*. **E.** *Eg. nigropilosa*. **F.** *Eg. orellana*.

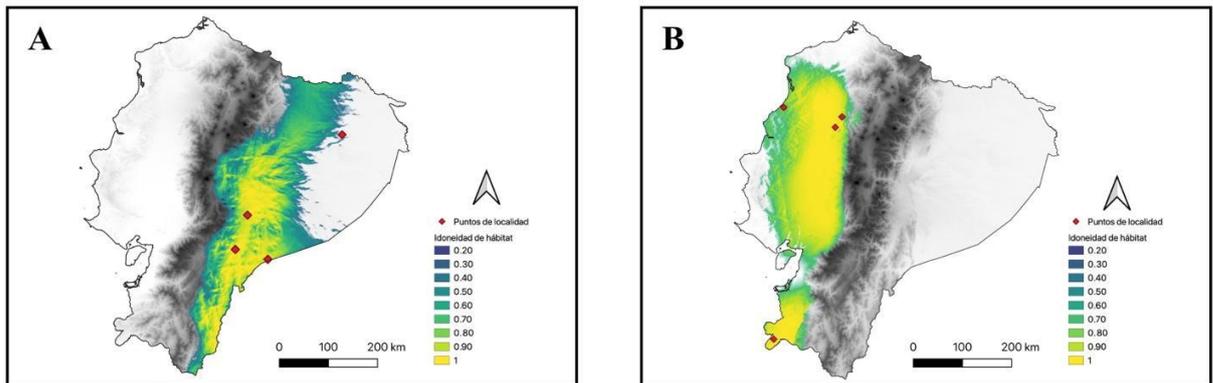


Figura 8 Mapas de los MNE de las especies de la tribu Euglossini en el Ecuador. **A.** *Eg. platymera*. **B.** *Eg. tridentata*.