

Estudio del comportamiento de las abejas *Geotrigona* para su conservación en la parroquia Eloy Alfaro, Chone

Study of the behavior of *Geotrigona* bees for their conservation in the Eloy Alfaro parish, Chone



Adriana Nicolle Córdova Muguerza¹

Gema Brigit Vélez Zambrano¹

Rosa Victoria González Zambrano¹

✉ <https://orcid.org/0009-0000-3638-5449>

✉ <https://orcid.org/0009-0003-4112-8510>

✉ <https://orcid.org/0000-0003-0960-1817>

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabi | Calceta - Ecuador | CP 130250

✉ adriana.muguersa.41@espm.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.26423/nzt5k085>

Páginas: 48- 69

Resumen

Las abejas *Geotrigona* nativas sin aguijón de la región tropical, desempeñan un papel esencial en la polinización de cultivos y plantas nativas en Ecuador. No obstante, factores como la deforestación, el cambio climático y el uso intensivo del suelo han reducido la población. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo analizar el comportamiento de estas abejas en su entorno natural para promover su conservación en la parroquia Eloy Alfaro del cantón Chone. Se empleó un enfoque deductivo, con observaciones directas, monitoreo automatizado y análisis estadístico de variables ambientales. Además, se aplicó la técnica de transectos para el estudio de la flora asociada. La información obtenida permitirá definir el hábitat óptimo y contribuir al diseño de estrategias de conservación local. Los patrones de comportamiento de las abejas *Geotrigona* están fuertemente influenciados por el horario y las condiciones térmicas del suelo, mostrando mayor actividad de forrajeo al mediodía. La disponibilidad y diversidad de la vegetación afectan directamente su actividad de recolección, siendo más intensa en áreas con mayor cobertura vegetal. Se encontraron conexiones importantes entre el medio ambiente y el comportamiento. Se notaron tendencias que indican una relación directa entre las plantas y ciertos comportamientos, lo que necesita más investigaciones en el futuro.

Abstract

The native stingless *Geotrigona* bees of the tropical region play an essential role in the pollination of crops and native plants in Ecuador. However, factors such as deforestation, climate change, and intensive land use have reduced their population. In this context, this research aimed to analyze the behavior of these bees in their natural environment to promote their conservation in the Eloy Alfaro parish of the Chone canton. A deductive approach was used, with direct observations, automated monitoring, and statistical analysis of environmental variables. In addition, the transect technique was applied to study the associated flora. The information obtained will allow us to define the optimal habitat and contribute to the design of local conservation strategies. The behavior patterns of *Geotrigona* bees are strongly influenced by time of day and temperature, with foraging activity peaking at midday. The availability and diversity of vegetation directly affect their foraging activity, being higher in areas with more plant cover. Important connections were found between the environment and behavior. Trends were noted that indicate a direct relationship between plants and certain behaviors, which warrants further investigation.

Keywords: bees, *Geotrigona*, pollination, conservation, behavior, environmental factors.

Palabras clave: abejas, *Geotrigona*, polinización, conservación, comportamiento, factores ambientales.

Recepción: 13/08/2025 | Aprobación: 20/11/2025 | Publicación: 26/12/2025

1. Introducción

Las abejas, pertenecientes a la superfamilia *Apoidea* del orden *Hymenoptera*, son consideradas polinizadores esenciales en una variedad de ecosistemas. A nivel mundial, se conocen aproximadamente 20 000 especies de abejas, de las cuales entre 400 y 500 son abejas nativas sin aguijón, agrupadas en la tribu *Meliponini* (1). Este grupo es exclusivo de América, juega un papel crucial en los ecosistemas tropicales y subtropicales, particularmente en América Latina, donde especies del género *Geotrigona* son fundamentales para la polinización de cultivos agrícolas y plantas nativas (2). Sin embargo, a pesar de su relevancia, la etología que se refiere al comportamiento en el hábitat, al igual que otras especies de abejas nativas sin aguijón, están siendo severamente amenazadas por factores como la deforestación, pérdida de recursos florales, aumento de competencia, predadores, el cambio climático y el uso de agroquímicos (3, 4, 5).

Por otro lado, la transformación de los ecosistemas en tierras agrícolas, especialmente a través de la intensificación del uso de la tierra para monocultivos a escala significativa, está destruyendo hábitats seminaturales; estos procesos antropogénicos reducen la conectividad entre las poblaciones y erosionan los recursos florales y de anidación, lo que impacta negativamente la abundancia y diversidad de los polinizadores, y en última instancia, los servicios de polinización (6).

Estos polinizadores, especialmente las abejas *Meliponini*, son cruciales para la biodiversidad y la seguridad alimentaria, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Sin embargo, la alteración de los ecosistemas por actividades humanas ha reducido su capacidad de polinización. La Convención sobre la Diversidad Biológica en Ecuador (CDB) ha señalado el creciente peligro que enfrentan estas abejas debido al uso intensivo de la tierra, que ha modificado más del 50% de la superficie terrestre. Desde los años 60, la expansión agrícola ha reducido los bosques y pastizales, empeorando la situación para ellas (7, 8, 9, 5).

En Ecuador, aunque la Constitución asegura la protección de la naturaleza, la falta de recursos y la ausencia de políticas locales efectivas hacen difícil llevar a cabo acciones para conservar las abejas *Meliponini* (10). Aunque el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) y los GAD provinciales y cantonales han realizado esfuerzos, es necesario profundizar en la investigación de estas especies, que son cruciales para la biodiversidad y la agricultura (11).

Se han encontrado varias especies de abejas nativas en el país como: *Scaptotrigona ederi*, *Geotrigona*, *Melipona mimética*, *M. indecisa*, *Paratrigona aff* y *Nannotrigona cf.*, gracias a estudios sobre la clasificación y medidas (12). Estas abejas, que viven en colonias de entre 100 y 10 000 individuos según la especie, presentan un comportamiento altamente social, con una organización laboral compleja. En este sentido, las obreras se encargan del forrajeo, la recolección de néctar y polen, así como del cuidado de las crías, mientras que las reinas tienen la responsabilidad exclusiva de la reproducción (1).

Además, producen miel, cera y propóleo, productos que las comunidades locales emplean no solo para consumo, sino también en prácticas medicinales y culturales, especialmente

en las regiones tropicales (13).

Por otro lado, en la provincia de Manabí, las abejas *Geotrigona* juegan un rol fundamental tanto en los ecosistemas locales como en la producción agrícola. No obstante, la falta de capacitación técnica y la escasa disponibilidad de recursos limitan el desarrollo de iniciativas efectivas para su conservación (14). A esto se suma la creciente preocupación por la deforestación y los cambios en el uso del suelo, que agravan aún más esta situación en la provincia (15).

En el cantón Chone, según el Plan de Ordenamiento Territorial (16) la agricultura y la ganadería constituyen las principales actividades económicas. La superficie total del cantón es de 306 189,6 ha, de las cuales 67 932,90 ha están destinadas a actividades agrícolas y 189 674,40 ha a actividades pecuarias, representando el 22,2% y el 61,9%, respectivamente. Dentro de las actividades agrícolas se encuentran productos permanentes y de ciclo corto. Tales como la achocha, el arroz, el banano, el cacao, el café, la caña de azúcar, el frijol, la guava, el haba, el limón, el maíz duro, la mandarina, el maracuyá, el melón, la naranja, la palma africana, la papaya, el pepinillo, el pimiento, el plátano, el tomate riñón, la toronja, la yuca, el coco, el ciruelo y el zapallo (17).

De acuerdo con el PDOT (16), se determina que los principales cultivos en el cantón son el cacao, con un 81,8% del área cultivada, seguido del maíz, con un 11,08%, y la yuca, con un 2,13%. Además, se cultivan en menor escala el plátano y el banano, con un 1,56%, la palma africana, con un 1,14%, y el maracuyá con un 1% (5).

En el área de estudio existe una gran diversidad de especies de árboles y plantas nativas; sin embargo, según el informe del MAATE, (18) entre 2001 y 2023, Chone perdió 15,5 mil hectáreas de cobertura arbórea, lo que equivale a una disminución del 7,9% de la cobertura arbórea desde el año 2000, lo que dio como resultado 8.26 millones de toneladas de emisiones de CO₂. Además, entre 2021 y 2023, el 99% de la pérdida de cobertura arbórea en Chone ocurrió dentro de bosques naturales, con una pérdida total de 675 hectáreas, lo que generó 372 kt de emisiones de CO₂ este fenómeno representa una deforestación anual del 0,71% (18).

Por otro lado, la deforestación y desertificación del territorio, ocasionada por la degradación de los suelos debido al uso irracional de los recursos naturales, el abandono por falta de riego, la ausencia de normativas sobre el uso, protección y control, así como la falta de estudios especializados y la ausencia de implementación del Plan Hídrico Regional, han acelerado el deterioro de los ecosistemas. Este proceso también genera un deterioro del recurso hídrico, tanto en cantidad como en calidad (16).

Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], (19) es fundamental tomar medidas para mitigar la sobreutilización de los recursos, la industrialización, la ganadería y la agricultura, que son las actividades predominantes en el territorio.

Se prevé que en las parroquias de Chibunga, Convento, Eloy Alfaro, San Antonio, Canuto y Santa Rita, el nivel de amenaza climática será alto, con un incremento de días con temperaturas muy elevadas: 15 días hacia el año 2030 y 30 días hacia el año 2040 (16).

En este contexto, la parroquia Eloy Alfaro, objeto de estudio, presenta una biodiversidad expresada en tres niveles fundamentales: la genética, que garantiza la capacidad de adaptación de las especies; la de especies, observable en las diferentes variedades presentes; y la de ecosistemas, que incluye humedales y bosques, elementos esenciales para la salud ambiental de la región (20), la misma que debe ser conservada para el hábitat de los polinizadores, en especial las abejas *Geotrigona*.

La pérdida de estos polinizadores podría tener graves consecuencias ecológicas, afectando la regeneración del ecosistema y reduciendo el rendimiento agrícola. La relación entre la agricultura sostenible y las abejas *Geotrigona* muestra que es urgente tomar medidas de conservación en la comunidad. Esto es importante para asegurar la supervivencia de estas abejas y el bienestar tanto del medio ambiente como de la economía local (21).

La temperatura y humedad también son determinantes clave de la distribución geográfica de los insectos polinizadores y definen su resistencia a las variaciones de temperatura ambiental (17, 22). La tolerancia térmica aumenta predeciblemente con la disminución de las temperaturas locales para especies de *Geotrigona* (23). Además, se espera que el rango de temperaturas que las colmenas pueden tolerar cambie entre lugares de latitudes bajas y altas, debido a los cambios de temperatura a lo largo de las estaciones. Esto puede hacer que el número de colmenas aumente o disminuya (22).

Las abejas *Geotrigona* establecen una relación mutualista con las plantas nativas de la región, obteniendo recursos como néctar, resina y polen, mientras contribuyen a la reproducción de las plantas al transferir el polen entre sus flores (24). Diversas especies de plantas nativas de Eloy Alfaro dependen de las abejas *Geotrigona* para su polinización, incluidas especies maderables como: *Musa paradisiaca* (plátano) y *Guadua angustifolia* (caña guadua), *Panicum maximum* (guineo), *Cordia alliodora* (laurel blanco), *Jatropha curcas*

(piñón), *Cissus verticillata* (bejuco loco), *Carica papaya* (papaya), *Mangifera indica* (mango), *Gustavia angustifolia* (membrillo), *Pseudobombax millei* (beldaco) (25).

Además, las abejas *Geotrigona* son particularmente eficaces en la fecundación de flores mínimas y complejas, que requieren polinizadores especializados (26). La conservación de estas abejas es fundamental para preservar la biodiversidad y comprender a fondo el comportamiento; la desaparición pondría en riesgo la reproducción de numerosas plantas nativas.

Esta pérdida tendría un impacto directo en los ecosistemas locales y afectaría gravemente la productividad de las fincas del sector (27). Por tanto, su protección no solo es clave para mantener los ecosistemas naturales, sino también para asegurar la sostenibilidad agrícola y económica de las comunidades que dependen de estos cultivos.

La investigación tuvo como objetivo el análisis del comportamiento de estas abejas para ayudar a su conservación en la parroquia Eloy Alfaro, cantón Chone.

Se hizo una ubicación exacta de los nidos, lo que permitió un seguimiento efectivo usando cámaras y sensores, y así se pudo recopilar información sobre su comportamiento.

Se identificaron patrones específicos de actividad y las interacciones entre las abejas y su entorno, mientras se elabora un inventario de las especies arbóreas clave que sirven como fuente de alimentación y nidificación.

2. Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el sitio Balzar 3 en la parroquia Eloy Alfaro, en el cantón Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Las coordenadas exactas del lugar son UTM, zona 17S, con una latitud sur de 0°23'50.6" longitud oeste de 80°05'40". Esta zona, situada al sur de Chone, destaca por su abundante biodiversidad y un entorno propicio para la presencia de las abejas *Geotrigona* (Figura 1).



Figura 1. Sitio Balzar 3 Parroquia Eloy Alfaro, en el cantón Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Fuente: Google Earth (2025).

La imagen está en un formato RGB color verdadero o natural, en la cual cada bandapectral corresponde a Band_1 Red espectro rojo, Band_2 Green espectro verde, Band_3 Blue recoge la información del espectro azul. En la investigación se utilizó el método deductivo para formular hipótesis basadas en teorías existentes y contrastarlas con observaciones y experimentos en campo (28). Este enfoque permitió analizar el comportamiento de las abejas *Geotrigona* y definir las condiciones del hábitat más adecuadas para su conservación en la parroquia Eloy Alfaro, cantón Chone.

Se utilizó el método bibliográfico, que ayudó a reunir y analizar información científica sobre el comportamiento, la ecología y la conservación de las abejas *Geotrigona*, a través de la revisión de libros, artículos y documentos especializados (29). Para el análisis de los datos obtenidos, se utilizó el método estadístico para el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson, con el fin de determinar la relación entre factores ambientales y el comportamiento de las abejas (30). Para el procesamiento de los datos se empleó el software InfoStat.

En la evaluación de la relación entre los factores ambientales y el comportamiento de las abejas *Geotrigona*, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, utilizando la siguiente fórmula, (ecuación 1.):

$$p = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Donde:

X_i y Y_i : Son valores de las dos variables.

\bar{X} \bar{Y} : son las medias de las variables X Y, respectivamente.

Se utilizó para la correlación entre variable independiente factores ambientales (Temperatura °C, Humedad %, Flora disponible%) y variable dependiente comportamiento de la abejaje *Geotrigona* (Forrajeo # visitas, Anidación # interacciones, Defensa del nido # interacciones, Descanso e inactividad %, Manejo de la temperatura del nido °C), para la determinación del hábitat idóneo para la conservación.

En lo referente al levantamiento de información botánica, se aplicó la técnica de transectos de franja según el método de Gentry, estableciendo 10 parcelas de 50x2m2 que cubrieron un total de 0,1 ha. En estas parcelas se registraron especies arbóreas con DAP >2.5 cm visitadas por las abejas (31). Por otra parte, se utilizó la observación directa para registrar actividades como recolección de alimento y nidificación, las cuales se relacionaron con las condiciones del entorno (32). Este procedimiento se complementó con un análisis de flora, identificando especies vegetales clave como fuente de alimento (33).

En el monitoreo automatizado del comportamiento de las abejas se utilizó una cámara de visión artificial tipo MonPo, equipada con un sensor infrarrojo HC-SR501.

Este sistema permitió captar imágenes del comportamiento de las abejas durante la polinización (34). Así mismo, se utilizó la aplicación AccuWeather para registrar en tiempo real la temperatura y la humedad relativa en las zonas de anidación, lo cual permitió caracterizar las condiciones microclimáticas del hábitat (35). Además, se realizó un estudio del suelo bajo los siguientes parámetros: de color, densidad aparente, densidad real, conductividad eléctrica, pH y salinidad (Tabla 1).

Tabla 1. Fases de la investigación

Fase	Actividad	Método, técnica e instrumento
Fase 1. Determinación de los patrones de comportamiento de las abejas <i>Geotrigona</i> en su hábitat natural	- Ubicación de nidos con GPS e instalación del sistema de monitoreo. - Observación y registro de patrones de comportamiento.	Método Deductivo y Estadístico. Observación directa. GPS, cámara <i>MooRec</i> con sensor HC-SR501. Ficha de Registro.
Fase 2. Valoración de las condiciones ambientales y de alimentación que afectan la población de abejas <i>Geotrigona</i>	- Muestreo de especies arbóreas. - Valoración alimenticia mediante observación del vuelo. - Registro de temperatura y humedad. - Análisis de suelo.	Método Deductivo y Estadístico. Observación directa. Correlación Pearson. Ficha evaluación de la actividad de vuelo de las abejas. Aplicación <i>AccuWeather</i> . Software <i>InfoStat</i> .
Fase 3. Correlación entre factores ambientales y comportamiento	- Análisis de relación entre variables ambientales y comportamiento.	Método Estadístico. Correlación de Pearson. Software <i>InfoStat</i> .

3. Resultados y Discusión

Fase 1. Determinación de los patrones de comportamiento de las abejas *Geotrigona* en su hábitat natural

- Ubicación de nidos con GPS e instalación del sistema de monitoreo

El área de estudio se encuentra ubicada en el sitio Balzar 3 en la parroquia Eloy Alfaro, cantón Chone, provincia de Manabí – Ecuador. Está delimitada conforme a la georreferencia mediante el sistema de coordenadas UTM, Zona 17 M con

datum WGS84. Esto permite una representación precisa y compatible con el equipo de GPS.

El polígono con línea roja muestra los límites del área donde se realizó el estudio sobre el comportamiento de las abejas *Geotrigona*. Esta zona incluye áreas con mucha vegetación, caminos muy transitados y espacios abiertos, lo que facilitó la colocación estratégica de cámaras con sensores de movimiento.

En la Figura 2 se muestran las coordenadas del área de estudio: al Oeste 600600, Este 601400, Sur 9961200, Norte 9961600.

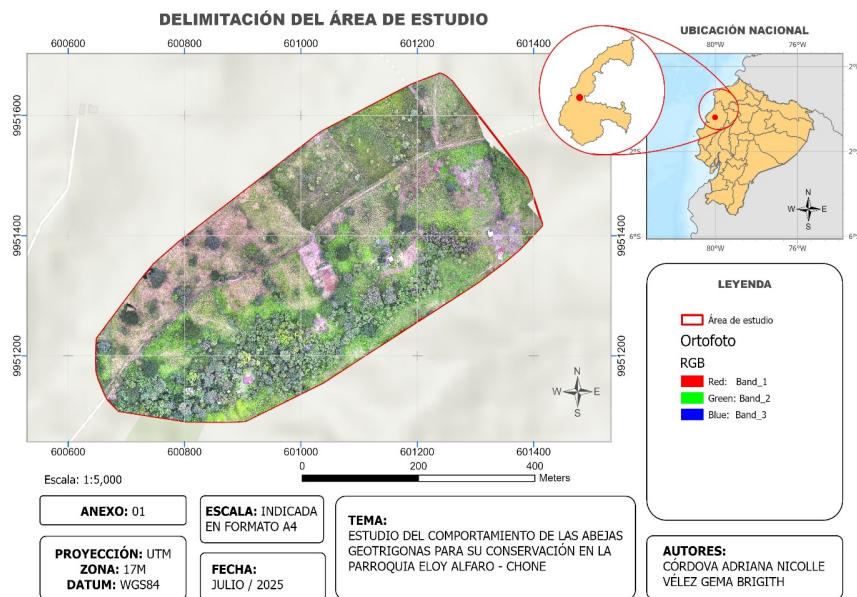


Figura 2. Delimitación del área de estudio para el monitoreo de las abejas.

De los puntos de monitoreo se utilizó la técnica de transectos de franja según la metodología de Gentry. Esta consiste en el establecimiento de cinco parcelas rectangulares de 50 metros de longitud por 2 metros de ancho, cubriendo así una superficie total de 0,05 hectáreas (31).

Se comparó entre formaciones vegetales distintas, tomando en cuenta la cobertura vegetal, visibilidad y diversidad florística como criterios clave para la delimitación del transecto. Los puntos de monitoreo fueron georreferenciados con base en coordenadas UTM, Zona 17M (Datum WGS84), dentro y fuera del área delimitada del estudio. En cada

punto se trazó un rectángulo de 50x2m, orientado según las condiciones del terreno para maximizar la detección de especies vegetales visitadas por las abejas.

En la Figura 3 se determinan los puntos de monitoreo: Punto de monitoreo 1: 600700/9951250, Punto de monitoreo 2: 600900/9951350, Punto de monitoreo 3: 601000/9951200, Punto de monitoreo 4: 601200/99510400, Punto de monitoreo 5: 601100/99511450. En estos puntos se ubicó el sistema de monitoreo MonPo, una cámara para detectar el movimiento de las abejas.

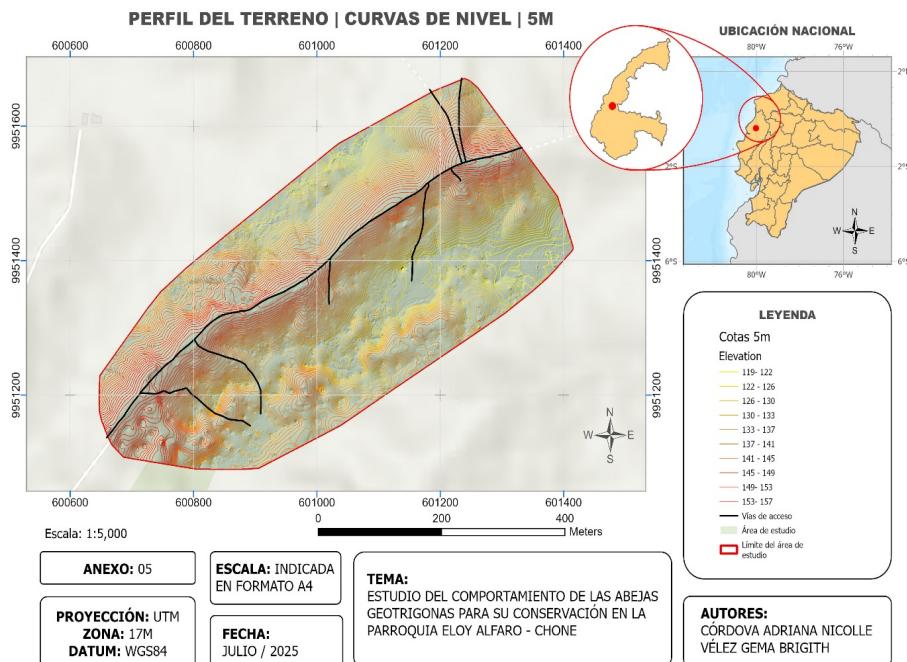


Figura 3. Puntos de Monitoreo de las Abejas

- Observación y registro de patrones de comportamiento

En la identificación de patrones diarios de actividad de las abejas en el Sitio Balzar 3 como: el forrajeo, la anidación, la defensa y el manejo de la temperatura interna, primero se identificó la ubicación de los nidos mediante el GPS, luego se

observaron los resultados de monitoreo de la cámara MonPo; con estos datos se registró en la ficha el comportamiento de las abejas en un horario de: 6h00 8h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00, 18h00, en el periodo de dos meses en la temporada seca en mayo y junio. En la Tabla 2 se muestran los resultados de la observación.

Tabla 2. Registro de comportamiento de las abejas

Horario	Nido	Forrajero (visitas/30min)	Anidación (interacciones)	Defensa (interacciones)	Descanso/ Inactividad (%) tiempo)	Manejo Temperatura (acciones)
6:00	1	Baja (3)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (35 %)	Moderada ventilación
6:00	2	Baja (2)	Baja (2)	Baja (1)	Moderada (20 %)	Baja ventilación
6:00	3	Moderada (8)	Moderada (3)	Moderada (3)	Baja (8 %)	Alta ventilación
6:00	4	Baja (4)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (30 %)	Baja ventilación
6:00	5	Baja (3)	Baja (1)	Baja (1)	Moderada (15 %)	Moderada ventilación
8:00	1	Moderada (9)	Moderada (4)	Baja (2)	Moderada (15 %)	Moderada ventilación
8:00	2	Moderada (7)	Moderada (3)	Baja (2)	Baja (10 %)	Baja ventilación
8:00	3	Alta (15)	Alta (6)	Moderada (4)	Baja (7 %)	Alta ventilación
8:00	4	Baja (3)	Baja (2)	Moderada (3)	Moderada (20 %)	Baja ventilación
8:00	5	Moderada (8)	Moderada (4)	Baja (1)	Moderada (18 %)	Moderada ventilación
10:00	1	Alta (18)	Alta (7)	Moderada (3)	Baja (5 %)	Alta ventilación
10:00	2	Alta (16)	Moderada (5)	Baja (2)	Baja (8 %)	Moderada ventilación
10:00	3	Alta (20)	Alta (7)	Alta (5)	Baja (5 %)	Alta ventilación
10:00	4	Moderada (10)	Moderada (4)	Moderada (3)	Moderada (15 %)	Baja ventilación
10:00	5	Moderada (12)	Moderada (5)	Baja (2)	Moderada (20 %)	Moderada ventilación
12:00	1	Moderada (12)	Alta (6)	Alta (5)	Baja (7 %)	Alta ventilación
12:00	2	Moderada (10)	Moderada (4)	Baja (1)	Baja (10 %)	Baja ventilación
12:00	3	Alta (18)	Alta (7)	Alta (5)	Baja (6 %)	Alta ventilación
12:00	4	Moderada (9)	Moderada (3)	Moderada (3)	Moderada (18 %)	Baja ventilación
12:00	5	Moderada (11)	Moderada (5)	Baja (1)	Moderada (20 %)	Moderada ventilación
14:00	1	Moderada (10)	Moderada (3)	Moderada (3)	Moderada (20 %)	Moderada ventilación
14:00	2	Baja (5)	Baja (2)	Baja (1)	Alta (30 %)	Baja ventilación
14:00	3	Moderada (12)	Moderada (4)	Moderada (3)	Moderada (25 %)	Alta ventilación
14:00	4	Baja (3)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (35 %)	Baja ventilación
14:00	5	Moderada (10)	Moderada (3)	Baja (1)	Moderada (20 %)	Moderada ventilación
16:00	1	Baja (4)	Baja (2)	Baja (1)	Alta (30 %)	Baja ventilación
16:00	2	Baja (3)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (35 %)	Baja ventilación
16:00	3	Baja (5)	Baja (2)	Moderada (2)	Alta (30 %)	Moderada ventilación
16:00	4	Baja (3)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (35 %)	Baja ventilación
16:00	5	Baja (4)	Baja (2)	Baja (1)	Alta (30 %)	Moderada ventilación
18:00	1	Baja (2)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (35 %)	Baja ventilación
18:00	2	Baja (1)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (40 %)	Baja ventilación
18:00	3	Baja (3)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (35 %)	Baja ventilación
18:00	4	Baja (2)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (40 %)	Baja ventilación
18:00	5	Baja (3)	Baja (1)	Baja (1)	Alta (35 %)	Baja ventilación

Leyenda: Ubicación GPS Nido1: 600700/9951250, Nido 2: 600900/9951350, Nido 3: 601000/9951200, Nido 4: 601200/99510400, Nido 5: 601100/99511450

Los resultados evidencian que la actividad de forrajeo fue baja durante las horas de la mañana; se fue incrementando hacia el mediodía, coincidiendo con el periodo de mayor temperatura y disponibilidad de luz solar.

Se identificó que el nido 3 mostró mayor actividad de forrajeo debido a la ubicación y abundancia floral cercana. La actividad de anidación fue moderada-alta durante las horas del día, cuando las abejas realizan labores de mantenimiento y construcción del nido. El comportamiento defensivo fue bajo moderado en la mayoría de las observaciones, con algunos

picos en horas cercanas al medio día.

El descanso o inactividad fue notablemente alto durante las primeras y las últimas horas del día, con porcentajes que superan el 30 % del tiempo.

Las observaciones de ventilación y regulación térmica fueron más evidentes en las horas de mayor calor; la ventilación ayudó a mantener la temperatura interna óptima para el desarrollo de la colonia; en horas de mejor temperatura, esta actividad fue mínima o no observable.

Fase 2. Valoración de las condiciones ambientales y de alimentación que afectan la población de abejas *Geotrigona*

- Muestreo de especies arbóreas

Durante el levantamiento de datos, en cada parcela se identificaron y registraron las especies arbóreas presentes

que cumplieron con los criterios de selección, que son: circunferencia a la altura del pecho DAP cm, diámetro a la altura del pecho DAP y cobertura. Se tomaron medidas del DAP utilizando cintas diamétricas y se estimó la cobertura del dosel visualmente, registrando también coordenadas geográficas para la georreferenciación. En la Tabla 3 se muestra el inventario de especies arbóreas de la zona de estudio.

Tabla 3. Inventario de especies arbóreas de la zona de estudio

Familia	Nombre Científico	Nombre común	CAP (m)	DAP (cm)	ALTURA (m)	Individuo	Estado de conservación	Condición
Cordiaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel blanco	0,58	0,18	19,25	10	Modificado	Endémico
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i>	Amarillo real	0,76	0,2	5,63	1	Modificado	Endémico
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guasmo	0,40	0,13	15,54	1	Deterioro	Endémico
Lamiaceae	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	1,52	0,48	11,46	1	Intacto	Endémico
Malvaceae	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	0,47	0,15	6,78	3	Modificado	Introducido
Fabaceae	<i>Inga edulis</i>	Guaba bejucu	0,46	0,14	17,25	1	Deterioro	Introducido
Poaceae	<i>Guadua angustifolia</i>	Caña guadua	0,32	0,10	16,22	27	Intacto	Endémico
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	Plátano	0,63	0,20	3,77	36	Intacto	Introducido
Poaceae	<i>Panicum maximum</i>	Guineo	0,72	0,23	3,93	12	Intacto	Introducido
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	1,32	0,42	11,27	2	Deterioro	Introducido
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Papaya	0,49	0,16	6,14	5	Intacto	Endémico
Lecythidaceae	<i>Gustavia angustifolia</i>	Membrillo	0,73	0,23	7,23	2	Modificado	Endémico
Cordiaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel blanco	0,62	0,19	12,2	10	Modificado	Endémico
Lamiaceae	<i>Vitex gigantea</i>	Pechiche	1,52	0,48	12,07	1	Intacto	Endémico
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guasmo	0,42	0,13	10,12	1	Deterioro	Endémico
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Mulatillo	0,74	0,23	11,29	1	Intacto	Endémico
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i>	Cojojo	0,59	0,18	7,43	1	Deterioro	Endémico
Moraceae	<i>Castilla elastica</i>	Caucho	0,70	0,22	8,22	1	Intacto	Endémico
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>	Piñón	0,23	0,07	2,55	12	Deterioro	Endémico
Cordiaceae	<i>Cordia hebeclada</i>	Tutumbe	1,23	0,39	9,21	1	Intacto	Endémico
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Yuca de ratón	0,71	0,23	7,70	1	Intacto	Endémico
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	0,67	0,21	4,64	1	Deterioro	Introducido
Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i>	Bejuco loco	0,01	0,003	2,12	12	Modificado	Endémico
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	0,94	0,30	5,38	1	Deterioro	Endémico
Malvaceae	<i>Sterculia apetala</i>	Caracas	1,72	0,55	6,65	1	Intacto	Endémico
Fabaceae	<i>Leucaena trichodes</i>	Pela caballo	0,88	0,28	5,49	2	Intacto	Endémico
Moraceae	<i>Ficus angustifolia</i>	Mata palo	0,67	0,21	7,28	1	Deterioro	Endémico
Malvaceae	<i>Pseudobombax millei</i>	Beldaco	1,83	0,58	9,11	2	Deterioro	Endémico
Petiveraceae	<i>Gallesia integrifolia</i>	Ajo de montaña	0,4	0,12	9,10	1	Intacto	Endémico
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysanthia</i>	Guayacan blanco	0,76	0,24	15,20	1	Intacto	Endémico
Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	Samán	3	0,96	9.3	1	Intacto	Endémico

Los descubrimientos sobre las condiciones del ambiente en relación con las especies de árboles muestran características únicas. También muestran diferentes niveles de conservación como áreas que están intactas, áreas que han sido modificadas y áreas que están deterioradas.

Las zonas en estado intacto, representadas en verde, corresponden áreas con vegetación densa y bien conservada, lo que sugiere una alta disponibilidad de recursos forestales,

fundamentales para la alimentación y anidación de las abejas.

Las zonas en amarillo y rojo, que están dañadas y alteradas, tienen vegetación en pedazos. Esto afecta el hábitat y disminuye la cantidad de néctar, polen y resinas que son esenciales para la supervivencia.

En la Figura 4 se muestra el estado de conservación de las especies arbóreas en la zona de estudio.

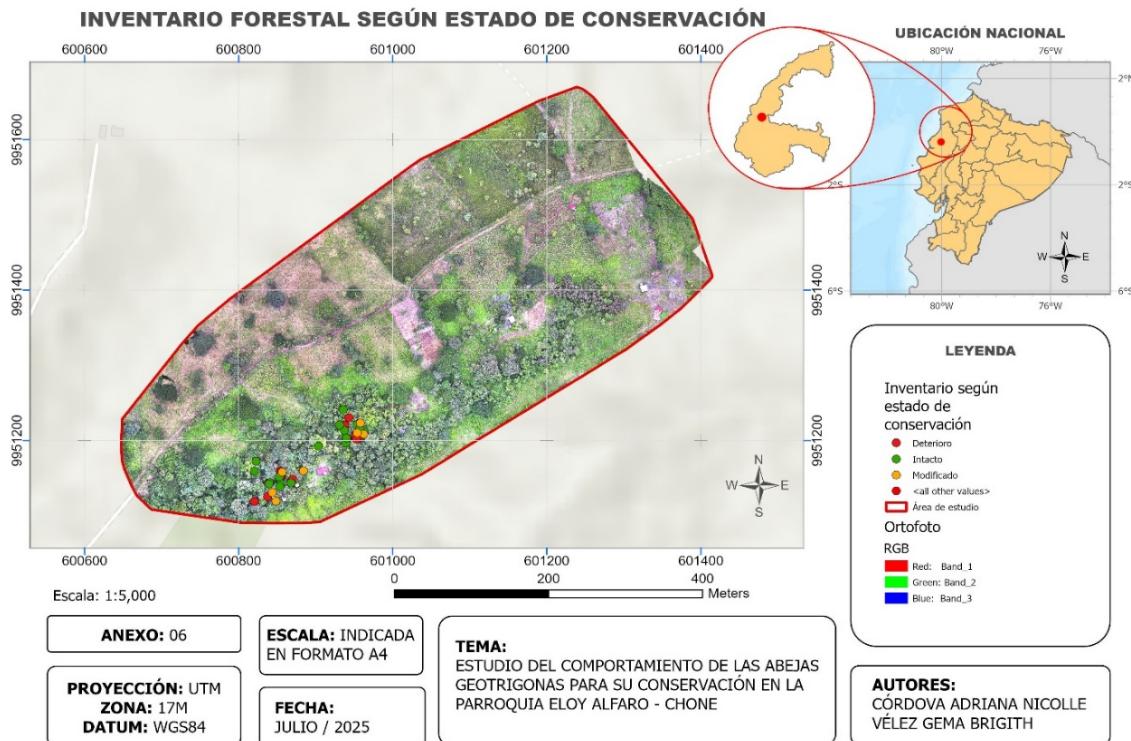


Figura 4. Estado de conservación de especies arbóreas de la zona de estudio.

Los resultados sobre la cantidad de árboles muestran que hay una gran población en la zona de estudio.

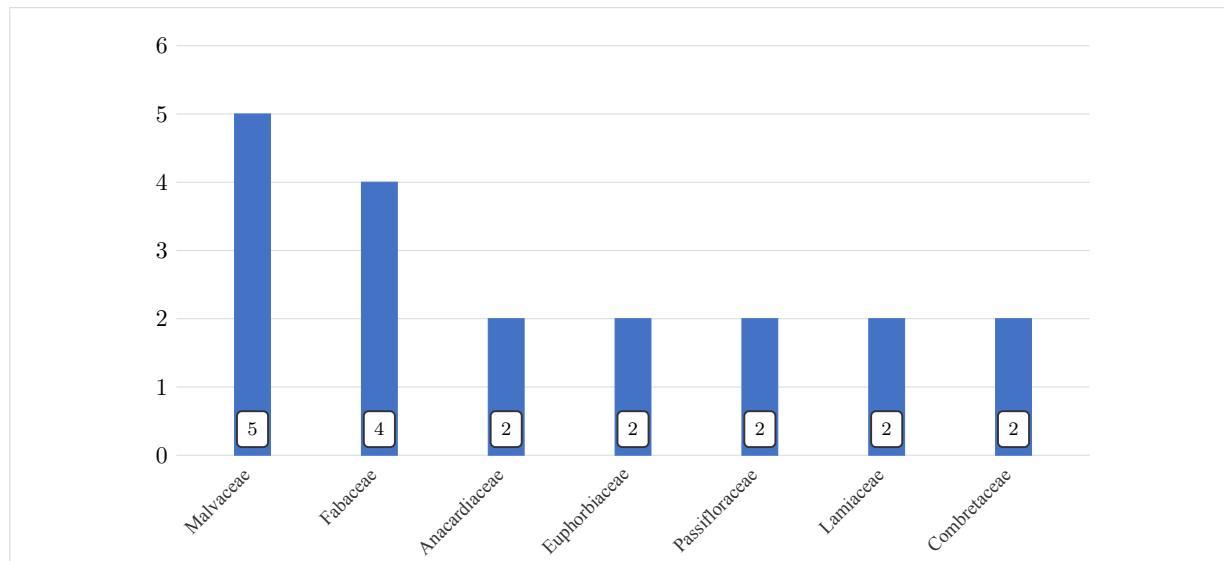
Las familias de plantas que se encuentran incluyen muchas especies que son útiles para las abejas, como: *Musa paradisiaca* (plátano) y *Guadua angustifolia* (caña guadua), *Panicum maximum* (guineo), *Cordia alliodora* (laurel blanco), *Jatropha curcas* (piñón), *Cissus verticillata* (bejuco loco), *Theobroma cacao* (cacao), *Carica papaya* (papaya), *Mangifera indica* (mango), *Gustavia angustifolia*

(membrillo), *Pseudobombax millei* (beldaco), son conocidas como flores atractivas que producen néctar o polen accesible para las abejas, como muestran en el Gráfico 1.

Por otro lado, la parte central y norte muestra una menor densidad de puntos florísticos. En consecuencia, hay una probable baja disponibilidad de alimento, debido a la intervención antrópica o degradación del ecosistema.

Esto se muestra en la Figura 5, concentraciones de especies arbóreas según la zona de estudio.

Gráfico 1. Especies arbóreas más frecuentes en la zona de estudio



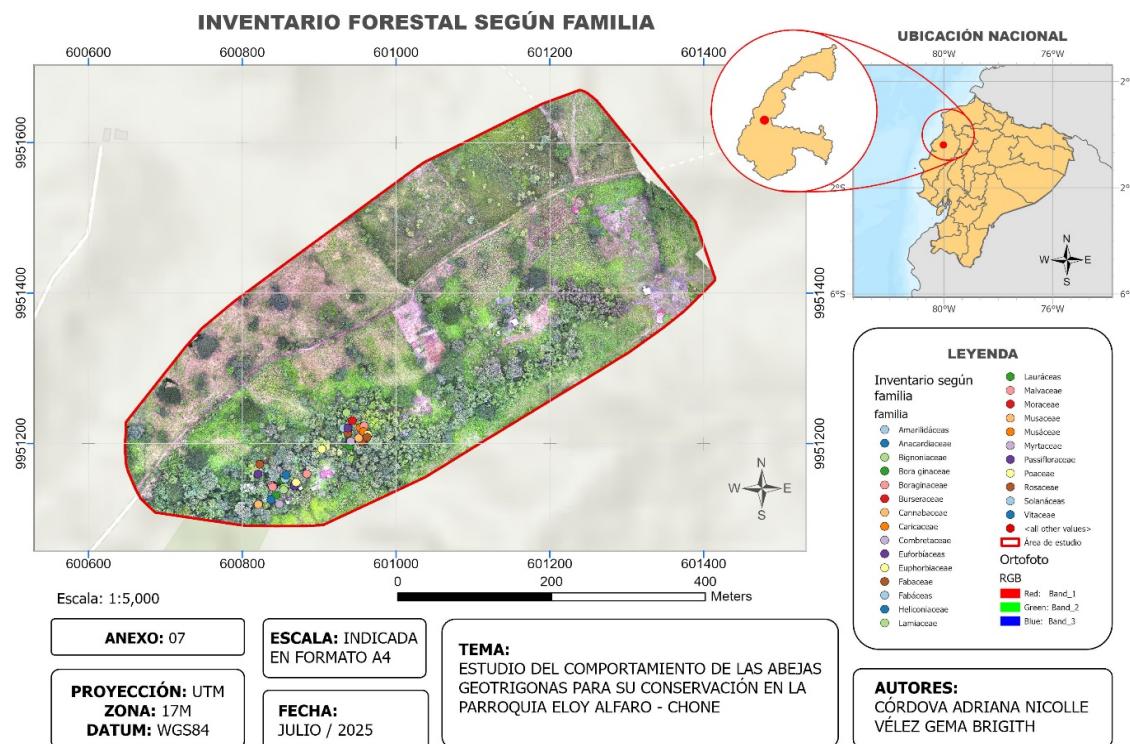
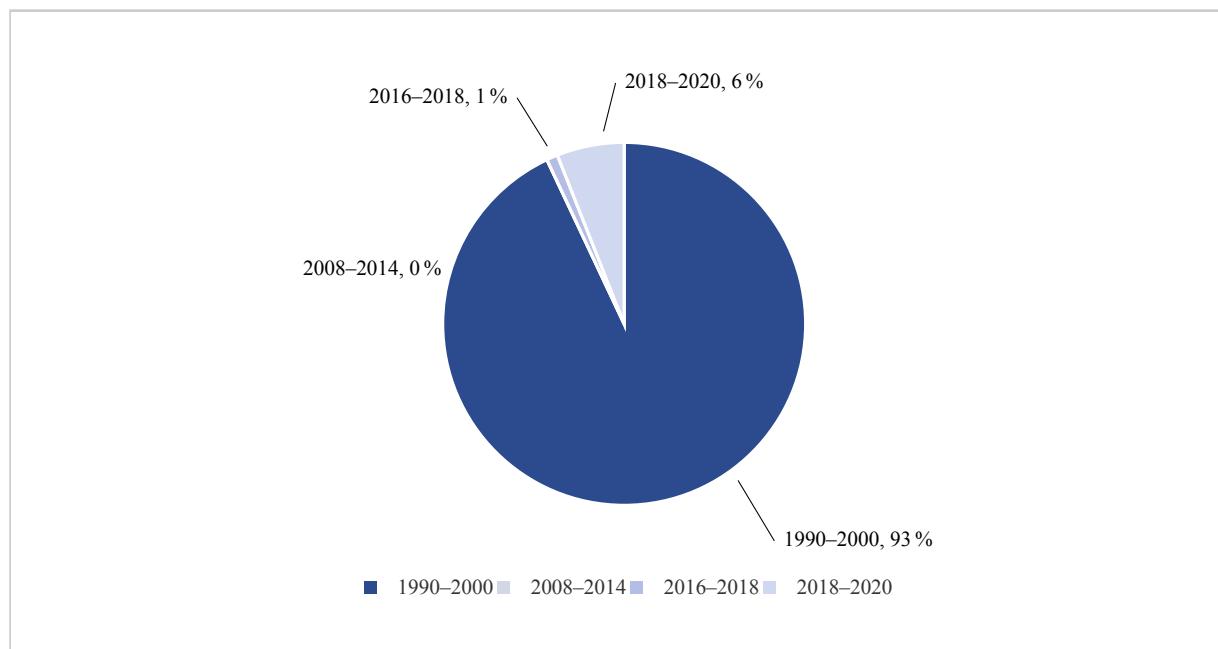


Figura 5. Ubicación de las especies arbóreas según familia botánica.

El análisis de varios momentos en el tiempo de la zona estudiada muestra que la deforestación fue más intensa entre 1990 y 2000. Después de eso, la disminución fue notable en los años siguientes, aunque hubo un aumento preocupante entre 2018 y 2020 como indica el Gráfico 2 y Figura 6. Estos resultados demuestran que existen amenazas latentes para

la pérdida forestal debido a que no se mantienen medidas de protección efectivas. De tal manera que, la pérdida de vegetación no solo implica una reducción en recursos forestales, sino también una disminución de la calidad del hábitat en el comportamiento de la abeja, como el forrajeo, anidación y defensa.

Gráfico 2. Análisis multitemporal deforestación en la zona de estudio



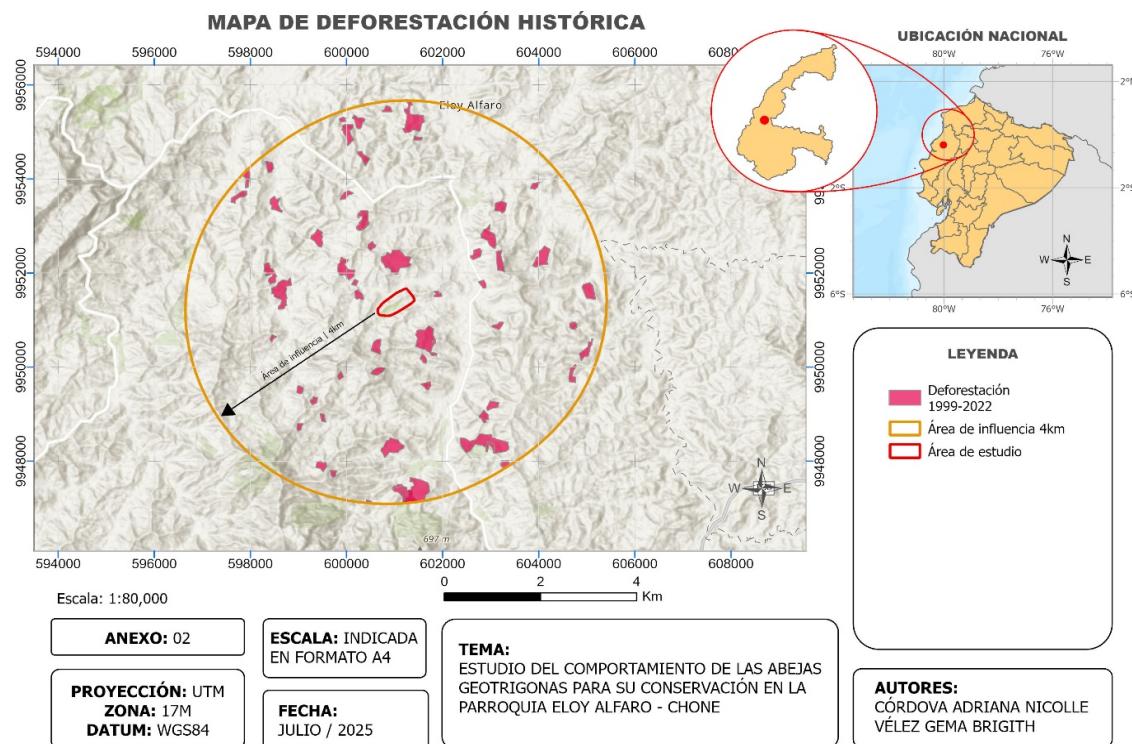
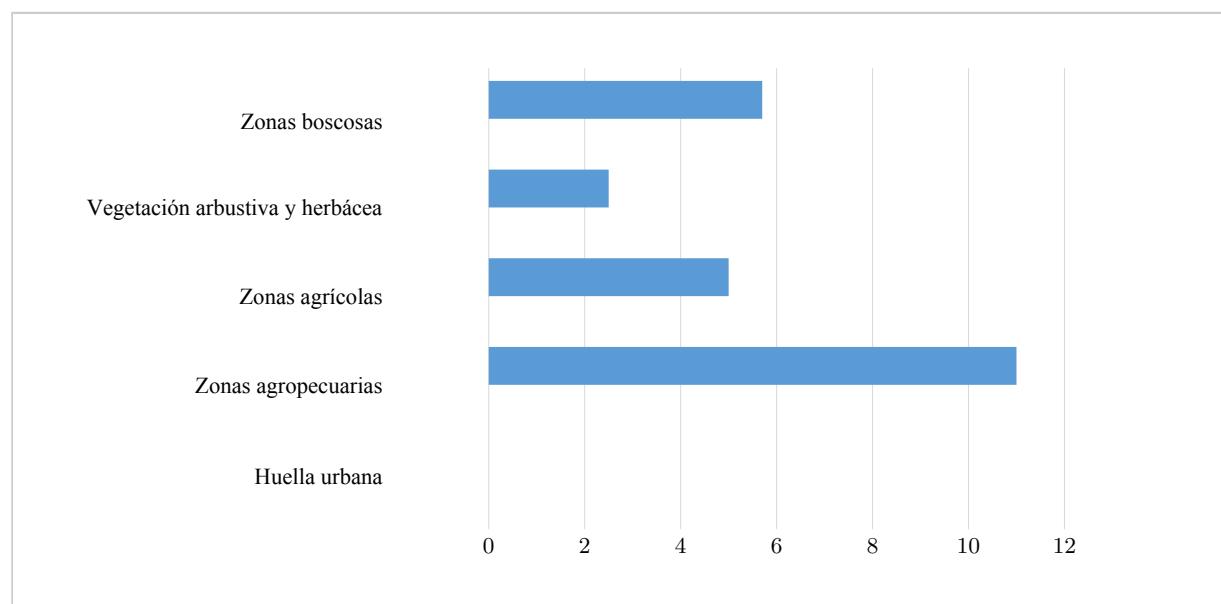


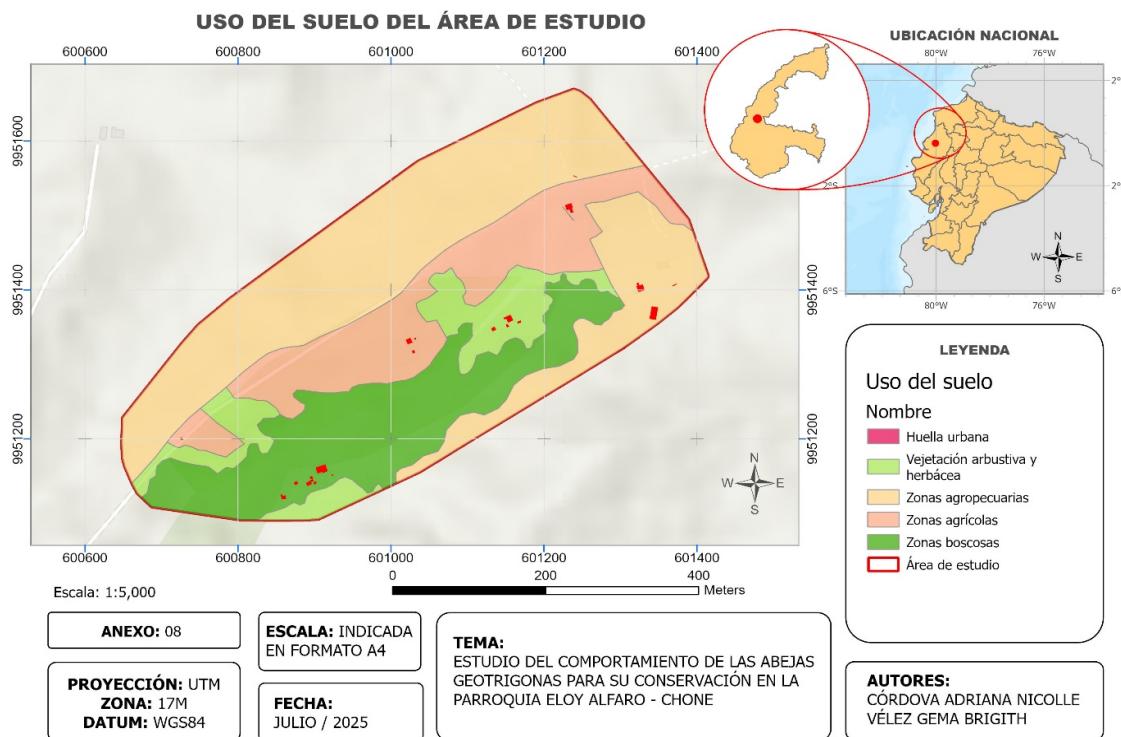
Figura 6. Deforestación histórica en la zona de estudio.

En lo que respecta al uso del suelo, se observa en la Figura 7 una zona de bosque húmedo tropical ubicada en el sector sur del polígono; representa el hábitat más favorable para las abejas, al ofrecer condiciones óptimas de alimentación y refugio gracias a su alta diversidad vegetal. Sin embargo, estas áreas naturales están rodeadas por tierras agrícolas y arbustos (Gráfico 3.). Aunque pueden proporcionar flores

diferentes, también presentan riesgos debido al uso de pesticidas y a la desaparición de flores nativas. La presencia esparsa de áreas urbanas, aunque sea pequeña, aumenta la precisión sobre el ecosistema y disminuye la conexión ecológica que necesitan las abejas para moverse libremente y anidar.

Gráfico 3. Uso del suelo de la zona de estudio



**Figura 7.** Uso del suelo en la zona de estudio.

- Valoración alimenticia mediante observación del vuelo

En la valoración alimenticia mediante la evaluación de la actividad de vuelo de las abejas, se observó en un periodo de 15 días consecutivos en el mes de junio en los horarios de:

mañana, 6:30 a 7:30, y en la tarde, entre las 16h00 y 17h00. Se aplicó la ficha con los siguientes parámetros: propóleo, barro, resina, néctar, cera (35), en total se observaron 171 abejas diarias. En la Tabla 4 se muestra la evaluación de vuelo de las abejas para la valoración alimenticia.

Tabla 4. Evaluación de la actividad de vuelo de las abejas *Geotrigona* para la valoración alimenticia

Nido	Turno	Salen	Propóleo	Barro y minerales	Resina	Néctar	Cera	Sin nada	Polen
1	Mañana	22	2	1	4	7	0	5	3
1	Tarde	18	1	2	3	5	1	4	2
2	Mañana	25	3	1	5	8	0	5	3
2	Tarde	20	2	2	4	6	0	4	2
3	Mañana	30	4	2	6	10	1	4	3
3	Tarde	26	2	3	5	8	0	5	3
4	Mañana	18	1	1	3	6	0	4	3
4	Tarde	14	1	2	2	4	0	4	1
5	Mañana	20	2	1	4	7	0	4	2
5	Tarde	17	1	2	3	5	1	4	1

Los resultados evidencian que las abejas *Geotrigona* presentan una mayor actividad de vuelo durante la mañana en comparación con la tarde, lo que sugiere una preferencia por recolectar recursos en las primeras horas del día, posiblemente debido a condiciones ambientales más favorables como la temperatura y la humedad.

El néctar y la resina fueron los recursos más recolectados, seguidos por el polen y el propóleo, lo que indica una estrategia de forrajeo orientada a la alimentación como el mantenimiento del nido.

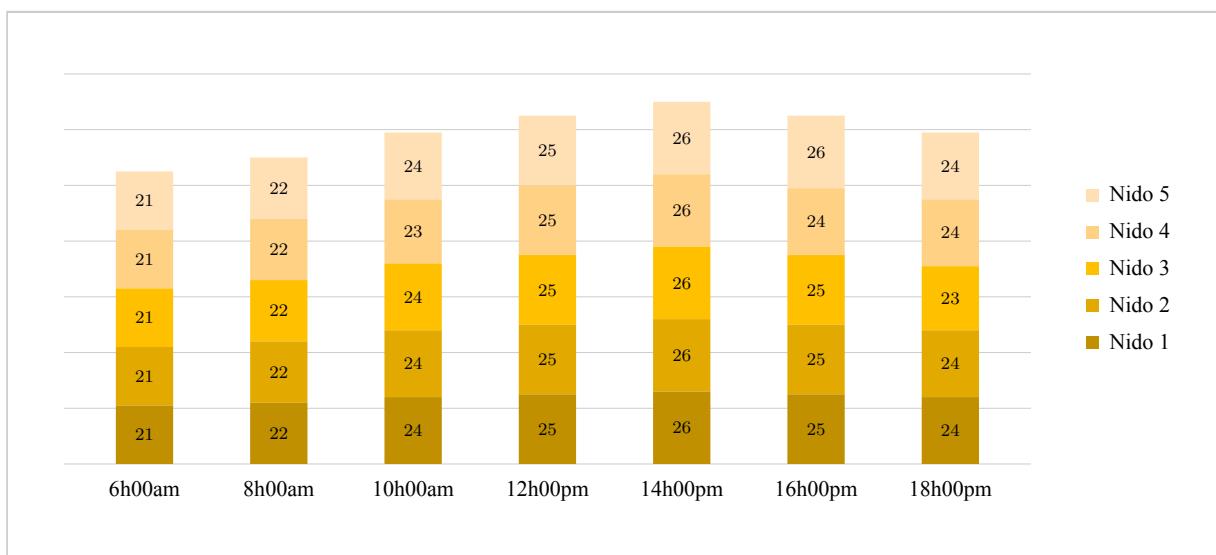
La presencia de abejas que regresan sin carga, especialmente

en la tarde, se relaciona con una menor disponibilidad de flores o pocos recursos según la ubicación del nido.

- Registro de temperatura y humedad

En el registro de los factores ambientales como la temperatura y la humedad, se utilizó la aplicación AccuWeather en dispositivos móviles, la cual brindó información sobre el clima (35). El protocolo para la medición de la temperatura y humedad en los nidos fue en los horarios: 6h00, 8h00, 10h00, 12h00, 14h00, 16h00, 18h00. El estudio se llevó a cabo durante dos meses en la temporada seca y lluviosa, enero y julio (Gráfico 4).

Gráfico 4. Factores ambientales Temperatura en grados centígrados de los nidos



Leyenda: Ubicación GPS Nido1: 600700/9951250, Nido 2: 600900/9951350, Nido 3:601000/9951200, Nido 4: 601200/99510400, Nido 5: 601100/99511450.

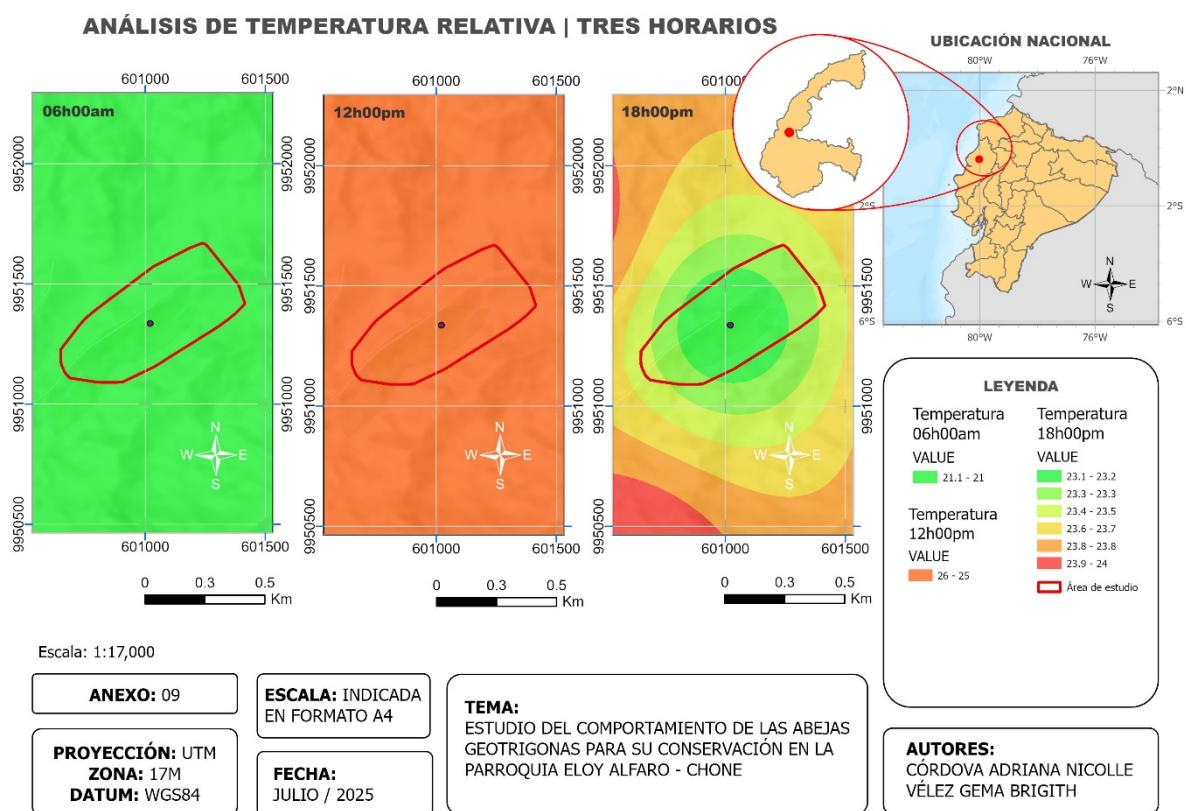
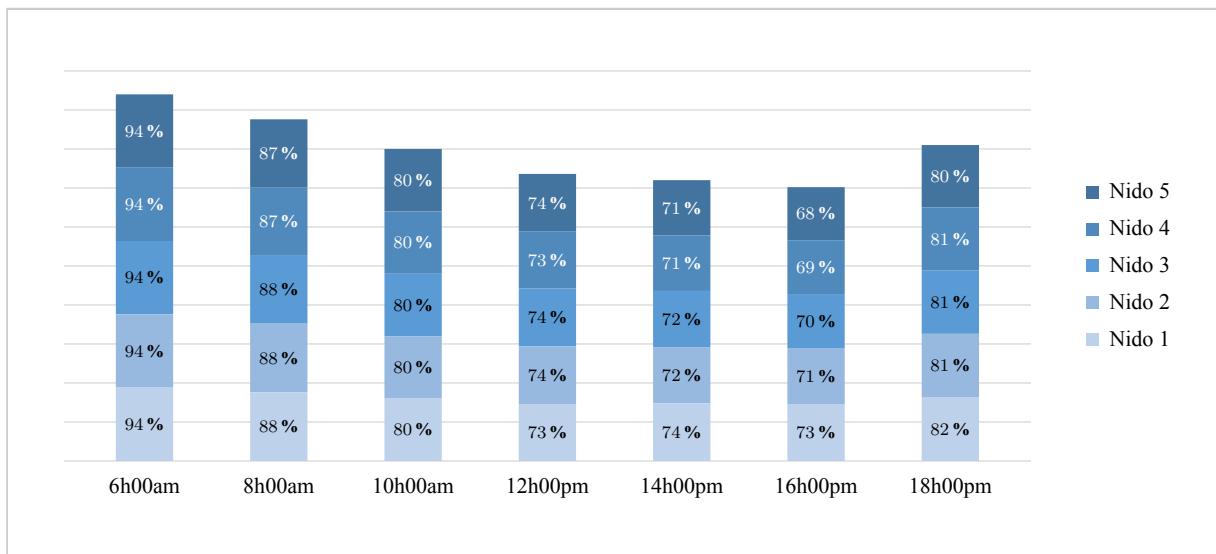


Figura 8. Temperatura en grados centígrados de los nidos

Durante el monitoreo de temperatura en los nidos de abejas *Geotrigona*, se registraron temperaturas mínimas a las 6h00 con 21°C, mientras que la máxima, de 26°C, se presentó entre las 14h00 y 16h00 (Figura 8). Posteriormente, se evidenció un ligero descenso hacia las 18h00, con temperaturas entre

23,8°C y 24°C. Esta estabilidad en la temperatura indica que hay un buen ambiente para que las abejas realicen sus actividades diarias, como buscar comida y construir sus nidos, sin que haya cambios de temperatura extremos que puedan afectar su comportamiento.

Gráfico 5. Factores ambientales Humedad porcentaje de los nidos



Leyenda: Ubicación GPS Nido1: 600700/9951250, Nido 2: 600900/9951350, Nido 3:601000/9951200, Nido 4: 601200/99510400, Nido 5: 601100/99511450.

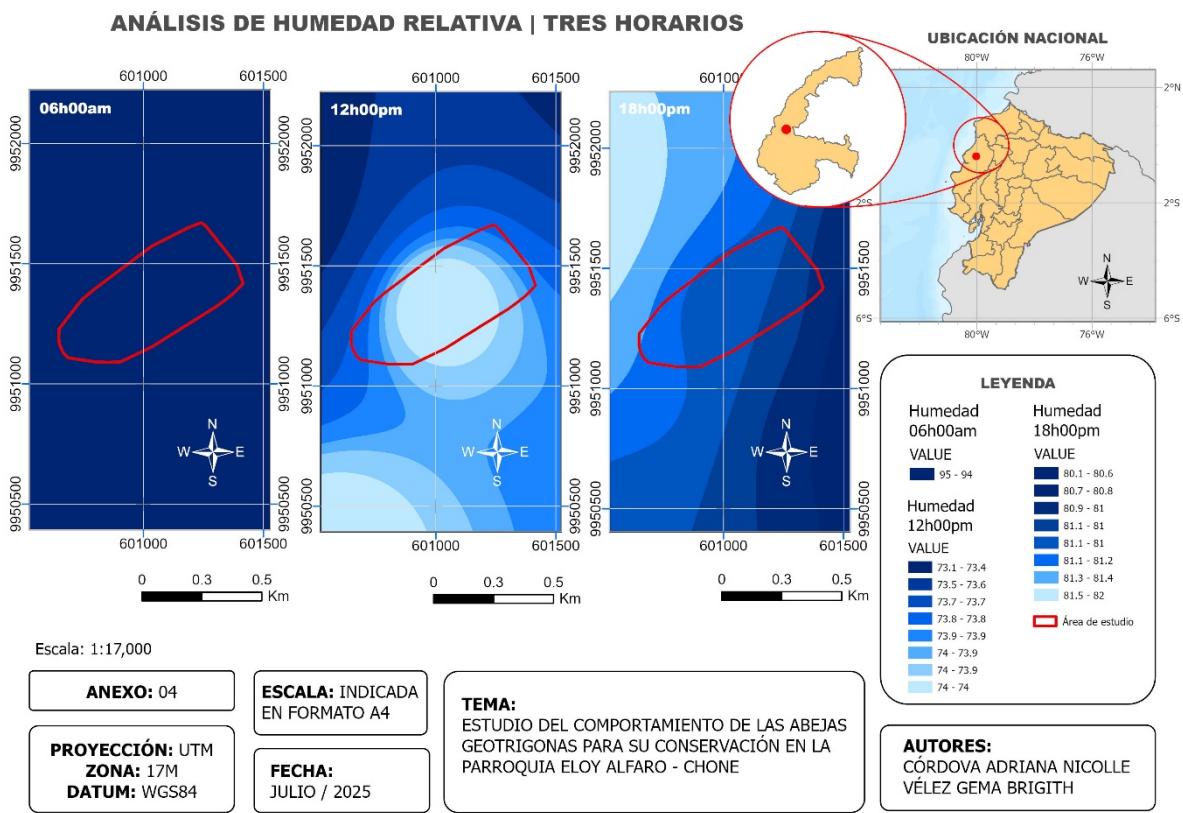


Figura 9. Humedad en porcentajes de los nidos

Los resultados demuestran que, en las primeras horas de la mañana, a las 6h00, los valores se mantuvieron constantes en un 94 %, indicando un ambiente altamente húmedo al inicio de la jornada (Figura 9 y Gráfico 5).

A medida que avanza el día, la humedad disminuyó

progresivamente hasta alcanzar los niveles más bajos entre las 14h00 y 16h00, con porcentajes que variaron entre el 68 % y el 74 %. Al final del día, cerca de las 18h00, se registró una leve recuperación de la humedad, con valores que oscilaron entre el 80 % y el 82 %, muestra un patrón común

que está afectado por la luz solar y la temperatura del aire. Esto puede influir en cómo actúan las abejas, especialmente en los momentos en que buscan comida y en cómo mantienen el clima dentro de su nido.

- Comparación de temperatura y humedad máximas y mínimas enero versus julio

La relación con la fenología floral y la producción de miel en los meses de enero: las temperaturas favorecen la floración

de muchas especies, lo que incrementa la disponibilidad de néctar. Las abejas *Geotrigona* muestran mayor actividad forrajera, lo que se traduce en mayor producción de miel. En el mes de julio, la disminución de temperatura, sobre todo en las mínimas, puede afectar la actividad de las abejas por las mañanas y reducir la floración; esto impacta negativamente en la recolección de polen y néctar, disminuyendo la productividad (Figura 10).

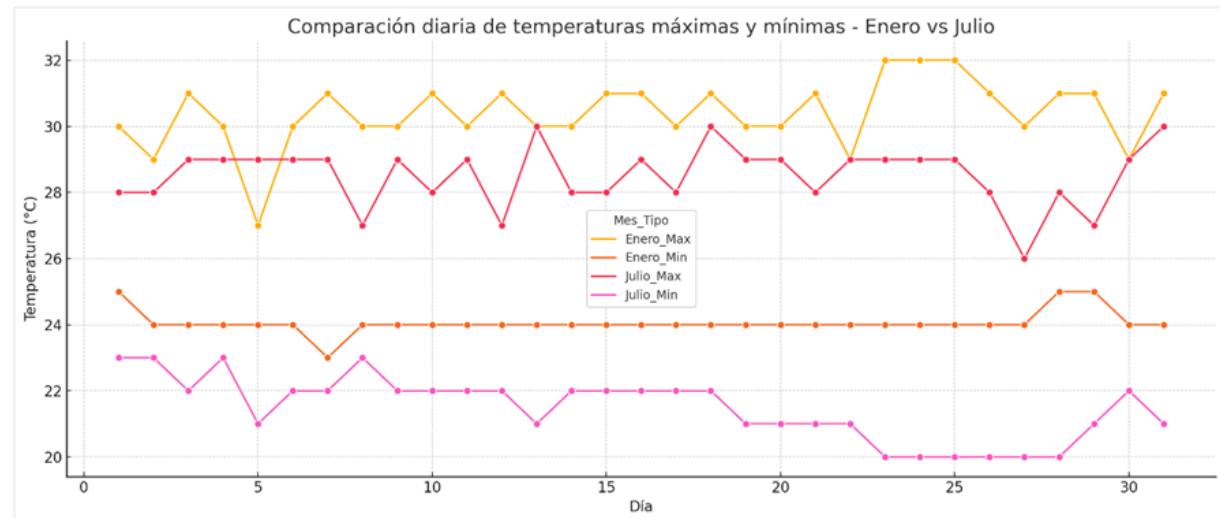


Figura 10. Comparación diría de temperatura máxima y mínima enero versus julio

El impacto del clima sobre el comportamiento y productividad de las abejas *Geotrigona*, se llevó a cabo un análisis multitemporal de la temperatura diaria durante los meses de enero y julio; estos meses representan dos

momentos climáticos contrastantes en el año: uno asociado a la época lluviosa (enero) y otro la temporada seca (julio) (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis multitemporal de temperatura y su relación con la actividad de las abejas *Geotrigona*

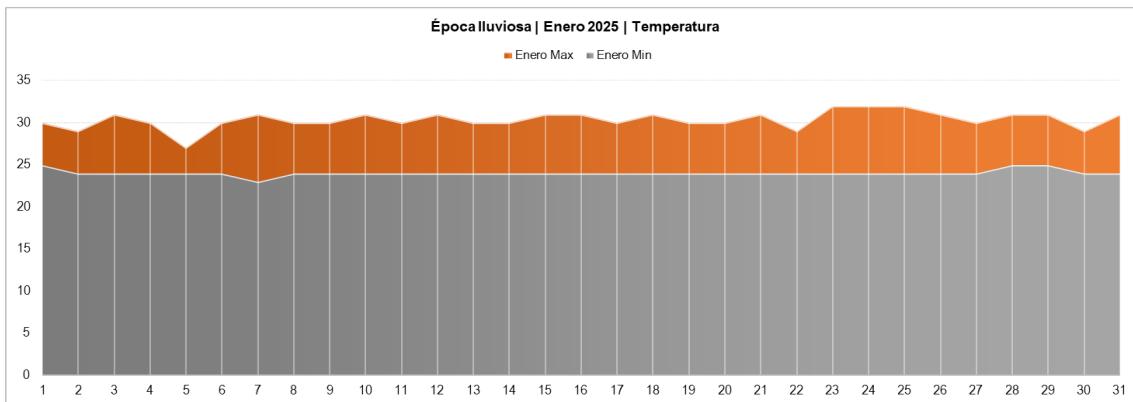
Mes	Tipo	Media (°C)	Desviación estándar (°C)	Amplitud térmica promedio (°C)
Enero	Max	30.39	1.01	6.32
Enero	Min	24.06	0.35	-
Julio	Max	28.52	0.91	7.03
Julio	Min	21.48	0.95	-

Los resultados muestran que en enero las temperaturas máximas diarias oscilan entre 27°C y 32°C, con una media de 30.39°C y una desviación estándar de 1,01°C. Las mínimas se mantienen relativamente constantes en torno a los 24,06°C (Figura 11).

Esta estabilidad térmica favorece la actividad de vuelo de las *Geotrigona*, que generalmente se inicia cuando las temperaturas superan 20°C, con un rango óptimo entre 25°C y 35°C; además, la baja amplitud térmica promedio de 6,32°C reduce el esfuerzo de termorregulación dentro del nido. Los

resultados demuestran que en el mes de julio las temperaturas máximas ascienden a 28,52°C con un descenso importante en las mínimas, que alcanzan valores hasta 20°C y un promedio de 21,48°C (Figura 12).

Esta mayor variabilidad térmica se evidencia en una amplitud térmica promedio de 7,03°C, lo cual puede restringir las horas de vuelo de las abejas, especialmente en las primeras horas del día. Así mismo, temperaturas mínimas por debajo de los 21°C pueden afectar el metabolismo de las abejas obreras, reduciendo la eficiencia forrajera.

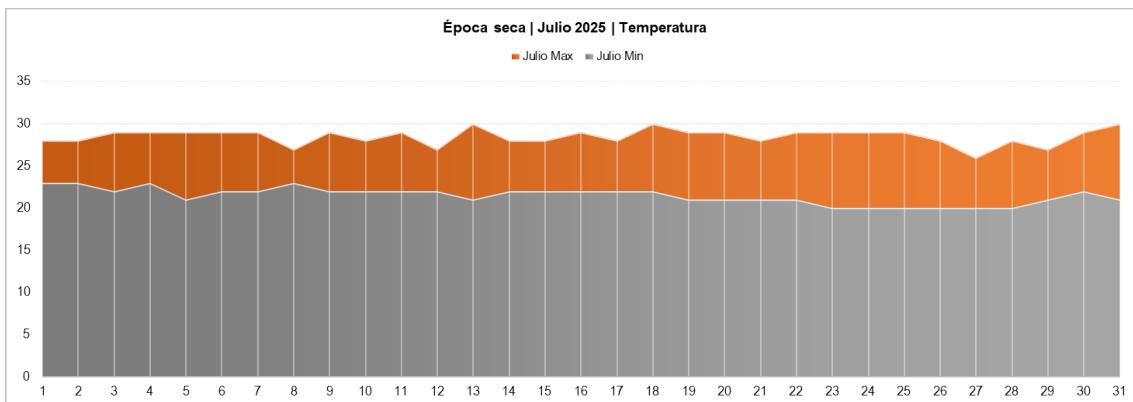
**Figura 11.** Época lluviosa enero 2025

Desde el punto de vista fenológico, enero coincide con un mayor número de especies en floración, lo que incrementa la oferta de polen y néctar; esta sinergia entre clima favorable y abundancia floral se traduce en una mayor producción de miel.

Por el contrario, julio, con un clima más seco y temperaturas más bajas, representa un periodo de mejor disponibilidad floral, lo que puede afectar negativamente la recolección

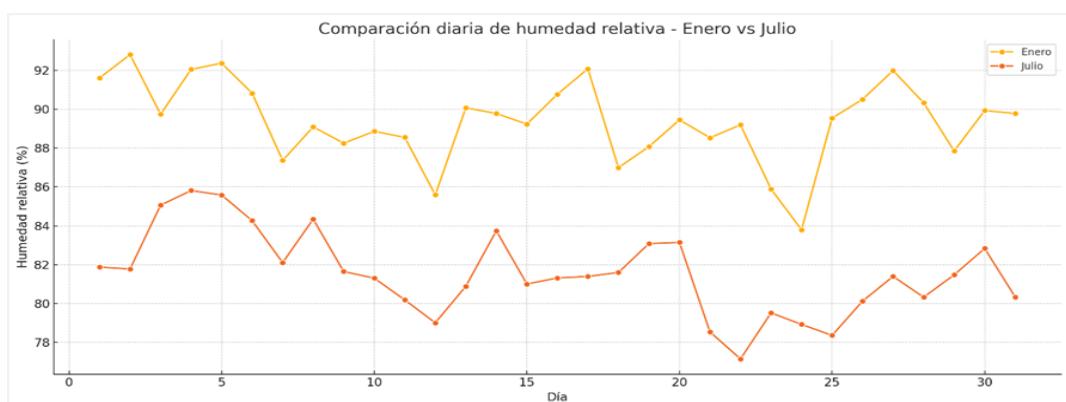
de recursos y, por ende, la productividad de las colonias. Descubrimientos resaltan la importancia de tener en cuenta las variaciones de temperatura al crear estrategias de manejo de meliponarios de *Geotrigona*.

Esto incluye la ubicación de las colmenas, el aislamiento térmico y la planificación de las cosechas según el clima local (Figura 12).

**Figura 12.** Época seca julio 2025

La humedad relativa es un factor clave para la termorregulación y desarrollo fisiológico de las abejas *Geotrigona*, especialmente en sus estadios larvales. En este análisis multitemporal se comparó la humedad diaria durante

enero y julio, observando en la Figura 13 patrones que reflejan las condiciones típicas de la estación lluviosa y seca, respectivamente.

**Figura 13.** Comparación diaria de humedad máxima y mínima enero versus julio

Durante enero, se registró una humedad relativa promedio de 89,38 % con una desviación estándar de 2,07% esta alta humedad, además de ser más estable, crea un microclima favorable para la cría y conservación de la miel, que depende de un equilibrio higroscópico delicado.

Las abejas *geotrigona* prefieren ambientes donde la humedad supera el 80 %, ya que esto reduce el riesgo de deshidratación y mejora la viabilidad de las larvas. En contraste, en julio la humedad descendió a un promedio de 81,55 % con mayor

dispersión (desviación estándar de 2,14 %). Si bien aún se encuentra dentro de un rango tolerable, esta menor humedad relativa puede desencadenar mecanismo de compensación dentro de la colonia. Esto incluye la regulación del flujo de aire mediante el batido de alas o la reducción de actividad para conservar humedad. Además, la disminución de humedad podría incidir negativamente en la floración de algunas especies melíferas, afectando la oferta de néctar y polen en el entorno.

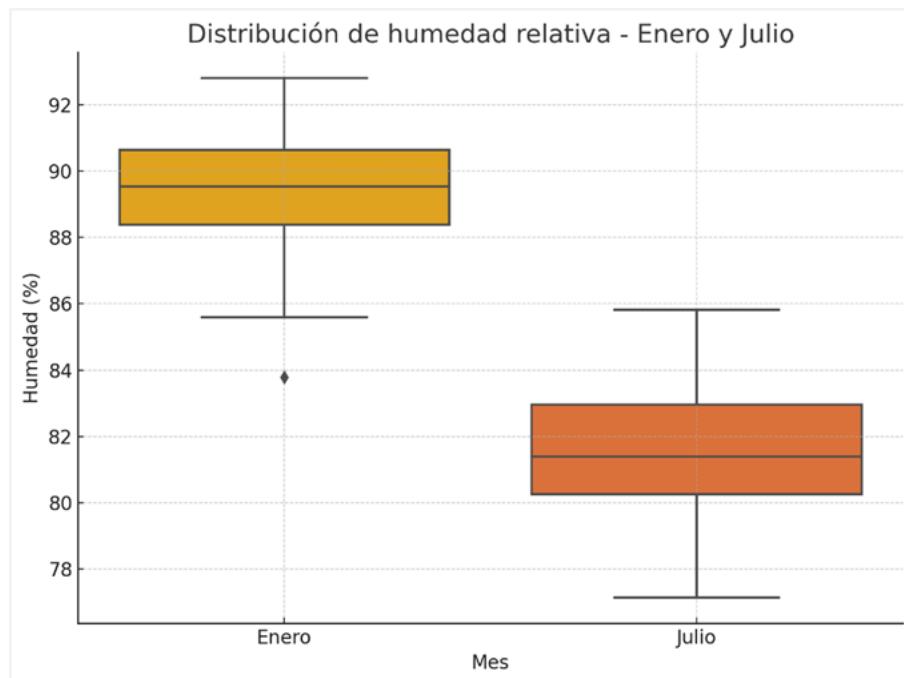


Figura 14. Distribución de humedad relativa enero y julio

Estos datos de la Figura 14 muestran que es importante tener en cuenta la humedad relativa al diseñar meliponarios de *Geotrigona*. Se recomienda usar materiales que mantengan la humedad y colocar las colmenas en lugares con sombra o cerca de fuentes de agua durante la estación seca.

- Análisis físicos y químicos del suelo del área de estudio

El análisis físico y químico del suelo del sitio Balzar 3 Palestina se llevó a cabo bajo los parámetros de color, densidad aparente, conductividad eléctrica, pH y salinidad.

Para la toma de muestra, se delimitó un sector homogéneo en

cuanto a pendiente, vegetación y manejo previo; se realizó en zigzag, extrayendo porciones de suelo de 0 a 20 cm de profundidad, utilizando una barrena y pala limpia para evitar contaminación.

Se recolectaron entre 10 y 15 submuestras distribuidas uniformemente en el área, las cuales fueron depositadas en un recipiente limpio. Luego se homogenizaron manualmente y se retiraron restos de piedras, raíces y material orgánico grueso.

De esta mezcla se extrajo aproximadamente 1 kg de suelo como muestra compuesta, que fue etiquetada con el código, ubicación, fecha y profundidad.

Tabla 6. Análisis físico y químico del suelo del sitio Balzar 3 Palestina

Número muestras	Color	Densidad aparente	Densidad real	C.E.	pH	Salinidad
	Tabla de Munsell	g/cm ³	g/cm ³	µS/cm	pH	%
1	10YR 2/2 Color: Café muy oscuro	1.26	2.40	151.90	151.90	0.14

Los resultados en la Tabla 6 muestran un color 10RY2/2 según la carta Munsell, correspondiente a un café muy oscuro, característico de suelos con alto contenido de materia orgánica y notable actividad microbiana, lo que generalmente se asocia con mayor fertilidad natural. La densidad aparente registrada, $1,26\text{g/cm}^3$, indica que el suelo tiene una textura probablemente franca a franco – arenosa, con óptima porosidad y capacidad de retención de agua. Este valor está dentro del rango óptimo para cultivos $1.1\text{ - }1.4\text{g/cm}^3$, lo que sugiere una adecuada aireación y penetración de raíces. La densidad real de 2.4g/cm^3 es un poco más baja que el valor promedio de los minerales del suelo. Esto indica que hay una cantidad importante de materia orgánica y que la composición mineral es buena para la agricultura.

La conductividad eléctrica de $151.90\text{ }\mu\text{S/cm}$ indica un nivel debajo de sales solubles, lo que evita problemas de salinización y permite el desarrollo de la mayoría de los cultivos sin restricciones. El pH de 6.82 se encuentra dentro del rango neutro ligeramente ácido, óptimo para la disponibilidad de nutrientes esencial, lo que favorece la absorción de fósforo, potasio, calcio y magnesio. La salinidad 0.14 % es baja, sin riesgo de estrés osmótico para las plantas, lo que confirma que el suelo no presenta problemas de

acumulación salina. El suelo del sitio Balzar 3 en Palestina tiene buenas condiciones para que crezca una vegetación diversa y estable. Esto ayuda a que la recolección, la producción y la permanencia de las colonias *geotrigona* en la zona sean positivas.

Fase 3. Correlación entre factores ambientales y comportamiento

- Análisis de relación entre variable ambiental y comportamiento.

En el análisis de la relación entre las variables ambientales y el comportamiento de la abeja se aplicaron métodos estadísticos como la correlación de Pearson, que es una medida utilizada para evaluar el nexo lineal entre dos variables cuantitativas (30). Este método ayudó a entender cómo se relacionan la temperatura, la humedad y la cantidad de plantas con diferentes comportamientos de las abejas *Geotrigona*. Estos comportamientos incluyen buscar comida, anidar, defender el nido, descansar, estar inactivas y regular la temperatura del nido. A continuación, se muestran los resultados dados de la correlación del coeficiente de Pearson.

Tabla 7. Coeficiente de correlación de Pearson variable temperatura

Factor ambiental	Comportamiento de la abeja	Coeficiente de Pearson	p-valor
Temperatura	Anidación	0.42	0.021
	Defensa	0.38	0.035
	Descanso/ Inactividad	0.45	0.012
	Manejo Temperatura	0.48	0.006
	Forrajeo	0.50	0.008

Los resultados de la Tabla 7, que se obtuvieron usando el coeficiente de correlación de Pearson, muestran que hay una relación lineal importante entre la temperatura del nido y los diferentes comportamientos que se observaron en las abejas *Geotrigona*. Los valores del coeficiente oscilan entre 0,38 y 0,50. En particular, la mayor correlación se observó entre

la temperatura y el forrajeo, seguida por el manejo de la temperatura; además, de los p- valores correspondientes a cada relación tienen significancia estadística ($p>0.05$), lo cual confirma que hay correlaciones significativas desde el punto de vista estadístico.

Tabla 8. Coeficiente de correlación de Pearson variable humedad

Factor ambiental	Comportamiento de la abeja	Coeficiente de Pearson	p-valor
Humedad	Anidación	0.40	0.028
	Defensa	0.43	0.019
	Descanso/ Inactividad	0.46	0.010
	Manejo Temperatura	0.35	0.045
	Forrajeo	0.38	0.033

En la Tabla 8 se muestran los resultados del coeficiente de correlación de Pearson. Se encontró una relación significativa entre la humedad relativa y el comportamiento de las abejas *Geotrigona*. Todos los p-valores son menores a 0,05. Los coeficientes de Pearson están entre 0,35 y 0,46, lo

que muestra que hay asociaciones positivas de moderada intensidad. La correlación más notable se presenta entre la humedad y el comportamiento de descanso e inactividad, lo que sugiere que una mayor humedad podría estar asociada con menor actividad.

Tabla 9. Coeficiente de correlación de Pearson variable flora disponible

Factor ambiental	Comportamiento de la abeja	Coeficiente de Pearson	p-valor
Flora disponible	Anidación	0.47	0.009
	Defensa	0.52	0.004
	Descanso/ Inactividad	0.30	0.070
	Manejo Temperatura	0.44	0.015
	Forrajeo	0.49	0.007

En la Tabla 9 se presentan los resultados del coeficiente de correlación de Pearson; muestran que se encontró una correlación estadísticamente significativa $p>0.05$; algunas relaciones entre la disponibilidad de flora y ciertos comportamientos de las abejas *Geotrigona* cumplen con el umbral de significancia y ofrecen correlaciones moderadas positivas. Se destacan las correlaciones entre la flora disponible y el comportamiento de defensa del nido, forrajeo y anidación. Esto implica que, a mayor abundancia y diversidad floral, las abejas incrementan estas actividades. La defensa aumentada podría interpretarse como una respuesta a la necesidad de proteger estos recursos valiosos, mientras que el incremento en anidación puede estar asociado con mejores condiciones para el desarrollo de la colonia.

4. Conclusiones

Los patrones de comportamiento de las abejas *Geotrigona* evidenciaron una marcada influencia del horario sobre sus actividades. El forrajeo fue más intenso durante el mediodía, coincidiendo con los picos de luz solar y temperatura, mientras que el descanso o inactividad predominó en las primeras y últimas horas del día. La anidación mostró una actividad constante durante el día, mientras que el manejo de temperatura fue evidente en las horas más cálidas. Este patrón sugiere una alta adaptación térmica y temporal del comportamiento de estas abejas a su entorno inmediato. Sin embargo, se evidenciaron diferencias en la disponibilidad florística según la zona, lo que influyó directamente en la actividad de forrajeo. Las áreas con mayor densidad vegetal presentaron mayor presencia de abejas recolectando néctar, resina y polen, mientras que las zonas más intervenidas mostraron menor actividad. Se concluye que la diversidad y estado de conservación de la vegetación influyen significativamente en la actividad y alimentación de las colonias de *Geotrigona*.

Se pudo observar que las abejas *Geotrigona* muestran un mejor desempeño cuando coinciden condiciones de alta humedad, temperaturas moderadas y suelos fértils. En enero, la humedad estable es de 89,38 % y el suelo de pH neutro y baja salinidad favorecen la floración. Esto incrementa la disponibilidad de néctar y polen. En el mes de julio, la menor humedad 81,55 % y el clima seco reducen la oferta floral y activan mecanismos de conservación dentro de la colonia. El suelo oscuro y rico en materia orgánica sostiene una vegetación diversa, esencial para la dieta de las abejas durante todo el año; la interacción entre clima y suelo es determinante para la productividad y salud de las colonias. El análisis estadístico mediante el coeficiente de correlación de Pearson evidencia relaciones significativas entre las variables ambientales (temperatura, humedad,

flora) y los comportamientos de las abejas. Se encontraron tendencias ligeramente positivas entre la cantidad de plantas y comportamientos como buscar comida, defenderte y hacer nidos. Esto podría indicar que cuando hay más flores disponibles, la intensidad de algunos comportamientos aumenta. Estas tendencias, desde el punto de vista estadístico, apuntan a una posible relación ecológica directa entre las variables de estudio.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses en relación con la publicación de este artículo.

Fuentes de financiamiento

Las autoras financiaron su investigación con recursos propios.

Contribución de autorías

Autor principal: Adriana Nicolle Córdova Muguerza, 35 % de contribución al artículo: visualización, redacción, administración del proyecto, recursos y tecnología, investigación.

Coautor 1: Gema Brigit Vélez Zambrano, 35 % de contribución al artículo: visualización, redacción, administración del proyecto, recursos y tecnología, investigación.

Coautor 2: Rosa Victoria González Zambrano, 30 % de contribución al artículo: visualización, revisión, redacción, análisis de datos, metodología, conceptualización.

5. Referencias

- BUENO, F. G. B.; KENDALL, L.; ALVES, D. A.; TAMARA, M. L.; HEARD, T.; LATTY, T. y GLOAG, R. Stingless bee floral visitation in the global tropics and subtropics. *Global Ecology and Conservation*. 2023, vol. 43, e02454. ISSN 2351-9894. Disp. desde DOI: 10 . 1016 / j . gecco . 2023 . e02454.
- CARVAJAL, V. *Importancia de las abejas como polinizadores*. Escuela Politécnica Nacional, 2020. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21021/1/Importancia%20de%20las%20abejas%20como%20polinizadores2a.pdf>.

3. AIZEN, M. A.; AGUIAR, S.; BIESMEIJER, J. C.; GARIBALDI, L. A.; INOUYE, D. W.; JUNG, C.; MARTINS, D. J.; MEDEL, R.; MORALES, C. L.; NGO, H.; PAUW, A.; PAXTON, R. J.; SÁEZ, A. y SEYMOUR, C. L. Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification. *Global Change Biology*. 2019, vol. 25, n.º 10, págs. 3516-3527. ISSN 1365-2486. Disp. desde DOI: 10.1111/gcb.14736.
4. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). *Estadísticas agrícolas: Producción de cultivos y áreas sembradas en Ecuador*. 2018. Disponible en: <https://www.fao.org/statistics/es>.
5. FAO. (2018). *The state of the world's pollinators and their role in food security*. Food y Agriculture Organization of the United Nations, 2018. Disponible en: <https://www.fao.org/pollination/en>.
6. CASTILLO-CARRILLO, P. S. y BERMEJO R., LUIS A. Polinización por insectos: Servicio ecosistémico, factores que la afectan, importancia, valoración económica, conservación y restauración y desafíos futuros. *Manglar*. 2025, vol. 22, n.º 3, págs. 445-464. ISSN 2414-1046. Disp. desde DOI: 10.57188/manglar.2025.046.
7. GOULSON, D.; NICHOLLS, E.; BOTÍAS, C. y ROTHERAY, E. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*. 2015, vol. 347, n.º 6229, págs. 212-213. ISSN 1095-9203. Disp. desde DOI: 10.1126/science.1255957.
8. FEUERBACHER, A. Pollinator declines, international trade and global food security: Reassessing the global economic and nutritional impacts. *Ecological Economics*. 2025, vol. 232, pág. 108565. ISSN 0921-8009. Disp. desde DOI: 10.1016/j.ecolecon.2025.108565.
9. KLEIN GOLDEWIJK, B.; BEUSEN, A. y JANSSEN, P. Long-term dynamic modeling of global population and built-up area in a spatially explicit way: HYDE 3.1. *The Holocene*. 2010, vol. 20, n.º 4, págs. 565-573. Disp. desde DOI: 10.1177/0959683609356587.
10. RODRÍGUEZ CAGUANA, A. V. y CASTRO, F. S. Los derechos de la naturaleza y los movimientos sociales en Ecuador*. *Andares: Revista de Derechos Humanos y de la Naturaleza*. 2025, n.º 7, págs. 78-80. ISSN 2953-6782. Disp. desde DOI: 10.32719/29536782.2025.1.8.
11. PADILLA, R. y RIVERA, Y. *Caracterización de la abeja sin aguijón (*Geotrigona leucogastra*) en el sitio rambuche del cantón Jama*. Calceta: ESPAM MFL, 2023. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2087>. bachelorThesis.
12. DOMÍNGUEZ, I.; FLORES, B.; MALA, C. y ESPINOZA, V. Manejo y conservación de las abejas meliponas (Hymenoptera: meliponini) en la Amazonía ecuatoriana. *Prometeo Conocimiento Científico*. 2023, vol. 3, n.º 1, e20. ISSN 2953-4275. Disp. desde DOI: 10.55204/pcc.v3i1.e20.
13. GYELTSHEN, T.; BHATTA, CHET P.; GURUNG, T.; DORJI, P. y TENZIN, J. Ethno-medicinal uses and cultural importance of stingless bees and their hive products in several ethnic communities of Bhutan. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2024, vol. 20, n.º 1. ISSN 1746-4269. Disp. desde DOI: 10.1186/s13002-023-00639-8.
14. CEDEÑO C. E. Z. y ZAMBRANO R. V. G. Estrategia de protección para la conservación del ecosistema melífero del cantón Chone. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*. 2024, vol. 11, n.º 2, págs. 79-91. ISSN 1390-7638. Disp. desde DOI: 10.26423/rctu.v11i2.832.
15. MAGAÑA, E. y MORALES, L. Estrategias de comercialización de la miel de abeja melipona y sus derivados en el Estado de Yucatán. *Revista de Geografía Agrícola*. 2024, n.º 72, págs. 1-26. Disp. desde DOI: 10.5154/r.rga.2022.72.11.
16. PDOT (PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL). *Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Chone*. GAD Municipal del Cantón Chone, 2019. Disponible en: <https://www.chone.gob.ec/pdf/pdyotcantonchone.pdf>.
17. VÉLEZ SÁNCHEZ, A. B. "El sector ganadero y su incidencia en el aumento de los niveles de Gas metano (ch4) en la parroquia Eloy Alfaro del cantón Chone - Manabí". Jipijapa - Unesum, 2023. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5336>. bachelorThesis.
18. MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA (MAATE)). *Informe sobre el impacto de las actividades humanas en el cambio climático y la pérdida de biodiversidad en las parroquias de Chone*. GAD Municipal del Cantón Chone, 2019. Disponible en: [http://maetrasparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%](http://maetrasparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20)

- 20Biodiversidad % 202015 - 2030 % 20 - %20CALIDAD%20WEB.pdf.
19. MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA (MAATE)). *Informe sobre la pérdida de cobertura arbórea en Chone*. GAD Municipal del Cantón Chone, 2023. Disponible en: <http://maetrasparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia%20Nacional%20de%20Biodiversidad%202015-2030%20-%20CALIDAD%20WEB.pdf>.
20. HEYDARI, A.; MIRZAEI, A. y HEYDARI, M. Biodiversidad en Chone: Ecosistemas, recursos naturales y bienestar comunitario. *Environmental Research Letters*. 2020, vol. 2, n.º 11, págs. 24-35. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9083759.pdf>.
21. GONZÁLEZ, J.; MOLINA, M. P. e IPINZA, R. Un Meta Análisis para Estimar el Papel de Polinizadores Nativos en la Sustentabilidad de Ecosistemas Forestales Naturales. *Ciencia amp; Investigación Forestal*. 2021, vol. 27, n.º 1, págs. 69-86. ISSN 0718-4530. Disp. desde DOI: 10.52904/0718-4646.2021.473.
22. SUNDAY, J. M.; BATES, A. E. y DULVY, N. K. Global analysis of thermal tolerance and latitude in ectotherms. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010, vol. 278, n.º 1713, págs. 1823-1830. ISSN 1471-2954. Disp. desde DOI: 10.1098/rspb.2010.1295.
23. LÓPEZ, J. R. L. Vulnerabilidad y resiliencia apícola frente al cambio climático. *Revista Científica Tecnológica*. 2025, vol. 8, n.º 1, págs. 12-19. ISSN 2708-7093. Disponible en: <https://revistas.unan.edu.ni/index.php/ReVTec/article/view/4998>.
24. VOSSLE, F. G. Tipos polínicos y superposición del nicho alimentario en tres.^abejas sin aguijón"(Apidae: Meliponini) en el bosque chaqueño de "palosantal". *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 2024. ISSN 0373-580X. Disp. desde DOI: <http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v59.n2.42373>.
25. GONZÁLEZ Z.; ROSA V.; ZAMORA M. y CARLOS J. *Árboles frutales y maderables melíferos de la provincia de Manabí*. Primera Edición. Manta, Ecuador: Ediciones Uleam, 2023. ISBN 9789942827913.
26. VÁSQUEZ-GARCÍA, A.; SANGERMAN-JARQUÍN, D. M. y SCHWENTESIUS RINDERMANN, R. Caracterización de especies de abejas nativas y su relación biocultural en la Mixteca oaxaqueña. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2021, vol. 12, págs. 101-113. ISSN 2007-0934.
- Disp. desde DOI: 10.29312/remexca.v12i1.2788.
27. HENRÍQUEZ-PISKULICH, P. A.; SCHAPHEER, C.; VEREECKEN, N. y VILLAGRA, C. Agroecological Strategies to Safeguard Insect Pollinators in Biodiversity Hotspots: Chile as a Case Study. *Sustainability*. 2021, vol. 13, n.º 12, pág. 6728. ISSN 2071-1050. Disp. desde DOI: 10.3390/su13126728.
28. GARCÍA BARRERA, F.; CONTRERAS A., DAVID; INOSTROSA-PSIJAS, A.; CERDA LOZANO, S. y ANDAUR ESTICA, X. Un caso de estudio: análisis exploratorio y propuesta para el problema de calidad en las observaciones meteorológicas del norte de Chile. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*. 2025, vol. 32, págs. 1-22. Disponible en: <https://ingeniare.uta.cl/index.php/inge/article/view/1592>.
29. TRAMULLAS, J. Temas y métodos de investigación en Ciencia de la Información, 2000-2019. Revisión bibliográfica. *El profesional de la información*. 2020. ISSN 1699-2407. Disp. desde DOI: 10.3145/epi.2020.jul.17.
30. FIALLOS, G. La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2021, vol. 5, n.º 3, págs. 2491-2509. ISSN 2707-2215. Disp. desde DOI: 10.37811/cl_rcm.v5i3.466.
31. GASTELUM-MENDOZA, F.; ANDCANTÚ-AYALA, C., Estrada-Castillón, A.; GONZÁLEZ SALDÍVAR, F.; SERNA-LAGUNES, R. y SALAZAR-ORTIZ, J. Metodologías para estimar calidad de hábitat de fauna silvestre: revisión y ejemplos. *Agro Productividad*. 2020, vol. 13, n.º 6. ISSN 2448-7546. Disp. desde DOI: 10.32854/agrop.vi.1585.
32. DÍAZ SANJUÁN, L. *La observación*. Universidad Nacional Autónoma de México, 2011. Disponible en: <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/1277>.
33. GUASTAY BONILLA, V. y MONTENEGRO GARCÍA, M. *La educación ambiental en la conservación de la especie Apis mellifera Linnaeus, (1758), en el octavo semestre, Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales, Química y Biología, Universidad Central del Ecuador, D.M. Quito, 2021-2022*. Quito : UCE, 2022. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/28016.bachelorThesis>.
34. BOLAÑOS-FLORES, D.; RAMÍREZ-DEL REAL, T.; ARELLANO-VÁZQUEZ, M.;

- ARMENTA-MEDINA, D.; GUTIERREZ-ESPARZA, 35. G. y GAMBOA-ROSALES, H. Sistema de visión inteligente para monitorizar polinizadores (MonPo) usando aprendizaje profundo. *Research in Computing Science*. 2021, vol. 150, págs. 229-240. Disponible en: http://rcs.cic.ipn.mx/2021_150_6/Sistema%20de%20control%20de%20acceso%20mediante%20identificacion%20facial.pdf.
- PÉREZ-DE GRACIA, K. y SANTOS-MURGAS, A. Diversidad de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en una finca de la comunidad de los Lajones, Provincia Veraguas, República de Panamá. *The Biologist*. 2024, vol. 22, n.º 2, págs. 231-240. Disp. desde DOI: 10.62430/rtb20242221891.

Anexo



DATOS INFORMATIVOS:

Fecha de entrega: 30 /06/2025
Estudiantes: Adriana Córdova Muguerza y Brigit Vélez Zambrano
Carrera: Ingeniería Ambiental
Tutora: Ph.D. Rosa Victoria González Zambrano

DATOS DE LA PROPIEDAD:

Provincia: Manabí
Cantón: Chone
Parroquia: Eloy Alfaro
Ubicación: Balzar 3 Palestina
Toma de muestra: Suelo (Bosque)
Recepción de la muestra: 23/06/2025

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELO

Número Muestras	Color	Densidad Aparente	Densidad Real	C.E.	p H	Salinidad
	Tabla de Munsell	g/cm3	g/cm3	uS/cm	pH	%
1	10YR 2/2 Color: Café muy oscuro	1.26	2.40	151.90	6.82	0.14

Lic. Katty Ormaza Cedeño Mg.
TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELO AGUA Y PLANTA



Artículo de libre acceso bajo los términos de una **Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional**. Se permite que otros remezclen, adapten y construyan a partir de su obra sin fines comerciales, siempre y cuando se otorgue la oportuna autoría y además licencien sus nuevas creaciones bajo los mismos términos.