



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

Diversidad y composición de Hymenoptera durante los meses de mayo de 2020 hasta abril de 2021, y su relación con factores climáticos en una zona periurbana al norte de la ciudad de Cuenca - Ecuador

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de: Biólogo con mención en Ecología y Gestión.

Autoras:

MELISSA ELIZABETH VANEGAS VÁSCONEZ

Director:

PhD. PABLO SEBASTIÁN PADRÓN MARTÍNEZ

CUENCA, ECUADOR 2022

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco en primer lugar a mis padres por apoyarme y ayudarme a cumplir mis sueños, también agradezco a Sebastián Padrón por su ayuda constante y mi gratitud a David Siddons por su guía y asesoramiento en la parte estadística durante la realización de esta tesis.

A los voluntarios y pasantes del laboratorio de entomología, y a todos quienes me supieron ayudar y brindarme aliento durante la realización de esta tesis.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.	1
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	3
INDICE DE ANEXOS	3
RESUMEN.	4
ABSTRACT.	5
INTRODUCCIÓN.	6
CAPÍTULO 1: Metodología	9
1. Área de estudio	9
2. Grupo de estudio	10
3. Métodos de Colecta	11
4. Métodos de Identificación	11
5. Variables ambientales	12
6. Análisis Estadístico	13
CAPÍTULO 2: Resultados	15
1. Abundancia de las familias	15
2. Relación entre familias y variables ambientales	19
CAPÍTULO 3: Discusiones	26
CAPÍTULO 4: Conclusiones	29
CAPÍTULO 5: Recomendaciones	30
REFERENCIAS.	31
ANEXOS.	40

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Mapa del área de estudio en la provincia del Azuay en el sur del Ecuador	9
Figura 2: Trampas Malaise utilizadas en este estudio y área de muestreo en un jardín residencial.	10
Figura 3 : Detalle de algunas familias de hymenoptera poco comunes.	18
Figura 4: Abundancia de familias de Hymenoptera en relación al gremio trófico.	18
Figura 5: Regresión múltiple del modelo de correlación "M3" y las familias más abundantes dentro del estudio.	20
Figura 6: Relación mensual entre las variables ambientales y la abundancia de las familias.	21
Figura 7: Correlación entre microavispa y variables ambientales.	23
Figura 8 : Correlación entre parasitoides y variables ambientales..	24
Figura 9: Correlación entre polinizadores y variables ambientales.	25
Tabla 1: Familias de himenópteros colectados, su abundancia, gremio trófico y número de individuos.	15
Tabla 2: Índices de diversidad del orden hymenoptera	19
Tabla 3: Valores obtenidos de los modelos de regresión múltiple para la correlación entre variables ambientales y abundancia de familias siendo el modelo mejor el que tiene el menor AIC.	19
Tabla 4: Valores obtenidos de la regresión lineal múltiple entre las variables ambientales.	20

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: tabla de datos de variables climáticas sintetizadas a nivel mensual.	40
--	----

Diversidad y composición de Hymenoptera durante los meses de mayo de 2020 hasta abril de 2021, y su relación con factores climáticos en una zona periurbana al norte de la ciudad de Cuenca - Ecuador

Resumen.

Las áreas urbanas experimentan un crecimiento acelerado afectando directamente a los organismos que allí habitan. Dentro de estos, los insectos son uno de los grupos más vulnerables. En esta investigación se utilizaron dos trampas Malaise para coleccionar insectos durante un año, además, se recopilaban variables ambientales. Se identificaron 32 familias de himenópteros, siendo las más abundantes Mymaridae, Pteromalidae, Formicidae, Ichneumonidae, y Figitidae. Se encontró una relación entre la abundancia y la composición de insectos coleccionados con las variables temperatura y la interacción entre la temperatura y humedad relativa sugiriendo una posible estacionalidad. Estos resultados resaltan la importancia de estos estudios en este tipo de ecosistemas y el potencial de estos a futuro.

Palabras clave: Andes, biodiversidad, cambio global, conservación, insectos.



Dr. Pablo Sebastián Padrón
Director de tesis



Dr. Antonio Crespo Ámpudia
Coordinador de carrera



Melissa Elizabeth Vanegas Autor

Diversity and composition of Hymenoptera during the months of May 2020 to April 2021, and its relationship with climatic factors in a peri-urban area north of the city of Cuenca - Ecuador

Abstract.

Urban areas are experiencing accelerated growth, directly affecting the organisms that live there. Among these, insects are one of the most vulnerable groups. In this research, two Malaise traps were used to collect insects for one year, and environmental variables were recorded. Thirty-two families of Hymenoptera were identified, the most abundant being Mymaridae, Pteromalidae, Formicidae, Ichneumonidae, and Figitidae. A relationship was found between the abundance and composition of insects collected with the variable temperature and the interaction between temperature and relative humidity, suggesting a potential seasonality. These results highlight the importance of these studies in this type of ecosystem and their potential for the future.

Keywords: Andes, conservation, Global change, biodiversity, insects.




Dr. Pablo Sebastián Padrón Martínez

Thesis director



Dr. Antonio Crespo Ampudia

Faculty Coordinator



Melissa Elizabeth
Vanegas

Author



Introducción.

Los insectos en ambientes urbanos cumplen funciones ecológicas importantes como la polinización, descomposición de materia orgánica, control biológico, etc. (McIntyre 2000; Savard, et al. 2000; Smith, Warren, Thompson, y Gaston, 2006; Castañeda, H. B., 2015; Andersen, A. N, 2020; Parikh, G., et al, 2021; Oberprieler); además, estos pueden ser usados en estrategias de conservación por medio de ciencia ciudadana vinculando activamente a las personas en su conservación. También, al ser organismos ectotérmicos son altamente dependientes de las condiciones ambientales donde ellos viven (González - Tokman, D., Córdoba, et al., 2020; Samways, MJ, et al., 2020; Mirth, CK, Saunders, TE y Amourda, C., 2021), es por esto que los cambios en las variables ambientales a una escala temporal son importantes para su diversidad y composición (Thomazini, M. J. Thomazini, A.P.B. W., 2002; Mugabo, Gilljam, Petteway, 2019). Por lo que, identificar los principales factores ambientales, y cómo estos afectan en la diversidad y composición de insectos en ambientes urbanos es fundamental para entender cómo estos organismos interactúan con su medio y esta nueva información puede ser usada en estrategias de conservación dentro de un contexto de cambio global.

Además, la pérdida de la biodiversidad de insectos en ambientes urbanos, y de los servicios ecosistémicos que estos cumplen, están estrechamente relacionada con las alteraciones causadas por actividades antrópicas propias de las zonas con actividad humana (zonas periurbanas y urbanas), como fragmentación del hábitat, eliminación y/o cambio de la cobertura vegetal, (Hamblin, A.L., et al, 2017), estas también tienen una influencia significativa en las condiciones ambientales y por ende en la diversidad, composición y distribución de los insectos (Eggleton, P., 2020; Schachat, SR y Labandeira, CC, 2021; Straka, TM, et al, 2021; Hill, G. M., et al, 2021).

El cambio global que estamos experimentando actualmente tienen efectos significativos en la naturaleza (Brasil, LS, et al, 2020; Van de Ven, TM, Fuller, A. y Clutton - Brock, TH, 2020), modificando las variables ambientales, su intensidad, estacionalidad y sincronía, lo cual tendrán efectos importantes en la naturaleza y en los ambientes urbanos los cuales además, se encuentran en un constante crecimiento (Naciones Unidas , 2018; Zhang, P., Li, Y., et al, 2020; Boyes, DH, et al, 2021; Perspectivas de Urbanización Mundial (WUP)). Pero para tener una mejor idea de los potenciales efectos a futuro de estos cambios es fundamental primero entender la importancia de las variables ambientales en la presencia de los organismos, esta

información aunque existe para ciertos lugares (Brown, B. V., et al., 2017; Terry, Nelson, CR, et al., 2018), está principalmente enfocada en Norteamérica y Europa (McGlynn, et al., 2019; Montgomery, G. A., et al., 2021), y para regiones más diversas y consideradas importantes desde el punto de vista de la conservación como el Neotrópico (Adams, et al., 2020) es reducida o ausente, y esto es más evidente para insectos en ambientes urbanos en ecosistemas Altoandinos.

Por otra parte, el crecimiento exponencial urbano de las ciudades en las últimas décadas va en aumento (Smith, RM, et al., 2006; Braschler, B., et al., 2020; Lanner, J., et al., 2020; Casanelles-Abella, J., et al., 2021), por lo que es importante estudiar la fauna, flora y sus interacciones en el contexto de estos “nuevos” paisajes. Esto no solo nos permite conocer más sobre la diversidad de insectos, sino también nos ayuda a entender cómo las variables ambientales influyen su diversidad y composición en el tiempo. Solo de esta manera podremos modelar efectos potenciales del cambio global a futuro y podremos implementar estrategias adecuadas para la conservación de estos organismos.

La urbanización actualmente es una amenaza importante para la conservación de la biodiversidad (Elmqvist, et al., 2016; IPBES, 2019; González-Céspedes, C., Alaniz, A. J., 2021). Esto se ha evidenciado en varias investigaciones, como la realizada por Cameron et al. (2011), en Norteamérica donde se encontró una disminución de las poblaciones de abejorros. También, en Alemania se detectó la pérdida de especies al analizar la biomasa de insectos, notándose una disminución marcada por la estacionalidad y a lo largo del tiempo (Hallmann, et al., 2017). En Italia, se analizó las poblaciones de mariposas y de escarabajos, encontrando una disminución de la riqueza de especies (Fattorini, S., 2011).

Por otro lado, los factores climáticos en las ciudades son importantes determinantes que permiten generar y mantener la biodiversidad urbana, investigaciones realizadas en Los Ángeles, California (Terrence P. McGlynn, 2020; Fenoglio, M. S., Calviño, A., 2021), en donde se estudió cómo los cambios ambientales afectan a la diversidad, encontraron que la temperatura tiene una influencia marcada sobre la abundancia, riqueza y uniformidad de las especies. También, se ha encontrado efectos de los ambientes urbanos sobre las condiciones ambientales, uno de esto es lo que se conoce como “la isla de calor” el cual es un fenómeno que tiende a prevalecer dentro de las ciudades haciendo que estas sean hasta 12° C más calientes (Liu, Y., et al, 2020; Atasoy, M., 2020). Finalmente, el tipo de vegetación o cobertura vegetal también tiene una influencia sobre los factores ambientales (Wang, L., Hou, H., Weng, J., 2020; Wang, X., et al, 2021).

Como vemos el crecimiento acelerado de las ciudades está afectando de forma negativa a la biodiversidad. Por lo tanto, es importante estudiar la diversidad urbana, también se sabe que los factores climáticos son importantes, es por esto que un primer paso es estudiar cómo las condiciones climáticas en las ciudades afectan a la diversidad de las especies. Por lo cual los objetivos de este proyecto fueron determinar la composición de Hymenoptera durante los meses de mayo de 2020 hasta abril de 2021, identificando si estos cambian durante este tiempo y ver si se encuentran afectados por la estacionalidad climática.

CAPÍTULO 1:

Metodología.

1. Área de estudio

El muestreo se realizó en el jardín de una residencia localizada en Chaullabamba (-2.855050 - 78.902495), provincia del Azuay, parroquia Nulti a 2370 msnm (Fig. 1). Este lugar se encuentra en un valle interandino el cual experimenta cambios en la estacionalidad climática, siendo la estación seca los meses de junio a septiembre y otra lluviosa de octubre a mayo (Matovelle, C., et al. 2021). Las ciudades presentan diferentes gradientes para las variables climáticas, ya que estas tienden a aumentar debido a las islas de calor urbanas, por otra parte, dentro de estos gradientes existe una amplia variedad de hábitats a una pequeña escala, jardines, parques, estacionamientos, entre otros, todos diferenciados por la variación de la vegetación, la disponibilidad de los recursos y la cobertura del suelo (Pickett et al,2017, 2013; Adams, 2020). Debido a estos gradientes el aumento de la urbanización puede también alterar las fluctuaciones estacionales en la diversidad las cuales se encuentran asociadas a cambios en la precipitación y/o temperatura afectando a la heterogeneidad del hábitat y por ende a las interacciones tróficas (Andrade, Bateman, 2017; McGlynn, Meineke, 2019).

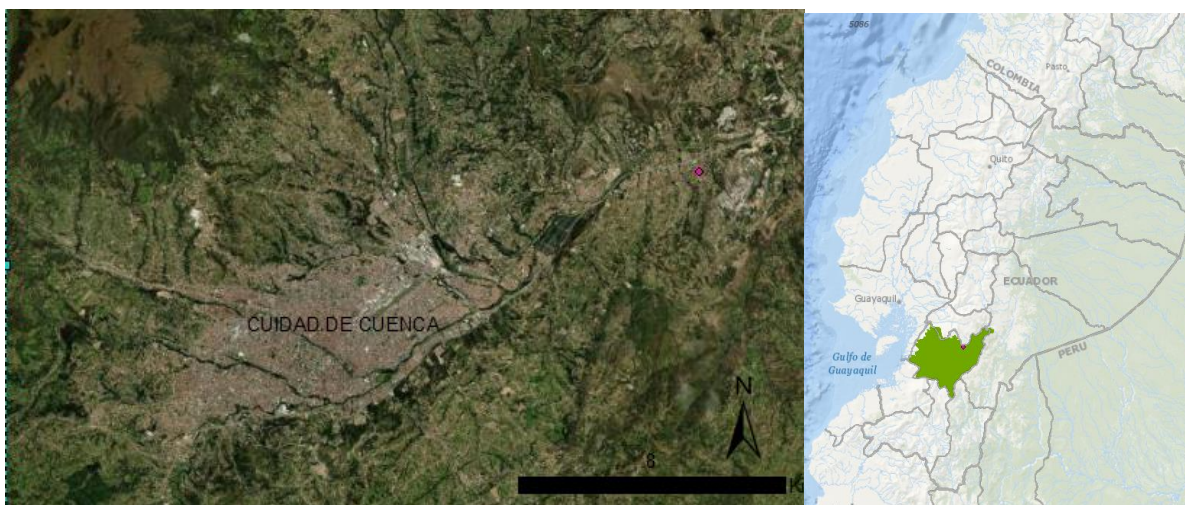


Figura 1: Mapa del área de estudio en la provincia del Azuay en el sur del Ecuador.

Dentro del área de estudio la mayoría de vegetación es introducida y está compuesta por especies ornamentales como: *Fargesia murielae* (Poaceae), *Agave americana* (Asparagaceae),

Callistemon citrinus (Myrtaceae); *Euonymus japonica aureovariegata* (Celastraceae), *Hedera colchica* (Araliaceae); *Acacia baileyana* (Fabaceae); *Agrostis canina* (Poaceae), *Agrostis tenuis* (Poaceae), *Lolium perenne* (Poaceae), *Cynodon dactylon* (Poaceae) (Fig 2).



Figura 2: Trampas Malaise utilizadas en este estudio y área de muestreo en un jardín residencial.

2. Grupo de estudio

Ciertos órdenes de insectos son considerados buenos bioindicadores ambientales, porque permiten entender el efecto de los factores climáticos en los ecosistemas (McGlynn, et al. 2019). Los insectos en el orden Hymenoptera son considerados uno de los más diversos en el Neotrópico (Nieves-Aldrey, J. L., et al. 2006; Medrano, L. E. C., 2011). Además, estos cumplen una gran variedad de funciones importantes en los ecosistemas, estas dos características hacen de este un orden ideal para estudiar los efectos en su diversidad atribuidos a cambios de las variables ambientales en ambientes urbanos en un periodo de tiempo determinado, siendo la estimación de la diversidad y composición de insectos fundamental, ya que en estas se encuentran relacionadas con factores antes dichos como la humedad, la

temperatura dada por las horas de sol, la presencia o ausencia de viento y en muchas ocasiones también influyen el relieve topográfico y fisiográfico, siendo estos cambios importantes para la diversidad de insectos (Baltazar, H., 2016; McGlynn, T. P., Meineke, E. K., 2019); es por este motivo que es fundamental conocer cómo están afectando estos factores ambientales en el tiempo a los insectos (Meuti, M. E., & Short, S. M., 2019; Skendžić, S., Zovko, et al, 2021).

3. Métodos de Colecta

El estudio se realizó en función de 24 muestras de insectos de los órdenes Hymenoptera colectados durante los meses de mayo del 2020 hasta abril del 2021 en dos trampas Malaise terrestres (Malaise terrestres estilo Towne) separadas 10 m una de otra, en un jardín residencial. Las trampas *Lightweight Malaise Trap, Townes Style* (Malaise terrestres estilo Towne), son estructuras en forma de tiendas de campaña construidas con mallas finas de tela negra de poliéster de 607 x 168 centímetros cuadrado aproximadamente y con un techo blanco, estas están diseñadas para coleccionar insectos de forma no atrayente, presentan unas dimensiones de altura 176 cm y de longitud 165 cm. Además, presenta un área de intersección de 165 x 110 cm, es en esta área donde se coloca un frasco con alcohol al 96% para la recolección de las muestras. Estas trampas son utilizadas para estudios de biodiversidad debido a su forma de funcionamiento, siendo ampliamente usadas como herramientas para muestreo a largo plazo. Las muestras fueron colectadas el último día del mes y fueron preservadas en frascos con alcohol al 96% incluyendo una etiqueta con información de la trampa y mes de colección.

4. Métodos de Identificación

Para la identificación de los especímenes colectados, primero se separó en órdenes y después en familias esto se realizó en el Laboratorio de Entomología de la Escuela de Biología en la Universidad del Azuay, en la ciudad de Cuenca. Las 24 muestras se separaron usando dos estereomicroscopios Nikon SMZ 18 y Nikon SMZ 745T, primero se separó de acuerdo con el orden (Hymenoptera, Hemiptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera y Otros); en cada frasco se colocó etiquetas con la fecha de colección, número de trampa, colector y se les mantuvo en alcohol al 96%. Luego se procedió a separar las muestras del orden Hymenoptera en familias colocando cada familia en tubos MCT-150-C de 1,5 ml con alcohol al 96%. Para la identificación a nivel de familia se usaron las claves del libro “Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical” (F. Fernandez y M.J. Sharkey, 2006; Zachary Lahey, 2021; Trietsch, C. y Decanos, AR, 2018). Además, se usaron las claves realizadas en el curso Wasp ID course

desarrollado y dirigido por Louis Nastasi, Frost Entomological Museum, Penn State University.

5. Variables ambientales

Los datos de las variables ambientales temperatura y humedad relativa fueron obtenidas mensualmente durante un periodo de un año (mayo 2020 hasta abril 2021), para este fin se utilizó un data logger HOBO U23 Pro v2 Temperature/Relative Humidity Data Logger el cual estuvo colocado cerca de las trampas Malaise. Estas dos variables ambientales han sido seleccionadas basados en investigaciones previas las cuales identifican a estas como importantes para la presencia de insectos. Los insectos responden en gran medida a los cambios de la temperatura, ya que estos son ectotermos es decir presentan una tasa metabólica y reproductiva elevada respondiendo a los cambios de temperatura, siendo mucho más favorable cuando se presentan temperaturas bajas y en muchos casos medias (Gols, R., et al. 2021; Ritchie, Marshall W., et al. 2021). Los lugares donde interactúan los organismos es en parte determinado por la composición de las comunidades y la respuesta de estos con variaciones ambientales (Engels, S., Medeiros, et al, 2020; Rada, S., et al, 2019). La influencia de los factores o variaciones climáticas, en zonas degradadas y no degradadas es una área importante y fructífera de investigación, ya que el estudio de estas comunidades nos permite por ejemplo evaluar el estado de conservación de las poblaciones de insectos (Schwartz, M. W., et al, 2002). Es por esto que la riqueza de las especies de insectos se encuentra íntimamente ligada a los cambios de temperatura, vinculandose con la temperatura media; esto debido a los requerimientos de cada especie dentro de su ambiente y su nicho dentro del hábitat (McGlynn, T. P., et al, 2019; Power, N. A., Ganjisaffar, F., & Perring, T. M., 2020).

La humedad, también es un factor importante de acuerdo con la historia de vida de cada especie, existiendo especies con requerimientos de hábitat mucho más húmedos para su desarrollo larvario y maduración, mientras que otros requieren de ambientes más secos. También estos factores pueden afectar el vuelo, siendo así la humedad media o baja favorable para un amplio grupo de insectos voladores (Vásquez, V. A., et al, 2020; Fisher, J. J., et al, 2021; Saghafipour, A., et al, 2020). Para nuestro análisis se usaron los datos de los dataloggers, y se analizaran la temperatura media mensual y la precipitación media mensual, de todos los meses desde mayo de 2020 hasta abril de 2021.

6. Análisis Estadístico

El principal objetivo de esta investigación fue identificar si existe una correlación entre las variables ambientales con la composición y diversidad de insectos en un ambiente urbano. Es por eso que primero se calculó la diversidad y la abundancia de familias de Hymenoptera usando una base de datos que incluya información de las familias, como el número de individuos por familia y la riqueza de familias. Para investigar si existe una correlación entre las variables ambientales con la diversidad y composición de insectos se recopiló los datos de temperatura y humedad relativa; los espacios faltantes fueron completados con un símbolo (N/A) cuando la familia no se encontraba presente durante el mes y trampa. Después se calcularon el índice de Shannon, esto para conocer la abundancia de las familias en total, el índice de Simpson para estimar la dominancia de las familias, y el índice de Evenness para ver si existe una uniformidad dentro de hábitat. Después se realizaron pruebas para determinar la varianza y la correlación que existe entre las variables ambientales y las familias, se consideraron tres modelos, el primero fue un modelo lineal generalizado (GLM) simple entre variables múltiples tomando en cuenta a las variables ambientales por separado y la interacción existente entre ambas, la siguiente fue una prueba generalized linear mixed model o modelo mixto generalizado lineal (GLMER) Poisson o Regresión Poisson que nos ayuda a entender si la aproximación de nuestros datos, es decir la correlación, es fuerte cuando esta es grande, lo que significa que la aproximación es mejor cuando esta es más grande y por último se realizó un modelo de Distribución Binomial Negativa donde usamos un número repetido de ensayos hasta desarrollar el número de casos que nos resulte favorable para determinar la correlación de las variables y su interacción; a continuación se realizó una prueba de Criterio de información de Akaike (AIC) para determinar el mejor modelo.

Además de esto se realizaron curvas de rango de abundancia para analizar cuál de las familias es la más abundante. Para relacionar la abundancia con las variables y la relación a lo largo del tiempo se llevaron a cabo curvas de abundancia en relación con las variables ambientales y el cambio mensual, además de curvas de rango abundancia para analizar si existe correlaciones mediante gráficas de las familias más abundantes; por otra parte se calculó la abundancia de cada una de las familias y la suma total de igual manera para cada una de las familias para obtener una tabla que contenga la abundancia en conjunto con el gremio trófico perteneciente a cada familia y desarrollar un gráfico para visualizar la riqueza de los gremios y familias. Todos estos análisis estadísticos se realizaron en el software R versión R 4.1.2 para Windows;

utilizando los paquetes “lme4”, “tidyverse”, “vegan”, “dplyr”, “ggeffects”, “tidyr”, (Wickham, H., & Golemund, G., 2016; Wickham, H., et al., 2019).

CAPÍTULO 2:

Resultados.

1. Abundancia de las familias

Se recolectaron en total 24 muestras, estas fueron separadas de acuerdo a órdenes y posteriormente en Familias del orden Hymenoptera. En total se colectaron 8188 individuos dentro del orden de los Himenópteros, estos distribuidos en 32 familias siendo: Avispas parasitoides: Agaonidae, Aphelinidae, Bethylidae, Braconidae, Crabronidae, Ceraphronidae, Chrysididae, Cynipidae, Diapriidae, Drynidae, Encyrtidae, Eulophidae, Eupelmidae, Figitidae, Gasteruptionidae, Ichneumonidae, Megaspilidae, Plumaridae, Mymaridae, Platygasteridae, Pompilidae, Proctotrupidae, Pteromalidae, Scelionidae, Tenthredinidae; Abejas: Andrenidae, Apidae, Collectidae, Megachilidae, Halictidae; Hormigas: Formicidae y Avispas comunes: Vespidae. En la tabla 1, se observa el número total de individuos y la abundancia de cada una de las familias en relación al orden Hymenoptera, también, se clasificó el gremio trófico al que pertenece cada familia (se consideró el gremio trófico dominante para cada familia).

Tabla 1: Familias de himenópteros colectados, su abundancia, gremio trófico y número de individuos.

Familia	Abundancia (%)	Gremio	Individuos
Agaonidae	0,31	Parasitoide	26
Andrenidae	0,012	Polinizador	1
Aphelinidae	6,03	Parasitoide	494
Apidae	0,17	Polinizador	14
Bethylidae	0,25	Parasitoide	21
Braconidae	7	Parasitoide	571
Ceraphronidae	0,23	Parasitoide	19

Chrysididae	0,23	Parasitoide	19
Collectidae	0,4	Polinizador	34
Crabronidae	1	Parasitoide	81
Cynipidae	0,024	Parasitoide	2
Diapriinae	1,05	Parasitoide	86
Dryinidae	0,085	Parasitoide	7
Encyrtidae	2,4	Parasitoide	202
Eulophidae	6,2	Parasitoide	509
Eupelmidae	3,6	Parasitoide	299
Figitidae	7,5	Parasitoide	618
Formicidae	10	Predador	798
Gasteruptiidae	0,01	Parasitoide	1
Halictidae	0,25	Polinizador	21
Ichneumonidae	8	Parasitoide	655
Megachilidae	0,07	Polinizador	6
Megaspilidae	1,7	Parasitoide	144
Mymaridae	17	Parasitoide	1401
Platygastridae	4,5	Parasitoide	376
Plumariidae	0,01	Parasitoide	1

Pompilidae	0,2	Parasitoide	19
Proctotrupidae	0,02	Parasitoide	2
Pteromalidae	15	Parasitoide	1221
Scelionidae	6,2	Parasitoide	509
Tenthredinidae	0,02	Predador	2
Vespidae	0,35	Predador	29

En relación a la abundancia, las cinco familias más abundantes fueron: Mymaridae (1401 individuos), Pteromalidae (1221 individuos), Formicidae (798 individuos), Ichneumonidae (655 individuos), y Figitidae (618 individuos); y las familias menos abundantes y por lo tanto consideradas raras (cada una con un solo registro) fueron: Andrenidae, Gasteruptionidae y Plumariidae (Fig. 3).



Figura 3: Detalle de algunas familias de hymenoptera poco comunes colectadas en nuestro proyecto. A) Ichneumonidae. B) Chrysididae. C)Tenthredinidae. D) Gasteruptiidae. E) muestra en proceso de identificación. F) Crabronidae. G) Andrenidae. H) Agaonidae.

Las familias identificadas luego fueron categorizadas en gremios tróficos (Tabla 1 y Fig. 4). Se puede observar que la mayor cantidad de Himenópteros colectados dentro de este estudio fueron Parasitoides, seguido de predadores y finalmente el gremio de los polinizadores fue el menos representado.

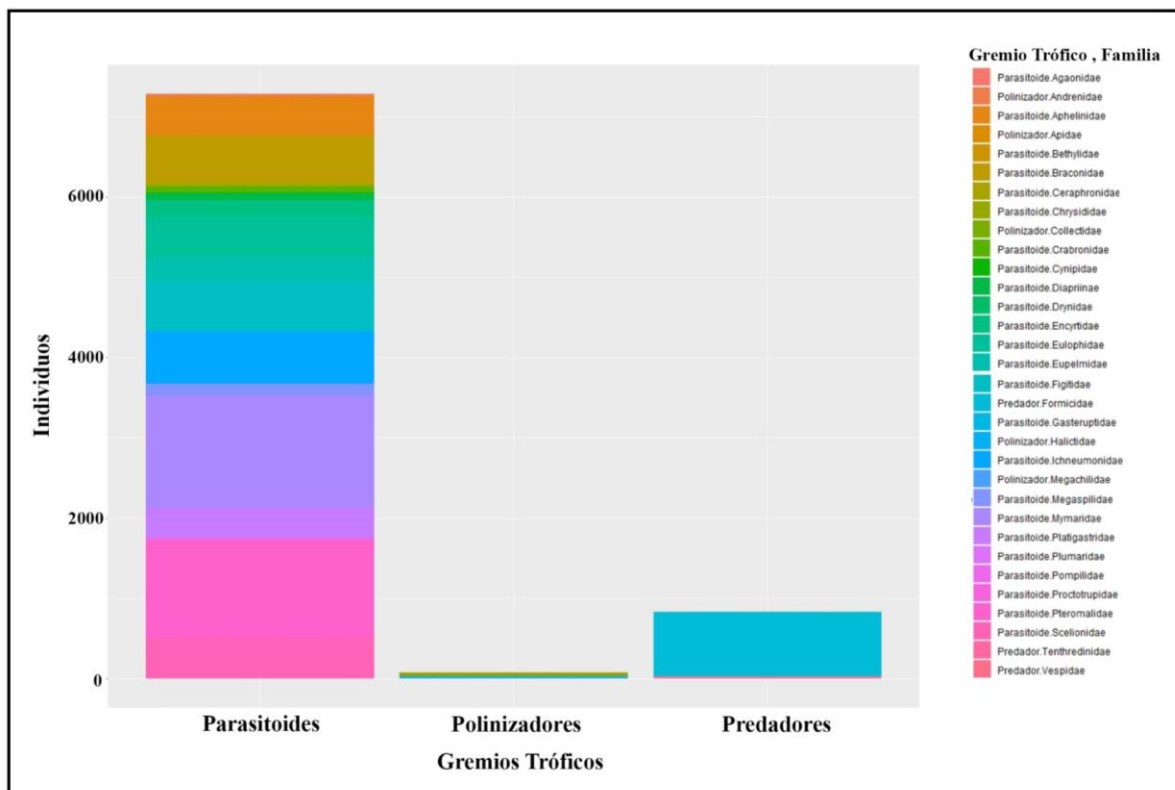


Figura 4: Abundancia de familias de Hymenoptera en relación con el gremio trófico.

2. Índices de Shannon, Simpson y Evenness

En lo referente a los índices de diversidad, estos no tuvieron un rango significativo ya que en estos no se muestra el rango de significancia de la Familia y como esta va cambiando de acuerdo a las variables ambientales; es decir los índices no muestran el grado de importancia de cada una de las familias, esto debido a que cada una de estas presenta una fenología distinta y con esto un grado de abundancia durante épocas que no son iguales a las de otras. En la Tabla 2, se observan los índices de Shannon, Simpson y Evenness se obtuvieron para Shannon 2.59

que mide la relación de lo observado y la diversidad máxima; para Simpson se obtuvo 0.90 y para Evenness 0.74 siendo más significativos los índices cuando este se acerca al 1.

Tabla 2: Índices de diversidad del orden hymenoptera

Shannon	Simpson	Evenness
2.59	0.91	0.75

3. Relación entre familias y variables ambientales

En relación con las pruebas para determinar la varianza y la correlación que existe entre las variables ambientales y las familias, el Modelo 3 (M3), fue el que obtuvo una correlación más significativa con las variables con un AIC de 3052.66 (Tabla 3).

Tabla 3: Valores obtenidos de los modelos de regresión múltiple para la correlación entre variables ambientales y abundancia de familias siendo el modelo mejor el que tiene el menor AIC.

Modelo	df	AIC
M1(GLM)	5	4150.90
M2(GLMER=Poisson)	5	5185.49
M3(GLMERr=n.b)	6	3052.66

Dentro de este modelo las variables ambientales más significativas fueron la temperatura y la interacción entre las variables de humedad relativa y temperatura (Ver Tabla 4).

Tabla 4: Valores obtenidos de la regresión lineal múltiple entre las variables ambientales (Temp: Temperatura promedio mensual; Hr: Humedad Relativa) y la interacción de estas entre sí con un valor de significancia de $p < 0.001$, códigos de valores significativos: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1.

	Estimate Std	Error z	Value	p value(> z)
Intercept	1.696	0.2355	7.2	6e-13 ***
Temp	-0.121	0.0335	-3.6	0.000301 ***
Hr	-0.007	0.0328	-0.2	0.836769
Temp:Hr	0.105	0.0459	2.3	0.021692 *

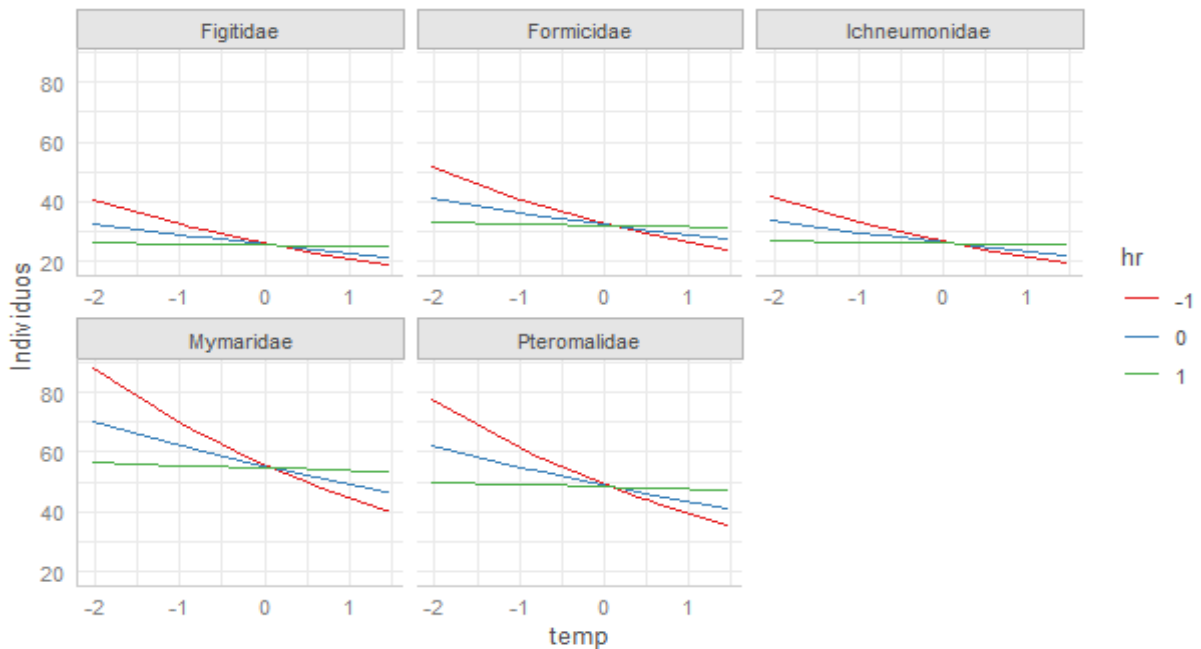


Figura 5: Regresión múltiple del modelo de correlación “M3” y las familias más abundantes dentro del estudio con datos en escala de las variables climáticas.

La regresión múltiple del modelo de correlación (Fig. 5), nos muestra cómo se encuentran reaccionando las familias en presencia de las variables por separado y su interacción siendo

positivos para la familia de Mymaridae y Pteromalidae con un aumento de la abundancia; con un crecimiento cuando existe una menor humedad y temperatura.

En cuanto a la correlación de las variables ambientales y las familias de himenópteros, se observa, que la fluctuación que las variables climáticas afecta a la composición y diversidad de las familias. En los meses donde disminuye la humedad relativa (junio a septiembre, identificada como estación seca) aumenta la abundancia de insectos, y cuando aumenta la humedad relativa (octubre a mayo considerada como estación lluviosa), disminuye la abundancia de insectos (Fig. 6). Por otro lado, los resultados encontrados en el modelo M3 (Tabla 4), donde se identifica la interacción de la humedad relativa y la Temperatura, como significativa.

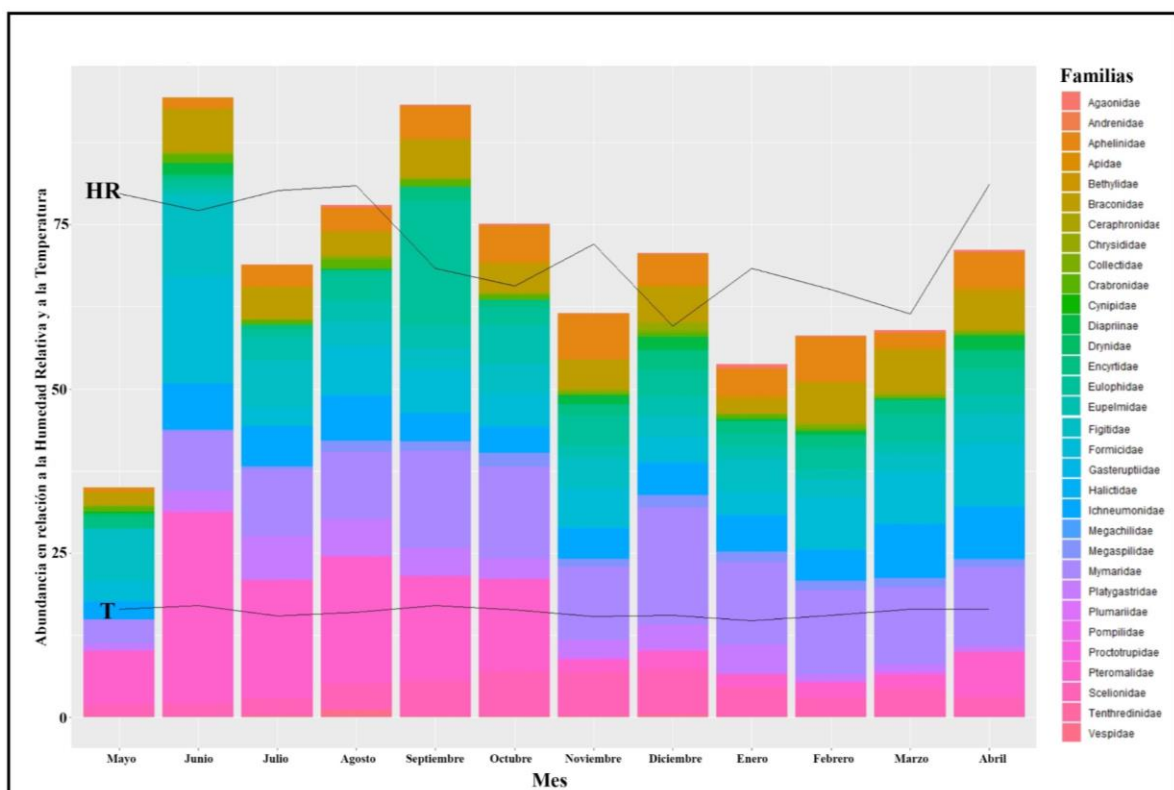


Figura 6: Relación mensual entre las variables ambientales y la abundancia de las familias, (Curva superior de humedad e inferior de temperatura).

Luego basándose en los gremios tróficos se escogieron familias representativas de microavispa, parasitoides y polinizadores (abejas) para comparar con los datos obtenidos a nivel mensual, analizando así los cambios dentro de las familias a través del tiempo y con las variables ambientales estudiadas.

Las microavisas con relación a las variables ambientales estudiadas y el tiempo (Fig. 7), se seleccionaron las familias Aphelinidae, Figitidae, Mymaridae, Pteromalidae y Scelionidae. En la (Figura 7A) se muestra la abundancia de las microavisas en el tiempo, en esta se puede ver que la abundancia fluctúa en los meses del año, para algunas familias como Scelionidae y Aphelinidae la fluctuación es sutil, presentando un incremento en los meses de septiembre a diciembre. Pero la familia Pteromalidae su abundancia fluctúa grandemente durante el año, siendo los meses de mayo a septiembre donde presenta su mayor abundancia y desde octubre a abril su abundancia se reduce. La familia Mymaridae incrementa su abundancia hasta llegar a su máximo en el mes de noviembre para luego presentar una leve disminución en el número de individuos. Por último, la familia Figitidae presenta su mayor abundancia en los meses de mayo para luego disminuir el resto del año. Con relación a la Temperatura promedio mensual y la abundancia de individuos de las familias de microavisas seleccionadas (Fig. 7 B), existe una disminución en la abundancia en las familias Pteromalidae y Mymaridae en relación al incremento de la temperatura; las otras familias Aphelinidae, Scelionidae y Figitidae sus abundancias se mantienen constantes con el incremento de la temperatura. En lo que respecta a relación con la Humedad Relativa (Fig. 7 C), dos familias Mymaridae y Pteromalidae se ven afectadas por el incremento de la humedad relativa, la primera incrementando su abundancia y la segunda disminuyendo su abundancia, las otras familias Aphelinidae, Scelionidae y Figitidae, sus abundancias se mantienen constantes con el incremento de la humedad relativa.

Finalmente, la abundancia de las familias de microavisas con la interacción de las dos variables (Fig 7 D), encontramos que las familias que su abundancia se ve afectada por la interacción de estas dos variables son Mymaridae y Pteromalidae, aumentando y disminuyendo su abundancia respectivamente a mayor interacción de las variables las otras familias Aphelinidae, Scelionidae y Figitidae no fluctúan mucho su abundancia.

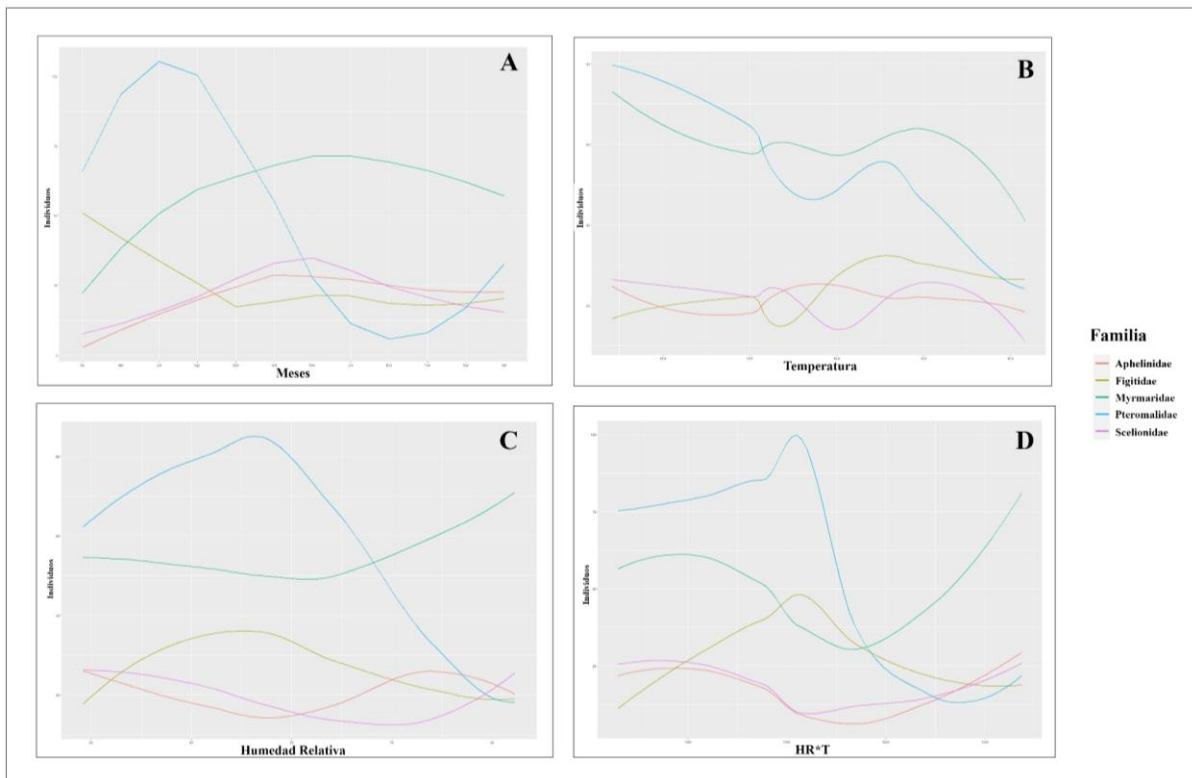


Figura 7: Correlación entre microavispa y variables ambientales. A) Abundancia mensual. B) Abundancia con relación al promedio de la temperatura mensual. C) Abundancia con relación al promedio de la humedad relativa mensual. D) Abundancia en relación con el promedio de la humedad relativa mensual y su interacción con el promedio de la temperatura mensual.

Los parasitoides con relación a las variables ambientales estudiadas y el tiempo (Fig. 8), se seleccionaron las familias Braconidae, Eulophidae, Eupelmidae, e Ichneumonidae. En la Figura 8A se muestra la abundancia de los parasitoides en el tiempo, en esta se puede ver que la abundancia fluctúa en los meses del año, para la familia Eulophidae existe una fluctuación fuerte, presentando un incremento abrupto en los meses de julio a noviembre, para luego disminuir en los siguientes meses. Las otras familias, Braconidae, Eupelmidae e Ichneumonidae, su abundancia se mantiene constante con un incremento en los meses de febrero a abril. En relación a la Temperatura promedio mensual y la abundancia de individuos de las familias de parasitoides seleccionadas (Fig. 8 B), las familias Braconidae e Ichneumonidae su abundancia incrementa significativamente con el incremento de la temperatura, la familia Eulophidae, presenta un umbral donde la temperatura media no afecta su abundancia, pero los extremos incrementan su abundancia, finalmente Eupelmidae no se ve

afectada por la temperatura. En lo que respecta a relación con la Humedad Relativa (Fig. 8C), tres familias Braconidae, Ichneumonidae y Eulophidae incrementan su abundancia con el incremento de la humedad relativa, Eupelmidae no se ve afectada. Finalmente, la abundancia de las familias de parasitoides con la interacción de las dos variables (Fig. 8D), encontramos que las cuatro familias de parasitoides incrementan su abundancia por la interacción de estas dos variables.

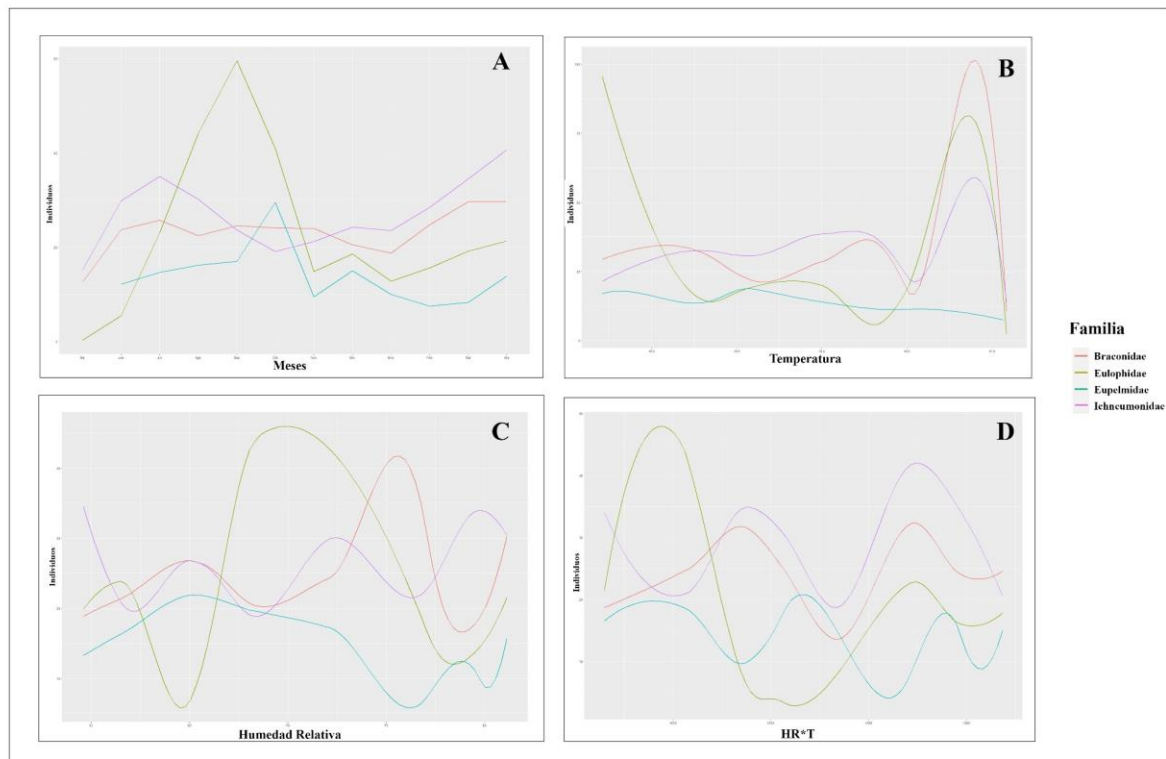


Figura 8: Correlación entre parasitoides y variables ambientales. A) Abundancia mensual. B) Abundancia con relación al promedio de la temperatura mensual. C) Abundancia en relación con el promedio de la humedad relativa mensual. D) Abundancia con relación al promedio de la humedad relativa mensual y su interacción con el promedio de la temperatura mensual.

Finalmente, en relación con los polinizadores y su relación con las variables ambientales y el tiempo (Fig. 9), se seleccionaron las familias Apidae, Colletidae, Halictidae y Megachilidae. En la Figura 9A se muestra la abundancia de los polinizadores en el tiempo, en esta se puede ver que la abundancia fluctúa en los meses del año, existiendo dos picos de abundancia en los meses de agosto a diciembre y de febrero a abril. En relación a la Temperatura promedio mensual y la abundancia de individuos de las familias de polinizadores seleccionadas (Fig. 9 B), la abundancia de la familia Halictidae se ve afectada por el incremento de la temperatura,

pero el efecto no es claro con los datos obtenidos. Las otras tres familias Apidae, Colletidae y Megachilidae no se ven afectadas con el incremento de la temperatura. En lo que respecta a relación con la Humedad Relativa (Fig. 9C), tres familias Apidae, Halictidae y Megachilidae su abundancia fluctúa con la variación de la humedad pero no se puede definir un patrón claro, Colletidae incrementa su abundancia con el aumento de la temperatura. Finalmente, la abundancia de las familias de polinizadores seleccionadas y el efecto en su abundancia con la interacción de las dos variables estudiadas (Fig. 9D), encontramos que las cuatro familias de polinizadores incrementan y disminuyen su abundancia por efecto de la interacción de estas dos variables, pero no se puede definir un patrón claro.

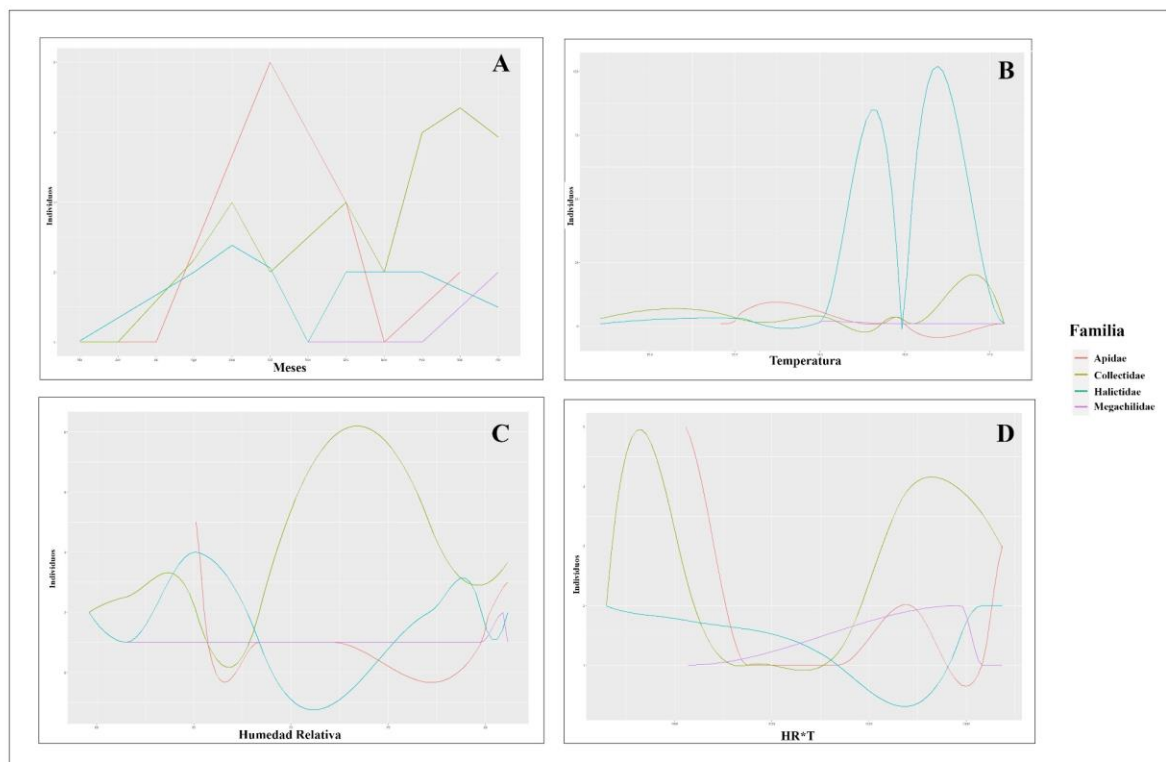


Figura 9: Correlación entre polinizadores y variables ambientales. A) Abundancia mensual. B) Abundancia con relación al promedio de la temperatura mensual. C) Abundancia en relación con el promedio de la humedad relativa mensual. D) Abundancia con relación al promedio de la humedad relativa mensual y su interacción con el promedio de la temperatura mensual.

CAPÍTULO 3

Discusiones.

Los resultados obtenidos en la presente investigación nos confirman que existe una correlación entre la composición de las familias de Hymenoptera y las variables climáticas temperatura y humedad relativa a lo largo del año en un ecosistema periurbano en un valle interandino del sur del Ecuador, estas variables afectan la abundancia y composición mensual de estos insectos. Esto puede ser debido a diferentes factores, uno de estos la fenología de cada una de las familias (Lanterman, J., et.al, 2019; Gould, J. R., et.al, 2020; Henríquez-Piskulich, P., et.al, 2020), también la estrategia de vida (gremio trófico) al que pertenecen (Mederos-López, J. L., et. al. 2012; Pérez Silva, E. R., 2021; Petrice, T. R., et. al, 2021); por ejemplo, los polinizadores serían más abundantes en épocas donde existan recursos florales (Delphia, C., & Griswold, T., 2021; Matsubara, N., et. al, 2021), los parasitoides serían más abundantes en épocas de reproducción y en épocas donde exista mayor número de hospederos sean estos otros insectos o plantas (Pujade-Villar, J., et.al, 2009; Murray, E. A., Evanhoe, et. Al, 2021; Jeavons, E., et.al, 2022).

En nuestros resultados en relación a la abundancia, se encontró igual que en otros estudios (Cabrera-Córdoba, S. P., et.al, 2021; Eckert, T., et.al, 2022; Rico Aristizábal, G. I., 2022) una relación significativa con las variables, siendo las variables de temperatura y el conjunto de la interacción de ambas variables las más importantes. En este sentido es notoria la distribución de los insectos en diferentes estaciones (seca y lluviosa) siendo más abundantes en ciertas épocas y menos abundantes en otras, lo cual puede estar relacionado con la floración (Blatt, S., & Hiltz, K., 2021), y con presencia y disponibilidad de presas (Soares Jr, H., & Oliveira, P. S., 2021; Jacques, G. C., 2022) y el aumento de hospederos ya sean plantas u otros insectos (Ikhsan, Z., 2022; Pascual, S., et.al, 2022).

Es importante acotar que otros factores, aquí no evaluados, como la alteración de hábitat puede afectar significativamente en los patrones observados, siendo uno de estos el crecimiento urbano el cual es una amenaza para la conservación de la biodiversidad (Elmqvist, et al., 2016; IPBES, 2019; González-Céspedes, C., Alaniz, A. J., 2021). Esto puede ayudar a entender algunos patrones de abundancia observados, por ejemplo se observó que la abundancia de algunas familias fluctuaron grandemente en el tiempo (Halictidae, Collectidae), sin embargo, otras familias (Ichneumonidae, Braconidae, Crabronidae,

Mymaridae) se mantuvieron relativamente constantes durante el tiempo, claro está con fluctuaciones estacionales relacionadas a las variables estudiadas. Esto se ha evidenciado antes en varias investigaciones, como la realizada por Cameron et al. (2011), en Norteamérica donde se encontró una disminución de las poblaciones de abejorros independiente de la estacionalidad climática. También, en Alemania se detectó la pérdida de especies al analizar la biomasa de insectos, notándose una disminución marcada por la estacionalidad, pero una disminución en general en el tamaño de las poblaciones a través de los años lo cual puede ser atribuido a alteraciones ambientales (Hallmann, et al., 2017). En Italia, se analizó la disminución de las poblaciones de mariposas y de escarabajos, encontrando una disminución de la riqueza de especies (Fattorini, S., 2011).

Por otro lado, los factores climáticos en las ciudades son importantes determinantes que permiten generar y mantener la biodiversidad urbana, investigaciones realizadas en Los Ángeles, California (Terrence P. McGlynn, 2020; Fenoglio, M. S., Calviño, A., 2021) donde se estudió cómo los cambios ambientales afectan a la diversidad, encontraron que la temperatura tiene una influencia marcada sobre la abundancia, riqueza y uniformidad de las especies, lo cual pudimos comprobar dentro de nuestro estudio, siendo la variables con más grados de significancia en los modelos de correlación implementados, la humedad relativa y la interacción de ésta con la temperatura. Esta significancia de las variables con la abundancia tiene sentido ya que aspectos ecológicos, fisiológicos y de comportamiento son altamente dependientes de las condiciones climáticas (Régnière, J., et.al, 2020; González-Tokman, D., et.al, 2020; Parr, C. L., & Bishop, T. R., 2022). También, como se mencionó anteriormente, se han encontrado efectos de los ambientes urbanos sobre las condiciones ambientales, uno de esto es “la isla de calor” el cual es un fenómeno que tiende a prevalecer dentro de las ciudades haciendo que estas sean hasta 12° C más calientes (Liu, Y., et al, 2020; Atasoy, M., 2020), y el cual sería interesante estudiar.

Otro aspecto que sería importante discutir es el relacionado a el estadio de desarrollo en el que se colectaron las muestras y como estos estarían relacionados a las condiciones ambientales, todos los insectos analizados en esta investigación fueron adultos, esto principalmente debido al método de colección utilizada (trampas de intercepción), como se conoce el desarrollo de los insectos está estrechamente regulado y mantenido por factores climáticos, algunos ejemplos en Hymenoptera serían las hormigas, abejas y avispas, las cuales se ven influenciados en su desarrollo por cambios climáticos (Jerbi-Elayed, M., et.al, 2022; Barrett, M. R., 2022), siendo la temperatura y la humedad relativa los más importantes

(Nuñez-Penichet, C., et.al, 2021; Pacheco Jr, et.al, 2022), estos no solo afectan la fisiología de los insectos, ya que se conoce que estos afectan a uno de los procesos más importantes como es la metamorfosis, donde el cambio de un estado a otro de desarrollo es afectado por estímulos externos como fluctuaciones climáticas, sino también a la disponibilidad de recursos que necesitan en cada uno de sus estados de desarrollo, en nuestro resultados se observa que existe mayor abundancia de insectos (adultos) en los meses de la estación seca (junio a septiembre) y esto disminuye en los meses de que corresponden a la estación lluviosa (octubre a mayo), las condiciones climáticas podrían estar afectando en la presencia de adultos debido a que en los meses de la estación seca, los adultos estarían buscando recursos sean estos florales, presas y hospederos por lo tanto serán más fácilmente representados en nuestras trampas, y en los meses de lluvia la gran mayoría de insectos estarían en estado larval, donde la mayor precipitación permite el crecimiento de tejido vegetal del cual se estarían alimentando la gran mayoría de hospederos y presas sean estos Lepidópteros, dípteros, Coleópteros etc (Audusseau, H., et.al, 2020; Ward, S., et.al, 2021; Guo, Q., et.al, 2022). aunque este patrón podría estar ocurriendo está claro que investigaciones adicionales son necesarias. Finalmente, el tipo de vegetación o cobertura vegetal también tiene una influencia sobre los factores ambientales y por ende sobre los organismos que ahí habitan (Wang, L., Hou, H., Weng, J., 2020; Wang, X., et al, 2021), esto se consideró en análisis preliminares, pero se encontró que era poco significativo por lo tanto no se incluyó en esta investigación.

Los resultados de nuestra investigación claramente muestran la necesidad de estudiar la biodiversidad urbana, y sobresaltan la importancia de enfocar este tipo de estudios en organismos megadiversos e importantes como los insectos.

CAPÍTULO 4

Conclusiones.

Como conclusión dentro de esta investigación sobre la riqueza y la composición de Hymenoptera en una zona periurbana al norte de la ciudad de Cuenca en un jardín residencial y su correlación con las variables ambientales de temperatura y humedad relativa a lo largo del tiempo (mayo de 2020 hasta abril de 2021), se determinó que existe una relación entre la abundancia y por ende en la riqueza, se determinó la composición de las familias de Hymenoptera durante estos meses y se las analizó con las variables climáticas; se identificó que la mayor relación es con la temperatura y con la interacción de humedad y temperatura, además de existir un cambio significativo durante los meses, lo cual nos permite concluir que existe una estacionalidad marcada de los insectos del orden Hymenoptera en este tipo de ecosistemas y que esta se correlaciona con la estacionalidad climática (estaciones seca y lluviosa); además se identificó que las familias más abundantes fueron aquellas que pertenecían al gremio trófico de parasitoides que es el más abundante dentro del orden Hymenoptera siendo la familia más abundante Mymaridae con 1401 individuos seguida por Pteromalidae con 1221; en relación a polinizadores la familia de abejas Halictidae con 21 individuos, y Colletidae con 34 individuos, fueron las más abundantes. Finalmente, frente a los cambios drásticos dados por el crecimiento urbano es importante profundizar los estudios referentes a la composición y diversidad de los ambientes urbanos en especial de jardines urbanos así mismo como conocer su historia natural y ecología, para así promover la conservación de los mismos como parte fundamental de la biodiversidad urbana.

CAPÍTULO 5

Recomendaciones.

El acelerado crecimiento urbano puede tener una repercusión en el comportamiento dentro de los ecosistemas esto debido a que cada especie y familia cumple un rol determinado en el hábitat en el que se encuentra es por tanto fundamental el estudio de la diversidad, riqueza, abundancia y composición de insectos ya que es de gran importancia para la ecología y mucho más para la conservación de los hábitats en sí; por ello y debido al crecimiento de las actividades antropogénicas tales como el crecimiento de la urbe es que muchos autores recomiendan el uso de jardines urbanos dentro de las casas (Philpott, S. M., et.al, 2019; Lanner, J., et.al, 2020; Prendergast, K. S., et.al, 2022), además de las zonas verdes como cercas vivas, parques, aceras con vegetación que permitan lo que se conoce como parches dentro de la matriz que se conoce como la ciudad, ya que estos permiten el flujo de las poblaciones y con ellos el intercambio de genes evitando la extinción de muchas poblaciones (Vega, K. A., & Küffer, C., 2021); sin embargo, es importante tener en cuenta el tipo de vegetación presente dentro en estos parches ya que deben cumplir con los requerimientos en estructura y funcionalidad e incorporar plantas nativas. Es por esto que recomendamos que se realicen más estudios en diferentes coberturas vegetales en zonas con jardines residenciales para determinar el nivel en el cual estos afectan la composición y la diversidad de los insectos. El área de nuestro estudio presenta en su gran mayoría plantas introducidas, por lo que estudios en diferentes composiciones vegetales ayudan a tener una idea más clara de los patrones aquí identificados. Por último, en nuestro estudio se usaron solo dos trampas, consideramos necesario incluir más trampas, en diferentes lugares y durante un tiempo más prolongado, solo de esta manera tendremos una cobertura espacial y temporal más adecuada, lo que nos permitirá generalizar nuestros resultados.

REFERENCIAS.

1. Andrew, N. R., Hill, S. J., Binns, M., Bahar, M. H., Ridley, E. V., Jung, M. P., ... & Khusro, M. (2013). Assessing insect responses to climate change: What are we testing for? Where should we be heading?. *PeerJ*, 1, e11.
2. Angilletta MJ , Sears MW . 2011. Coordinar esfuerzos teóricos y empíricos para comprender los vínculos entre organismos y ambientes. *Biología integrativa y comparada* 51 :653-661.
3. Adams, B. J., Li, E., Bahlai, C. A., Meineke, E. K., McGlynn, T. P., & Brown, B. V. (2020). Local-and landscape-scale variables shape insect diversity in an urban biodiversity hotspot. *Ecological Applications*, 30(4), e02089.
4. Andrade, R., Bateman, H. L., & Kang, Y. (2017). Seasonality and land cover characteristics drive aphid dynamics in an arid city. *Journal of Arid Environments*, 144, 12-20.
5. Audusseau, H., Baudrin, G., Shaw, M. R., Keehnen, N. L., Schmucki, R., & Dupont, L. (2020). Ecology and genetic structure of the parasitoid *Phobocampe confusa* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in relation to its hosts, *Aglais* species (Lepidoptera: Nymphalidae). *Insects*, 11(8), 478.
6. Barrett, M. R. (2022). Alternative Reproductive Tactics Associated with Variable Sensory Biology and Thermal Physiology in Male *Centris pallida* (Hymenoptera: Apidae) Bees (Doctoral dissertation, Drexel University).
7. Baltazar, H. (2016). Factores climáticos que influyen en la diversidad de insectos en *Spartium junceum* L. (Fabales: Fabaceae). *Prospectiva Universitaria*, 13(1-2), 30-48.
8. Braschler, B., Gilgado, JD, Zwahlen, V., Rusterholz, HP, Buchholz, S. y Baur, B. (2020). Diversidad de invertebrados terrestres en jardines domésticos a lo largo de un gradiente urbano-rural: las características del paisaje son más importantes que las características del jardín. *PloS uno*, 15 (10), e0240061.
9. Brasil, LS, Luiza-Andrade, A., Calvão, LB, Dias-Silva, K., Faria, APJ, Shimano, Y., ... y Juen, L. (2020). Insectos acuáticos y sus predictores ambientales: un estudio cuantitativo centrado en el monitoreo ambiental en el medio lótico. *Monitoreo y evaluación ambiental*, 192 (3), 1-10.
10. Blatt, S., & Hiltz, K. (2021). A New Look at Cultivar Preference in *Hoplocampa testudinea* (Hymenoptera: Tenthredinidae) on Apple in the Annapolis Valley of Nova Scotia, Canada. *Insects*, 12(9), 769.

11. Brown, B. V., & Hartop, E. A. (2017). Big data from tiny flies: patterns revealed from over 42,000 phorid flies (Insecta: Diptera: Phoridae) collected over one year in Los Angeles, California, USA. *Urban Ecosystems*, 20(3), 521-534.
12. Boyes, DH, Evans, DM, Fox, R., Parsons, MS y Pocock, MJ (2021). El alumbrado público tiene impactos perjudiciales en las poblaciones locales de insectos. *Science Advances* , 7 (35), eabi8322.
13. Castañeda, H. B. (2015). Cambio climático y diversidad de insectos en el Valle del Mantaro. *Convicciones*, 2(1), 57-71.
14. Cameron SA, Lozier JD, Strange JP, Koch JB, Cordes N, et al. (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proc Natl Acad Sci* 108: 662-667.
15. Cabrera-Córdoba, S. P., Gutiérrez-Torres, J. D., & Restrepo-Manrique, R. (2021). Effects of environmental variables on the composition of ants (Hymenoptera: Formicidae) in Amazonian foothills forest. *Iteckne*, 18(1), 57-70.
16. Casanelles-Abella, J., Chauvier, Y., Zellweger, F., Villiger, P., Frey, D., Ginzler, C., ... & Pellissier, L. (2021). Applying predictive models to study the ecological properties of urban ecosystems: A case study in Zürich, Switzerland. *Landscape and Urban Planning*, 214, 104137.
17. Cuartas, A. M. M. (2009). Redes ecológicas en la estructura urbana de la ciudad de Medellín (Colombia). *Cuadernos de Investigación Urbanística*, (65).
18. Cuartas, A. M. M. (2014). Redes ecológicas en la estructura urbana de la ciudad de Medellín (Colombia). *Boletín CF+ S*, (42/43), 69-78.
19. Delphia, C., & Griswold, T. (2021). First records, phenology, habitat, and host-plant associations of *Macrotera opuntiae* (Cockerell)(Hymenoptera: Andrenidae) in Montana. *Journal of Melittology*, (102).
20. Eckerter, T., Braunisch, V., Pufal, G., & Klein, A. M. (2022). Small clear-cuts in managed forests support trap-nesting bees, wasps and their parasitoids. *Forest Ecology and Management*, 509, 120076.
21. Eggleton, P. (2020). The State of the World's Insects. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 61-82.
22. Fattorini, S. (2011). Insect extinction by urbanization: a long term study in Rome. *Biological Conservation*, 144(1), 370-375.
23. Fisher, J. J., Rijal, J. P., & Zalom, F. G. (2021). Temperature and humidity interact to influence brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae), survival. *Environmental Entomology*, 50(2), 390-39

24. Goulet, H., & Huber, J. T. (1993). Hymenoptera of the world: and identification guide to families (No. 595.79 G8).
25. Gould, J. R., Warden, M. L., Slager, B. H., & Murphy, T. C. (2020). Host overwintering phenology and climate change influence the establishment of *Tetrastichus planipennis* Yang (Hymenoptera: Eulophidae), a larval parasitoid introduced for biocontrol of the Emerald ash borer. *Journal of Economic Entomology*, 113(6), 2641-2649.
26. Gols, R., Ojeda-Prieto, L. M., Li, K., van Der Putten, W. H., & Harvey, J. A. (2021). Within-patch and edge microclimates vary over a growing season and are amplified during a heatwave: Consequences for ectothermic insects. *Journal of Thermal Biology*, 99, 103006.
27. González-Tokman, D., Córdoba-Aguilar, A., Dáttilo, W., Lira-Noriega, A., Sánchez-Guillén, R. A., & Villalobos, F. (2020). Insect responses to heat: physiological mechanisms, evolution and ecological implications in a warming world. *Biological Reviews*, 95(3), 802-821.
28. Guo, Q., Meng, L., Fei, M., & Li, B. (2022). Oviposition and development of the gregarious parasitoid *Homalotylus eytelweinii* (Hymenoptera: Encyrtidae) in relation to host stage of predaceous ladybirds. *Biocontrol Science and Technology*, 32(4), 455-466.
29. Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *science*, 319(5864), 756-760.
30. Hamblin, A. L., Youngsteadt, E., López-Uribe, M. M., & Frank, S. D. (2017). Physiological thermal limits predict differential responses of bees to urban heat-island effects. *Biology letters*, 13(6), 20170125.
31. Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, +ofland N, et al. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one* 12: e0185809.
32. Hill, G. M., Kawahara, A. Y., Daniels, J. C., Bateman, C. C., & Scheffers, B. R. (2021). Climate change effects on animal ecology: butterflies and moths as a case study. *Biological Reviews*.
33. Herrera, J. M. (2011). El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Revista Ecosistemas*, 20(2-3).

34. Henríquez-Piskulich, P., Villagra, C. A., & Vera, A. (2020). Native bees of high Andes of Central Chile (Hymenoptera: Apoidea): biodiversity, phenology and the description of a new species of *Xeromelissa* Cockerell (Hymenoptera: Colletidae: Xeromelissinae). *PeerJ*, 8, e8675.
35. Ikhsan, Z., & Oktavia, A. (2021). Diversity and Composition of Hymenoptera Around Tidal Swamp Rice In Indragiri Hilir District, Indonesia. *Andalasian International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2(02), 13-20
36. Ikhsan, Z. (2022). Diversity of Hymenoptera parasitoid species in rice cultivation and their correlation with environmental factors in tidal swamp land. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(5).
37. Jacques, G. C., Francisco, S. C., & Silveira, L. C. P. (2022). First record of *Elasmus polistis* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of *Polistes versicolor* (Hymenoptera: Vespidae), in Minas Gerais, Brazil. *Sociobiology*, 69(1), e7678-e7678.
38. Jeavons, E., van Baaren, J., Le Ralec, A., Buchard, C., Duval, F., Llopis, S., ... & Le Lann, C. (2022). Third and fourth trophic level composition shift in an aphid–parasitoid–hyperparasitoid food web limits aphid control in an intercropping system. *Journal of Applied Ecology*, 59(1), 300-313.
39. Jerbi-Elayed, M., Tougeron, K., Grissa-Lebdi, K., & Hance, T. (2022). Effect of developmental temperatures on *Aphidius colemani* host-foraging behavior at high temperature. *Journal of Thermal Biology*, 103, 103140.
40. Lanterman, J., Reeher, P., Mitchell, R. J., & Goodell, K. (2019). Habitat preference and phenology of nest seeking and foraging spring bumble bee queens in northeastern North America (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*). *The American Midland Naturalist*, 182(2), 131-159.
41. Lanner, J., Kratschmer, S., Petrović, B., Gaulhofer, F., Meimberg, H., & Pachinger, B. (2020). City dwelling wild bees: how communal gardens promote species richness. *Urban Ecosystems*, 23(2), 271-288.
42. Levi-Mourao, A., Madeira, F., Meseguer, R., García, A., & Pons, X. (2021). Effects of temperature and relative humidity on the embryonic development of *Hypera postica* Gyllenhal (Col.: Curculionidae). *Insects*, 12(3), 250.
43. Loram, A., Thompson, K., Warren, P. H., & Gaston, K. J. (2008). Urban domestic gardens (XII): the richness and composition of the flora in five UK cities. *Journal of Vegetation Science*, 19(3), 321-330.

44. Matovelle, C., Andreo, B., & Mudarra, M. (2021). Análisis de la influencia de la altitud en los eventos de máxima precipitación en una cuenca del Pacífico: tendencias y variabilidad. *Información tecnológica*, 32(6), 3-12.
45. Matsubara, N., Goto, A., Uchida, K., & Sasaki, T. (2021). Patterns of flower-visiting insects depend on flowering phenological shifts along an altitudinal gradient in subalpine moorland ecosystems.
46. Medrano, L. E. C. (2011). Biodiversidad y selección de artrópodos bioindicadores de tres tipos de manejo forestal en el sur de Quintana Roo (Doctoral dissertation, El Colegio de la Frontera Sur).
47. Mederos-López, J. L., Mata-Casanova, N., & Pujade-Villar, J. (2012). Fenología anual y actividad nictemeral de los Hymenoptera (Insecta) en un bosque mixto mediterráneo. *Orsis: organismes i sistemes*, 201-225.
48. Meuti, M. E., & Short, S. M. (2019). Physiological and environmental factors affecting the composition of the ejaculate in mosquitoes and other insects. *Insects*, 10(3), 74.
49. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2013). Mapa de isoyetas e isotermas del Ecuador. Escala 1:25000. Ecuador.
50. Mirth, C. K., Saunders, T. E., & Amourda, C. (2021). Growing up in a changing world: environmental regulation of development in insects. *Annual Review of Entomology*, 66, 81-99.
51. Montgomery, G. A., Belitz, M. W., Guralnick, R. P., & Tingley, M. W. (2021). Standards and best practices for monitoring and benchmarking insects. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 513.
52. Mugabo, M., Gilljam, D., Petteway, L., Yuan, C., Fowler, M. S., & Sait, S. M. (2019). Environmental degradation amplifies species' responses to temperature variation in a trophic interaction. *Journal of Animal Ecology*, 88(11), 1657-1669.
53. Murray, E. A., Evanhoe, L., Bossert, S., Geber, M. A., Griswold, T., & McCoshum, S. M. (2021). Phylogeny, Phenology, and Foraging Breadth of *Ashmeadiella* (Hymenoptera: Megachilidae). *Insect Systematics and Diversity*, 5(3), 3.
54. McIntyre NE (2000) Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Ann Entomol Soc Am* 93:825-835.
55. McGlynn, T. P., Meineke, E. K., Bahlai, C. A., Li, E., Hartop, E. A., Adams, B. J., & Brown, B. V. (2019). Temperature accounts for the biodiversity of a hyperdiverse group of insects in urban Los Angeles. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1912), 20191818.

56. Nieves-Aldrey, J. L., Fontal-Cazalla, F., & Fernández, F. (2006). Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Universidad Nacional de Colombia.
57. Nuñez-Penichet, C., Osorio-Olvera, L., Gonzalez, V. H., Cobos, M. E., Jiménez, L., DeRaad, D. A., ... & Soberon, J. (2021). Geographic potential of the world's largest hornet, *Vespa mandarinia* Smith (Hymenoptera: Vespidae), worldwide and particularly in North America. *PeerJ*, 9, e10690.
58. Oberprieler, S. K., & Andersen, A. N. (2020). The importance of sampling intensity when assessing ecosystem restoration: ants as bioindicators in northern Australia. *Restoration Ecology*, 28(4), 737-741.
59. Pascual, S., Rescia, A. J., Ondul, B. A., Paul, C., & Ortega, M. (2022). Effects of landscape structure on abundance and family richness of hymenopteran parasitoids in the olive agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 332, 107914.
60. Pacheco Jr, P. S. M., Anjos, D. V., & Del-Claro, K. (2022). Natural history and daily rhythm activity of the myrmecophytic ant, *Pseudomyrmex concolor* Smith (Hymenoptera, Formicidae). *Insectes Sociaux*, 69(1), 81-92.
61. Parikh, G., Rawtani, D., & Khatri, N. (2021). Insects as an indicator for environmental pollution. *Environmental Claims Journal*, 33(2), 161-181.
62. *Perspectivas de Urbanización Mundial (WUP)*, Naciones Unidas (2018).
63. Petrice, T. R., Bauer, L. S., Miller, D. L., Poland, T. M., & Ravlin, F. W. (2021). A Phenology Model for Simulating *Oobius agrili* (Hymenoptera: Encyrtidae) Seasonal Voltinism and Synchrony With Emerald Ash Borer Oviposition. *Environmental Entomology*, 50(2), 280-292.
64. Prendergast, K. S., Tomlinson, S., Dixon, K. W., Bateman, P. W., & Menz, M. H. (2022). Urban native vegetation remnants support more diverse native bee communities than residential gardens in Australia's south west biodiversity hotspot. *Biological Conservation*, 265, 109408.
65. Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Childers, D. L., McDonnell, M. J., & Zhou, W. (2016). Evolution and future of urban ecological science: ecology in, of, and for the city. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(7), e01229.
66. Pérez Silva, E. R. (2021). Evaluación de la Fenología Reproductiva y Polinizadores de *Lophophora williamsii* (Lem. ex Salm-Dyck) JM Coult y *Thelocactus bicolor* (Galeotti ex Pfeiff.) Britton & Rose en Nuevo León y San Luis Potosí, México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

67. Philpott, S. M., Albuquerque, S., Bichier, P., Cohen, H., Egerer, M. H., Kirk, C., & Will, K. W. (2019). Local and landscape drivers of carabid activity, species richness, and traits in urban gardens in coastal California. *Insects*, 10(4), 112.
68. Pujade-Villar, J., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E. G., & Chagoyán-García, C. (2009). Estado del conocimiento de los Cynipini (Hymenoptera: Cynipidae) en México: perspectivas de estudio. *Neotropical Entomology*, 38(6), 809-821.
69. Parr, C. L., & Bishop, T. R. (2022). The response of ants to climate change. *Global Change Biology*, 28(10), 3188-3205.
70. Rasplus, JY, Villemant, C., Paiva, MR, Delvare, G. y Roques, A. (2010). Himenópteros.
71. Régnière, J., Seehausen, M. L., & Martel, V. (2020). Modeling climatic influences on three parasitoids of low-density spruce budworm populations. Part 1: *Tranosema rostrale* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Forests*, 11(8), 846.
72. Rico Aristizábal, G. I. (2022). Estado de conocimiento de estudios en abejas (Hymenoptera: apoidea) en Colombia, con énfasis en su ecología funcional.
73. Ritchie, M. W., Dawson, J. W., & MacMillan, H. A. (2021). A simple and dynamic thermal gradient device for measuring thermal performance in small ectotherms. *Current Research in Insect Science*, 1, 100005.
74. Soares Jr, H., & Oliveira, P. S. (2021). Foraging and Spatial Ecology of a Polydomous Carpenter Ant, *Camponotus leydigi* (Hymenoptera: Formicidae), in Tropical Cerrado Savanna: A Natural History Account. *Environmental Entomology*, 50(1), 19-27.
75. Savard J-PL, Clergeau P, Mennechez G (2000) Biodiversity concepts and urban ecosystems. *Landsc Urban Plann* 48:131-142.
76. Samways, MJ, Barton, PS, Birkhofer, K., Chichorro, F., Deacon, C., Fartmann, T., ... y Cardoso, P. (2020). Soluciones para la humanidad sobre cómo conservar insectos. *Conservación biológica*, 242 , 108427.
77. SENPLADES, (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo).(2014). Agenda Regional de Población y Desarrollo después del 2014 en Ecuador.
78. Smith RM, Gaston KJ, Warren PH, Thompson K (2006a) Urban domestic gardens (VIII): environmental correlates of invertebrate abundance. *Biodivers Conserv* 15:2515-2545.
79. Smith, R. M., Warren, P. H., Thompson, K., & Gaston, K. J. (2006). Urban domestic gardens (VI): environmental correlates of invertebrate species richness. *Biodiversity & Conservation*, 15(8), 2415-2438.

80. Smith, R. M., Gaston, K. J., Warren, P. H., & Thompson, K. (2006). Urban domestic gardens (VIII): environmental correlates of invertebrate abundance. *Biodiversity & Conservation*, 15(8), 2515-2545.
81. Sharkey, M. J. (2007). Phylogeny and classification of Hymenoptera. *Zootaxa*, 1668(1), 521-548.
82. Schachat, SR y Labandeira, CC (2021). ¿Se dirigen los insectos hacia su primera extinción masiva? Distinguir el volumen de negocios de las crisis en su registro fósil. *Anales de la Sociedad Entomológica de América*, 114 (2), 99-118.
83. Straka, TM, von der Lippe, M., Voigt, CC, Gandy, M., Kowarik, I. y Buchholz, S. (2021). La contaminación lumínica perjudica a los polinizadores nocturnos urbanos, pero menos en áreas con una gran cobertura de árboles. *Ciencia del medio ambiente total*, 778, 146244.
84. Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, 12(5), 440.
85. Terry, TJ y Nelson, CR (2018). Composición y abundancia estacional de moscas flotantes (Diptera: Syrphidae) en un sitio de elevación media en el centro de Utah. *Naturalista occidental de América del Norte*, 77 (4), 487-499.
86. Trietsch, C. y Decanos, AR (2018). El código de los coleccionistas de insectos. *Entomólogo estadounidense*, 64 (3), 156-158.
87. Thomazini, M. J.; Thomazini, A. P. B. W. (2002). Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano. Rio Branco: Embrapa Acre, 41 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).
88. Van de Ven, TM, Fuller, A. y Clutton - Brock, TH (2020). Efectos del cambio climático en el crecimiento y la supervivencia de las crías en un mamífero cooperativo, el suricato. *Ecología funcional*, 34 (1), 194-202.
89. Vega, K. A., & Küffer, C. (2021). Promoting wildflower biodiversity in dense and green cities: The important role of small vegetation patches. *Urban Forestry & Urban Greening*, 62, 127165.
90. Ward, S., Umina, P. A., Polaszek, A., & Hoffmann, A. A. (2021). Taxonomy, distribution and host relationships of aphidiine wasps (Hymenoptera: Aphidiidae) parasitizing aphids (Hemiptera: Aphididae) in Australian grain production landscapes. *bioRxiv*.

91. Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D. A., François, R., ... & Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of open source software*, 4(43), 1686.
92. Wickham, H., & Grolemund, G. (2016). *R for data science: import, tidy, transform, visualize, and model data*. " O'Reilly Media, Inc."
93. Zachary Lahey (2021). Key to extant families of Proctotrupeoidea (Hymenoptera: Proctotrupomorpha). U.S. Vegetable Laboratory, USDA-ARS Charleston, South Carolina, USA.
94. Zhang, Y., Yang, Z., & Yu, X. (2006). Measurement and evaluation of interactions in complex urban ecosystem. *Ecological Modelling*, 196(1–2), 77–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.02.001>
95. Zhang, P., Li, Y., Jing, W., Yang, D., Zhang, Y., Liu, Y., ... & Qin, M. (2020). Comprehensive assessment of the effect of urban built-up land expansion and climate change on net primary productivity. *Complexity*, 2020.
96. Zuluaga, G. J. C., Muñoz, J. L. V., & Zuluaga, I. N. M. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta biológica colombiana*, 22(3), 379-393.
97. Zhang, J., Heraty, J. M., Darling, C., Kresslein, R. L., Baker, A. J., Torrén, J., ... & Moriarty Lemmon, E. (2022). Anchored phylogenomics and a revised classification of the planidial larva clade of jewel wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Systematic Entomology*.

ANEXOS.

Anexo 1: tabla de datos de variables climáticas sintetizadas a nivel mensual.

Mes	Año	temp_min	temp_max	protem_mes	hr_max	hr_min	prohr_mes
Ma	2020	16,83	17,45	17,09	67,71	68,95	68,34
Jun	2020	16,04	16,46	16,36	65,05	66,36	65,71
Jul	2020	14,48	15,22	15,42	64,48	73,85	72,11
Ago	2020	15,04	15,53	15,60	58,72	60,54	59,60
Sep	2020	14,71	14,68	14,71	67,32	69,48	68,39
Oct	2020	15,61	15,78	15,53	63,91	66,34	65,12
Nov	2020	16,05	16,69	16,50	60,31	62,75	61,48
Dic	2020	15,53	16,78	16,48	79,72	82,74	81,14
Ene	2021	15,22	16,79	16,50	78,51	81,68	79,78
Feb	2021	16,78	17,36	17,07	76,14	78,22	77,12
Mar	2021	15,00	16,71	15,50	80,41	83,40	80,20
Abr	2021	15,48	16,56	16,00	79,52	83,01	80,92