UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA VIDA

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO (A) AMBIENTAL

TEMA:

"INVERTEBRADOS EDÁFICOS COMO POTENCIALES INDICADORES DE CAMBIO CLIMÁTICO EN BOSQUES AMAZÓNICOS DEL ECUADOR"

AUTOR:

GARCÍA BARRAGÁN JAIME FABIÁN

DIRECTOR:

ING. RÍOS GUAYASAMÍN PEDRO DAMIÁN, M.Sc.

PUYO-ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe GARCÍA BARRAGÁN JAIME FABIÁN con C.I. 1750236778, hace constar que es autor/a del Proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "Invertebrados edáficos como potenciales indicadores de cambio climático en bosques amazónicos del Ecuador", el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Ing. RIOS GUAYASMÍN PEDRO DAMIÁN, M.Sc. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 22 días del mes de septiembre del 2020



García Barragán Jaime Fabián
C.I: 1750236778

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "Invertebrados edáficos como potenciales indicadores de cambio climático en bosques Amazónicos del Ecuador".

M. Sc. Edgar Rubén Chicaiza Reinacho
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Marlon Núñez Castro
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

M. Sc. Carolina García Ahijado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI-PLAGIO

Quien suscribe el presente Ing. Ríos Guayasamín Pedro Damián, M.Sc. con CI: 1716132590 certifica que el proyecto de investigación titulado: "Invertebrados edáficos como potenciales indicadores de cambio climático en bosques amazónicos del Ecuador", ha sido examinado a través del sistema antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud de 0%.

En el cantón Pastaza a 22 días del mes de septiembre del 2020



Ing. Pedro Damián Ríos Guayasamín, M.Sc.

Director del Proyecto de Investigación

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco al ser supremo sobre todas las cosas porque con su amor omnipotente me llena de Fé para forjar mi destino y alcanzar mis metas.

A mi madre por ser valiente y luchadora, por motivarme y apoyarme incondicionalmente en lo emocional y económico.

Agradezco de manera especial a mi tutor del proyecto Pedro Ríos, por brindarme sus conocimientos y experiencias de vida, no solo en la ejecución del proyecto, sino, también en el diario vivir.

A mis maestros de carrera que supieron hacer bien su trabajo de enseñar y de manera personal a Ricardo Abril que a más de ser un docente es un gran amigo, por compartir sus experiencias y conocimientos conmigo.

A mis amigos y compañeros que de manera directa o indirecta me apoyaron para cumplir mis metas.

Jaime Fabián García Barragán

DEDICATORIA

A mi madre Vilma Barragán

Por darme la vida, cuidarme con amor y paciencia, por sus sabias enseñanzas para forjar en mi vida un camino de buenos principios, por ser mi motor de motivación y demostrarme que todo se puede logar con esfuerzo, dedicación y honestidad.

A mis hermanas Claudia y Alejandra García

Por ser parte de mi vida y apoyarme incondicionalmente en las buenas y malas con amor y cariño, por darme su ejemplo de superación para seguir adelante a pesar de los obstáculos que se atraviesan, son mis héroes.

A mi tía-abuela Dina Bósquez

Por darme ese amor de abuela que nunca tuve, por preocuparse de mi bienestar y los buenos consejos que me supo dar, por dedicar su tiempo con amor y paciencia y demostrarme siempre su confianza en mí, eres y serás siempre mi abudina.

Jaime Fabián García Barragán

RESUMEN

El cambio climático es una problemática global que no solo afecta el ámbito ambiental sino también el social y el económico. Debido a las acciones antrópicas, los bosques tropicales húmedos se han visto drásticamente afectados a nivel ecosistémico por el incremento de la temperatura y los cambios en la frecuencia e intensidad de las lluvias, por eso, es necesario evaluar mediante bioindicadores como estos cambios globales influyen en el grupo de invertebrados. El presente estudio tuvo como objetivo determinar los órdenes de invertebrados como potenciales indicadores de cambio climático en un gradiente altitudinal de bosque primario húmedo tropical, que se llevó a cabo en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) mediante la aplicación de cinco transectos lineales a 550, 650, 727, 816 y 850 msnm. Para el muestreo se colocaron seis trampas de caída pitfall por cada gradiente altitudinal y se instaló un sensor de temperatura data logger Elitech RC-5 en cada transecto a cinco cm del suelo para obtener datos de temperatura a cada hora y HRmin. Los invertebrados colectados pertenecen a 11 órdenes, algunos como: Hymenoptera 52%, Blattodea 12 % y Poduromorpha 7 %, y a nivel de sub orden 7 taxones, tales como: Formicidae 79 % e Isoptera 17 %. Con el Análisis multivariado, en relación a los invertebrados con las variables ambientales (temperatura, Hrmin, altura), las más significativas fueron insectos&altura ($p = 0.002$) órdenes y ($p = 0.001$) subórdenes. En insectos&TminC ($p = 0.001$) órdenes y ($p = 0.004$) subórdenes, donde los más significativos fueron Poduromorpha, Entomobryomorpha y Heteroptera. De esta forma, se concluye que estos invertebrados son indicadores biológicos por su gran receptividad a cambios en sus hábitats y útiles en para entender la influencia del cambio climático sobre estos organismos en bosques tropicales húmedos.

Palabras clave: Cambio Climático, Invertebrados, temperatura, altitud

ABSTRAC

Climate change is a global problem that not only affects the environmental sphere but also the social and economic one. Due to anthropic actions, humid tropical forests have been drastically affected at the ecosystem level by the increase in temperature and changes in the frequency and intensity of rains, for this reason it is necessary to evaluate through bioindicators how these global changes influence the group of invertebrates. The present study aimed to determine the orders of invertebrates as potential indicators of climate change in an altitudinal gradient of primary humid tropical forest, which was carried out at the Center for Postgraduate Research and Amazon Conservation (CIPCA) through the application of five transects linear at 550, 650, 727, 816 and 850 meters above sea level. For sampling, six pitfall traps were placed for each altitudinal gradient and an Elitech RC-5 data logger temperature sensor was installed in each transect five cm from the ground to obtain hourly temperature data and HRmin. The invertebrates collected belong to 11 orders, some as: Hymenoptera 52%, Blattodea 12% and Poduromorpha 7%, and at the sub-order level 7 taxa, such as: Formicidae 79% and Isoptera 17%. With the multivariate analysis, in relation to the invertebrates with the environmental variables (temperature, Hrmin, height), the most significant were insects & height ($p = 0.002$) orders and ($p = 0.001$) suborders. In insects & TminC ($p = 0.001$) orders and ($p = 0.004$) suborders, where the most significant were Poduromorpha, Entomobryomorpha and Heteroptera. In this way, it is concluded that these invertebrates are biological indicators due to their great receptivity to changes in their habitats and useful in understanding the influence of climate change on these organisms in humid tropical forests.

Keywords: Climate Change, Invertebrates, temperature, altitude

Tabla de Contenidos

CAPÍTULO I 1
1 INTRUDUCCIÓN 1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
1.2 JUSTIFICACIÓN 4
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 5
1.4 OBJETIVOS 6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL 6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6
CAPÍTULO II 7
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN 7
2.1 MARCO TEÓRICO 7
2.1.1 BOSQUES HUMEDOS TROPICALES EN EL MUNDO 7
2.1.2 BOSQUES TROPICALES EN ECUADOR 8
2.1.3 FUNCIONES PRIMARIAS DE LOS BOSQUES TROPICALES 8
2.1.4 CONTRIBUCIÓN DE LOS BOSQUES TROPICALES AL DESARROLLO SOSTENIBLE 9
2.1.5 ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO? 10
2.1.6 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS BOSQUES TROPICALES 10
2.1.7 CAMBIO CLIMÁTICO LIGADO A LA DEFORESTACIÓN EN LA AMAZONÍA. 11
2.1.8 BIOTURBADORES 12
2.1.9 CLASIFICACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA 13
2.1.10 ¿CÓMO INFLUYE LA DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AMAZÓNICOS EN INVERTEBRADOS? 13
2.1.11 CARACTERÍSTICAS DE LA MACROFAUNA PARA SU USO COMO INDICADOR BIOLÓGICO 14
2.1.12 MACROFAUNA DEL SUELO Y SU POTENCIAL COMO INDICADOR BIOLÓGICO 15

2.1.13 TÉCNICAS DE MUESTREO Y MINITOREO DE MACROFAUNA DEL SUELO 15
CAPÍTULO III 16
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 16
3.1 LOCALIZACIÓN 16
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN 17
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 17
3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN 17
3.4.1 FASE DE CAMPO 17
3.4.2 FASE DE LABORATORIO 20
3.4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO 21
CAPÍTULO IV 22
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS 22
4.1 ANÁLISIS DE INVERTEBRADOS EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL 22
4.1.1 ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABUNDANCIA DE LOS ÓRDENES DE INVERTEBRADOS EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DE BOSQUE PRIMARIO HÚMEDO TROPICAL. 22
4.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LOS ÓRDENES DE LAS ESPECIES DE INVERTEBRADOS Y LAS VARIABLES AMBIENTALES. 27
4.2.1 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LOS sub-ÓRDENES DE LAS ESPECIES DE INVERTEBRADOS Y LAS VARIABLES AMBIENTALES. 30
CAPÍTULO V 34
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 34
5.1 CONCLUSIONES 34
5.2 RECOMENDACIONES 35
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 36
7 ANEXOS 44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Extensión de los bosques productivos e improductivos en las zonas tropicales húmedas. 7
Tabla 2. Estructura de la etiqueta de las muestras con la información de identificación. 19
Tabla 3. Análisis estadístico multivariado entre los órdenes insectos y altura, utilizando el paquete mvabund en el software R. 29
Tabla 4. Análisis estadístico multivariado entre órdenes de insectos y temperatura mínima, utilizando el paquete mvabund en el software R. 29
Tabla 5Análisis estadístico multivariado entre órdenes de insectos y humedad relativa mínima, utilizando el paquete mvabund en el software R. 30
Tabla 6. Análisis estadístico multivariado entre los subórdenes insectos y la altura, utilizando el paquete mvabund en el software R. 32
Tabla 7. Análisis estadístico multivariado entre los subórdenes insectos y la temperatura mínima, utilizando el paquete mvabund en el software R. 32
Tabla 8. Análisis estadístico multivariado entre los subórdenes de insectos y la Humedad relativa mínima, utilizando el paquete mvabund en el software R. 33
Anexo 1. Tabla 9. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los órdenes de insectos y altura. 44
Anexo 2. Tabla 10. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los órdenes de insectos y temperatura mínima 45
Anexo 3. Tabla 11. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los órdenes de insectos y Humedad relativa mínima. 46
Anexo 4. Tabla 12. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los sub-órdenes de insectos y altura. 47
Anexo 5. Tabla 13. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los sub-órdenes de insectos y temperatura mínima. 47
Anexo 6. Tabla 14. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los sub-órdenes de insectos y Humedad relativa mínima..... 48
Anexo 7 Tabla 15. Análisis de redundancia canónica entre los órdenes de las especies de invertebrados y las variables ambientales en el eje X y Y. 49

Anexo 8. Tabla 16. Análisis de redundancia canónica entre los sub-órdenes de las especies de invertebrados y las variables ambientales en el eje X y Y. ..... xii 50
Anexo 9. Tabla 17. Matriz de las variables ambientales y datos de coleta de dos replicas en agosto de 2019. 44
Anexo 10. Tabla 18. Clasificación taxonómica de los invertebrados edáficos. 46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo, bosque primario CIPCA. 16
Figura 2. Distribución de trampas para macrofauna edáfica en los transectos lineales a lo largo de las gradientes altitudinales. 18
Figura 3. Materiales para la elaboración e instalación de trampa Pitfall para invertebrados edáficos. 19
Figura 4. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 550 msnm en el CIPCA. 23
Figura 5. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 660 msnm en el CIPCA 23
Figura 6. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 727 msnm en el CIPCA. 24
Figura 7. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 816 msnm en el CIPCA. 25
Figura 8. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 856 msnm en el CIPCA. 26
Figura 9. Comparación de los órdenes de invertebrados correspondiente a las variables ambientales. 27
Figura 10. Comparación de los sub-órdenes de invertebrados correspondiente a las variables ambientales. 30

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Media aritmética de temperatura diaria. 20
Ecuación 2.Cálculo de la humedad relativa mínima..... 20
Ecuación 3. Presión de saturación de vapor (e° (T)) para diferentes temperaturas (T). 20

CAPÍTULO I

1 INTRUDUCCIÓN

El cambio climático es un tema muy controversial y está expuesto en la agenda de casi todos los países del mundo por la importancia que tienen los cambios globales que está sufriendo en planeta. (Toulkeridis *et al.,* 2020). Estos impactos requieren de acciones inmediatas ya que está afectando directamente a la naturaleza, a la sociedad, a la economía y a la alimentación (Noboa, 2010). La falta de conocimiento ha creado complejidad al abordar esta temática, debido a que, investigaciones hacia este enfoque son limitados y en la actualidad los tipos de consumo y la actividad antropogénica hacen de esta situación aún más difícil de entender. Sin embargo, los hechos no se hacen esperar y existe investigaciones que ratifican que el cambio climático se viene dando de hace décadas atrás y se dirige hacia un rumbo sin retorno (World Bank, 2016).

Tomando en cuenta los últimos datos en el 2016 sobre las emisiones de dióxido de carbono se registran, a China como el principal emisor con un aproximado de 9060 megatones métricos (MT), segundo Estados Unidos con 4900 MT, seguido por India, Rusia y Japón. Según el informe de la IPCC, (2013) las concentraciones de gases de efecto invernadero GEI están en incremento y por ello, la temperatura del planeta aumenta, el nivel de hielo disminuye y el nivel de los océanos están aumentado.

Con el incremento de los GEI como el dióxido de carbono, metano y oxido de nitroso ocasionan que el planeta retenga la energía de la radiación solar y gradualmente caliente la atmosfera y océanos, en los últimos años la temperatura se elevó en aproximadamente un promedio de 0,85°C, las consecuencias se evidencian en las alteraciones funcionales de los sistemas terrestres y dando paso al cambio climático (Poma, 2019).

El planeta es tanto un generador como un sumidero de GEI y su rol es clave en el intercambio entre la superficie terrestre y la atmosfera de energía, agua y gases. La vulnerabilidad que tienen los ecosistemas y la biodiversidad al cambio climático y a los efectos hidrometeorológicos externos incide en la productividad y resiliencia de los bosques tropicales húmedos (Lázaro, 2020).

Una manera de mitigar los efectos del cambio climático es implementar medidas de gestión sostenibles de manera que involucre las funciones de los servicios ecosistémicos, servicios reguladores y culturales para obtener mayores beneficios, mejor productividad, una baja degradación de los suelos y el ambiente (Becerra, 2018). En la agenda 2030 declarado por la ONU en vista de la urgente necesidad de reducir la pobreza y frenar los efectos del cambio climático, se propone objetivos de desarrollo sostenible (Bárcena & Prado, 2017). El Ecuador en su visión por adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos orienta sus esfuerzos en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, implementando soluciones climáticas de innovación, que vinculen una eficiencia energética en todos los procesos de producción. Además, incluyen acciones del buen manejo de los recursos hídricos y áreas de conservación natural (SETPE, 2019).

Los bosques tropicales son grandes sumideros de carbono y hábitats de la mayor diversidad de flora y fauna del mundo y con la progresiva deforestación, cambios de uso de suelo, extracción de petróleo y otros metales, se generan extinciones masivas sin precedentes (Wasserstrom, 2013). La liberación de este carbono a la atmosfera es el aporte más grande que provoca alteraciones globales en clima, en la intensidad y frecuencia de las lluvias y alteraciones en los periodos de sequía (Correa, 2020).

Con la degradación contínua de los bosques húmedos tropicales y su funcionalidad ecológica, en servicios ecosistémicos disminuye la productividad de sostener y albergar a especies que dependen de él (Sierra, 2013). Debido a estas alteraciones las poblaciones de flora y fauna se someten a adaptaciones evolutivas drásticas y muchas de ellas se encuentras dentro de la lista roja de la UICN (Jara, 2015).

El grupo de los invertebrados quizá es el más abundante en todos los bosques del mundo por su gran diversidad de especies y adaptación a todos los ecosistemas del planeta (Andrew & Dunlop, 2003). Esta diversidad de especies permite a este grupo tan numeroso tomarlo en cuenta en investigaciones de conservación y cambio climático, ya que, son organismos muy receptivos a cambios o alteraciones de sus hábitats (Hoyle & Harborne, 2005). Los insectos cumples diversas funciones ecológicas dentro de un ecosistema, tales como: depredadores porque su alimentación se basa en otros organismos, detritívoros

porque su función es descomponer la materia vegetal, fitófagos y rizófagos, geófagos, omnívoros y parásitos (Hernández *et al., 2003).*

La interacción de invertebrados y el suelo es fundamental para el bienestar de un ecosistema, ya que, por medio de estos existe un ciclo continuo de nutrientes y enriquecimiento del suelo (Castro & Espinosa, 2016). La falta de invertebrados en los bosques tropicales ocasionaría un desequilibrio total en la biodiversidad, dada las funciones ecológicas que cumplen, se les atribuye el trabajo importante de polinizadores para las poblaciones vegetales y sin estas interacciones las plantas no tendrían ninguna oportunidad de supervivencia (Potts *et al.,* 2010).

Los invertebrados por su abundancia en diversidad de especies, el fácil acceso para muestrear e identificación, son considerados en múltiples investigaciones como bioindicadores para determinar el estado de conservación de áreas de interés, pues, se encuentran en todo tipo de uso de suelo (Noguera *et al*., 2017). Evaluando su comportamiento en la dinámica de un ecosistema se puede analizar la significancia al comparar con diversos factores ambientales a los que se encuentran sometidos, por eso, su uso como bioindicadores es preciso e importante (Holzschuh, Dudenhöffer & Tscharntke, 2012).

Dada la importancia y efectividad en investigaciones medioambientales de invertebrados, en el presente estudio se determinarán los órdenes de invertebrados edáficos como potenciales indicadores de cambio climático en un gradiente altitudinal de bosque primario húmedo tropical del Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica de la Universidad Estatal Amazónica.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático es un problema que afecta a nivel global y en especial al comportamiento de los bosques tropicales húmedos, situación que aumenta debido a la tala indiscriminada de árboles, la expansión de la franja agrícola y el uso de combustibles fósiles. Estos efectos traen consigo cambios paulatinos en la temperatura media de la superficie del planeta modificando los patrones de las lluvias, los niveles de intensidad, el incremento en periodos de sequía y el aumento de agua en los niveles oceánicos (Magrovejo 2017). Por efecto, los bosques tropicales han cambiado su estructura y limitando su funcionamiento ecosistémico provocando una preocupante disminución en diversidad biología que dependen de estos servicios (Martino, 2007). Motivo por el cual se realiza el levantamiento de una línea base de entomofauna que tome en cuenta gradientes altitudinales y factores ambientales (temperatura y humedad relativa) para predecir la abundancia y susceptibilidad de estos organismos como potenciales indicadores de cambio climático en bosques tropicales. Esto a luces de que fenómenos de cambio climático y presión antropogénica pueden alterar y potencialmente cambiar progresivamente las comunidades de invertebrados en los ecosistemas, y particularmente en los bosques amazónicos (Díaz, 2012).

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad debido a los cambios globales climáticos es de importancia investigar la receptividad de invertebrados edáficos a cambios en sus habitas y usarlos como potenciales indicadores biológicos del estado de conservación de bosques tropicales. La entomofauna cumple funciones interespecíficas dentro de un ecosistema y al ser perturbados por actividades antrópicas se generan cambios en su estructura poblacional que incide directamente en su función ecológica como la descomposición, herviborismo e incorporación de nutrientes al suelo, generando menor eficiencia en la productividad ecosistémica (Vaca, 2019). Los invertebrados son importantes en toda la cadena trófica y cumplen diferentes funciones como: procesadores, depredadores y descomponedores aportando a la productividad y enriquecimiento de nutrientes en el suelo. Con la

degradación de los bosques y progresivo aumento del cambio climático se ha visto afectada la distribución geográfica y taxonómica de sus poblaciones, dado que juegan un papel fundamental en procesos de reciclaje de materia orgánica, polinización, control de plagas y ciclos de nutrientes (Hallmann *et al.*, 2017).

La reducción de entomofauna minimiza la eficiencia de la productividad en los ecosistemas. Existen datos de esta reducción en Alemania, y otros lugares. La reducción de la biomasa de invertebrados, y por ende de abundancia y diversidad se exacerba con el cambio climático y las presiones antropogénica. Por ello hay que tener una línea base de invertebrados y datos climáticos, a fin de entender estos procesos en la selva amazónica (especialmente en la UEA, CIPCA) (Prather *et al.*, 2013).

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existe una correlación entre la distribución y abundancia de los órdenes de invertebrados y factores ambientales (temperatura y humedad) que sirvan como indicadores biológicos de cambio climático en bosques húmedos tropicales?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar órdenes de invertebrados como potenciales indicadores de cambio climático en un gradiente altitudinal de bosque primario del Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Clasificar la entomofauna a nivel de orden en cinco transectos lineales a gradientes altitudinales de bosque primario del CIPCA.
- ✓ Relacionar la abundancia de grupos taxonómicos de invertebrados con parámetros ambientales (temperatura y humedad) en gradientes altitudinales de bosque primario del CIPCA.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 BOSQUES HUMEDOS TROPICALES EN EL MUNDO

Los bosques húmedos tropicales representan un aproximado del 25% del total de la superficie de los bosques del mudo, comprendidos entre las latitudes 10°N y 10°S. Para la FAO se incluyen: bosques húmedos, bosques húmedos bajos, bosques siempre verdes, bosques húmedos semi-caducifolios, zonas boscosas y sabanas arboladas, en regiones con precipitaciones anuales medias superiores a los 1,000 mm. En la región tropical se encuentran un aproximado de 70 países de los cuales 23 están en América, 31 en África y 16 en Asia. Aproximadamente el 40% del trópico húmedo está en América Tropical (Tabla 1). África tropical tiene el mayor índice de deforestación a pesar de tener la menor superficie de bosques húmedos tropicales que las otras regiones. Ásia tropical tiene el mayor índice de forestación, seguramente por la inversión y participaciones sociales forestales, mientras que, África tropical tiene el menor índice de forestación. Aunque se debe tomar cuenta la falta de datos de inventarios de los cuales se puedan hacer proyecciones. Así mismo, existe discrepancia entre los métodos que se usan para realizar los cálculos. Por eso, estas zonas requieren un mayor énfasis en el ordenamiento forestal y estandarizar las valoraciones de dichos recursos (Sabogal *et al*., 2013).

Tabla 1. Extensión de los bosques productivos e improductivos en las zonas tropicales húmedas.

Región	N° de países	Bosque productivo (millones de Km2)	Bosque improductivo (millones de Km2)	Total de (millones de Km2)	%
América tropical	23	5.22	1.57	6.79	40
Ásia tropical	16	2.01	1.04	3.05	32
África tropical	37	1.63	0.54	2.17	10
Total	76	8.86	3.15	12.01	-

Fuente: Protecting the tropical forests: a high priority international task. German Bundestag (ed.). 2013.

2.1.2 BOSQUES TROPICALES EN ECUADOR

La Amazonía ecuatoriana forma parte de la macro cuenca del río Amazonas y empieza desde las estribaciones de la cordillera de los andes con un aproximado de 82,120 km2 y representa alrededor del 30% del territorio nacional, pero apenas el 2% de la cuenca del Amazonas. Presenta diferentes formaciones vegetales que van desde los bosques transicionales andino-amazónicas hasta las planicies de inundación con origen de ríos andinos y amazónicos. Esta región posee un rango altitudinal desde 150 msnm en las zonas más bajas, con presencia de cordilleras propiamente de la región amazónica que se elevan hasta los 3100 msnm (MAE, 2013a). Geomorfológicamente la región amazónica se caracteriza por presencia de llanuras, penillanuras constituidas por colinas, mesetas y valles. La región se distingue por cuatro formaciones vegetales (MAE, 2013b) los bosques de tierra firme que incluye cordilleras amazónicas, los bosques inundables por origen en ríos andinos y amazónicos, los moretales o bosques inundados localmente y los bosques en sistemas lacustre-riparios de aguas negras. Debido a su topografía de bosques densos la característica fundamental de estas formaciones vegetales es albergar una gran diversidad de flora y fauna y alto endemismo. (Aragón, Borja & Josse, 2017).

2.1.3 FUNCIONES PRIMARIAS DE LOS BOSQUES TROPICALES

Son atributos tangibles e intangibles que los bosques proporcionan, sin embargo, las comunidades humanas que habitan en los alrededores muchas de las veces desconocen su valor. Por lo general los bosques tropicales tienen funciones primarias que incluyen: la producción, protección ambiental, la conservación de la biodiversidad y las fuentes hídricas, aunque la población desconozca el verdadero valor de estos atributos, las funciones primarias son más fáciles de conceptualizar, ya que las comunidades aprovechan los beneficios de estos recursos maderables o no maderables atribuyéndole un valor económico. Por otro lado, están los recursos intangibles que no son fácilmente apreciados

por las comunidades por la escasa información cuantitativa que existe sobre estas funciones que el bosque proporciona.

Funciones productivas. - son los recursos forestales maderables y no maderables y es la iniciativa en la economía nacional y local de las comunidades que viven de dichos recursos, manteniendo una correlación sostenible si se desea una oferta amplia y valiosa de productos.

Funciones protectoras y ambientales.- son los servicios ecosistémicos que muchas veces no se monetizan y se desconocen, contribuyen tanto local como globalmente en la influencia del clima regulando la temperatura en la atmosfera, desempeñan un rol importante en el ciclo del carbono a gran escala, protegen de la erosión del suelo provocado por las corrientes eólicas, sirve de barrera en las zonas costera (manglares), filtran el aire de la contaminación y protegen los recursos hídricos (FAO, 2020).

2.1.4 CONTRIBUCIÓN DE LOS BOSQUES TROPICALES AL DESARROLLO SOSTENIBLE

Según la FAO, (2020) define al desarrollo sostenible como “la ordenación y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras”. En el año 2015 en la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible con la necesidad de poner fin a la pobreza y tomar un camino de paz, prosperidad y oportunidades para una paneta saludable, se propone 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que exigen una transformación en políticas públicas y económicas gubernamentales que garanticen los derechos humanos y de la naturaleza.

Para que el uso de los bosques tropicales contribuya al desarrollo sostenible es importante que se no comprometa su capacidad de regeneración natural o asistida, y así pueda proporcionar productos (maderables y no maderables) para diferentes usos industriales o locales, servicios ambientales que permita el bienestar de los ecosistemas y perdure en el tiempo. Tener una buena gestión de los bosques tropicales representa beneficios para las comunidades rurales y urbanas y es fundamental para mantener el

planeta sano, dado a sus funciones de sumideros de carbono, reguladores de temperatura, humedad y refugios de vida silvestre. (ONU, 2018).

2.1.5 ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

El cambio climático se define como la alteración de la atmosfera por el exceso de gases de efecto invernadero (como el dióxido de carbono y el metano) que se atribuye a la actividad antropogénica. Estos gases de efecto invernadero se crean naturalmente en la atmosfera y en proporciones óptimas calientan el planeta y permiten que la vida se desarrolle. Sin embargo, las emisiones antrópicas han afectado severamente este ciclo natural, provocando incrementos drásticos en la temperatura que altera los patrones climáticos de todo el mundo, generando largos periodos de sequía, interrumpiendo la intensidad de lluvias y la ruta de los vientos (Initiative, 2020)

2.1.6 EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS BOSQUES TROPICALES

En la última década los bosques tropicales se han visto afectados cambiando de estructura y encogiéndose a pequeños remanentes de bosque, debido a las fuertes presiones antrópicas y cambio climático que se ha venido dando. Advierten los investigadores que esto podría ser causa de muerte de muchas de las especies que se encuentran en zonas aisladas y que no pueden desplazarse hacia otros hábitats. Estas alteraciones no solo afectan a Sudamérica, sino que, a todos los bosques tropicales del mundo. Este impacto genera cambios en los patrones de las lluvias provocando un desequilibro estacional y prolongando las estaciones de sequía en el bosque tropical del Amazonas (Feeley *et al.*, 2013). "En Colombia un estudio realizado y publicado en Proceedings of the National Academy of Sciences menciona que en los bosques tropicales del norte de este país se están quedando especies de invertebrados que se adaptan al calor de tierras bajas y existe un descenso en la cantidad de especies que toleran el frio*"* (Duque *et al*., 2015).

A medida que el calentamiento global avance las especies de vertebrados e invertebrados sufrirán el riesgo de extinción, ya que sus habitas se ven fuertemente amenazados tanto en estructura como en composición, la reducción de sus poblaciones

aumenta en consecuencia al cambio global en clima que se viene dando a largo plazo por las actividades antrópicas. Esto afirma que es importante tener en cuenta que el cambio climático no solo es la variable temperatura sino también la humedad que demandarán los bosques tropicales con estos cambios y lo vulnerable que se encuentran ante las posibles sequias y cambios estacionales (Feeley *et al.,* 2011).

En un estudio se menciona que las aves pueden desarrollar cierta flexibilidad a cambios en la temperatura que les permite reducir su desplazamiento geográficamente en altitud y latitud y no depender directamente de la temperatura y adaptarse gradualmente a cambios en la naturaleza o disposición de alimentos, estas implicaciones pueden ser de gran importancia para estimar la extinción de especies en las montañas por el cambio climático (Foreero *et al*., 2011).

2.1.7 CAMBIO CLIMÁTICO LIGADO A LA DEFORESTACIÓN EN LA AMAZONÍA

Se ha comprobado que la deforestación de la selva amazónica causa una reducción en la precipitación local y un ligero aumento en la temperatura. De manera que la selva amazónica cumple un rol importante de mantener el equilibro hidrológico y climatológico de la región (Werth & Avissar, 2002).

Es probable que los procesos de antropización en la cobertura del suelo, el incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el uso de aerosoles influyan directamente en el clima de la cuenca Amazónica. Se sugiere que la deforestación a gran escala y el incremento de los GEI crea un clima más cálido en la Amazonía provocando estaciones de sequía prolongadas (Coe *et al.,* 2013). En el bosque tropical se alberga la mayor variedad de vida que en otros entornos terrestres, posee variabilidad de climas, hábitats y alimentos que únicamente se encuentran en estos bosques. Al abordar la deforestación se entiende que los bosques tropicales están ligados al clima global ya que estos son reservorios naturales de carbono a gran escala, estos son los únicos sistemas seguros para capturar y almacenar carbono, hecho que se da por medio de los árboles en la fotosíntesis que absorbe el dióxido de carbono (CO_2) convirtiendo en alimento y liberando oxígeno (O_2). Por otra parte, cuando se degradan los bosques o se queman se libera el

carbono a la atmosfera que contribuye enormemente en el cambio climático. Por ello, a medida que se pierde la cobertura vegetal se minimiza la capacidad de captación o absorción de carbono de la atmosfera. Además, las actividades como la agricultura, la explotación de petróleo y gas son los mayores productores de gases de efecto invernadero (Bermeo, 2010).

2.1.8 BIOTURBADORES

En los ecosistemas agrícolas, bosques secundarios o selvas nativas la biota del suelo cumple la función importante de ciclado de nutrientes, estos son considerados como bioturbadores u organismos ingenieros de los ecosistemas, mencionando un ejemplo las lombrices, terminas, hormigas y raíces de plantas realizan poros, túneles o agregados que facilita la infiltración del agua y gases en el suelo. De esta manera la fauna edáfica crea microhábitats para organismos más pequeños y son esenciales para mantener la estructura de los bosques o sistemas antrópicos. En estudios realizados utilizan a las lombrices para mejorar los suelos en sistemas agrarios o forestales productivos. Sin embargo, estos organismos son afectados por perturbaciones antrópicas, deforestación, mal manejo de los sistemas agrícolas y el cambio climático, cuyas consecuencias son: degradación de los suelos, perdida potencial de los ciclos de nutrientes, disminución en la degradación de contaminantes y perdida en el potencial de servicios ecosistémicos forestales y agrícolas (Vázquez G, 2001).

2.1.9 CLASIFICACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA

Los invertebrados cumplen funciones específicas dentro de un ecosistema y siendo el objeto de estudio determinar potenciales invertebrados de cambio climático en bosques tropicales, se menciona la clasificación según su función en el suelo (Brown *et al*., 2001).

- Depredadores: su alimentación se basa en la ingesta de otros organismos. Se incluye ciertas familias de arácnidos, ciempiés, coleópteros, escorpiones y hormigas.
- Detritívoros: su principal función es descomponer, se alimentan de materia vegetal o animal (saprófagos) en distintos grados de descomposición. Se encuentran las lombrices anécicas y epigeas, los micro y macro artrópodos, larvas de moscas y caracoles, entre otras.
- Fitófagos y rizófagos: se incluyen varios caracoles y micro y macro artrópodos y su alimentación se basa en plantas vivas (raíces, tallos y hojas).
- Geófagos: su alimentación es principalmente de materia orgánica con distintos grados de humedad y raíces muertas, se incluyen a las termitas y lombrices endógenas.
- Omnívoros: se incluyen a los organismos cuya alimentación es diversa e ingieren todo tipo de alimento tanto vegetal como animal.
- Parásitos: son aquellos organismos que dependen de otros seres vivos (hospedador) por lo general causan daño. Se incluyen ciertos nemátodos y moscas.

2.1.10 ¿CÓMO INFLUYE LA DEFORESTACIÓN DE BOSQUES AMAZÓNICOS EN INVERTEBRADOS?

La creciente actividad agrícola insostenible y la demanda de madera, ocasionan que la tala indiscriminada de bosques nativos aumente, generando un cambio de uso de suelo, trayendo consecuencias negativas para la biodiversidad y los hábitats que se desarrollan en un ecosistema, si bien es cierto que la agricultura sostenible permite la resiliencia de los cultivos, pero poco o nada se sabe sobre cómo influye en la diversidad de invertebrados. Estos organismos al estar ligados a diversos procesos funcionales indispensables de un ecosistema, como el herviborismo y ciclo de nutrientes al suelo dependen de la variedad de alimento que el bosque ofrezca (Dahlsjö *et al.*, 2019).

Al reducir o degradar los bosques se crean alteraciones en sus hábitats y falta de alimento provoca una reducción en las comunidades de insectos o un desplazamiento de los mismos obligados a sufrir adaptaciones o en muchos de los casos a la extinción debido a su receptividad a cambios ambientales (Pareja *et.,* 2011).

2.1.11 CARACTERÍSTICAS DE LA MACROFAUNA PARA SU USO COMO INDICADOR BIOLÓGICO

En la literatura se menciona que para ser considerado como bioindicador debe cumplir ciertas características fundamentales que justifique su aplicación en evaluaciones de calidad ambiental, estas características integran: la ventaja de su diversificación taxonómica y ecológica, la presencia a lo largo de todo el año, hábitos sedentarios, facilidad de manipulación e identificación. Además, estos bioindicadores deben estar relacionados a las propiedades físico-químicas del suelo y la productividad del ecosistema (González y Lozano, 2004).

Los invertebrados por sus diversas funciones que cumplen en los ecosistemas pueden ser de gran utilidad para ser considerados cono indicadores biológicos ya que tienen gran receptividad a degradaciones de su hábitat por diversos motivos antrópicos, permiten evaluar el estado de conservación del bosque y productividad de los suelos, y también intervienen en procesos fundamentales como el reciclado de materia orgánica, herbivoría, descomposición y un ciclo continuo de nutrientes al suelo. La parte importante que cumplen los insectos voladores en la polinización de plantas permite la dispersión y perduración de estos vegetales que dependen de esta interacción, por ello, los invertebrados al tener hábitos sedentarios posibilitan el muestreo de individuos para analizar la diversidad, distribución y abundancia de poblaciones (Cabrera, 2012).

2.1.12 MACROFAUNA DEL SUELO Y SU POTENCIAL COMO INDICADOR BIOLÓGICO

En gran parte de los estudios ecológicos de la macrofauna edáfica como indicadores biológicos se mencionan grupos específicos como las diplópodos y lombrices y la consecuencia de las perturbaciones de los ecosistemas hacia estas comunidades. Hay trabajos que evidencia que en sitios con menor antropización existe un mayor número de diversidad y abundancia de estas poblaciones (Melo, 2010). En el presente trabajo de investigación se describe a los órdenes de invertebrados de bosque primario húmedo tropical como potenciales indicadores de cambio climático, tomando en cuenta variables ambientales (temperatura y humedad) y correlacionar su distribución y abundancia en gradientes altitudinales.

2.1.13 TÉCNICAS DE MUESTREO Y MONITOREO DE MACROFAUNA DEL SUELO

En técnicas de muestreo para la investigación se usa una de las más comunes (pitfall o caída) y fáciles de implementar, ya que permite realizar una colecta amplia y precisa para analizar, abundancia, diversidad, distribución y riqueza de individuos de diferentes taxones, permitiendo obtener una línea base en transectos lineales a gradientes altitudinales y correlacionar con factores ambientales (temperatura y humedad). Teniendo en cuenta, los factores que puedan alterar la calidad de las muestras, estos pueden ser: tamaño y diámetro de la trampa, el cebo que se use para la captura, mala colocación de la trampa, proporción del conservante al momento de la colecta (alcohol al 95%), transporte y almacenado de la muestra. La colecta se realiza tres días después de su instalación en campo, para ello, se usan frascos plásticos herméticos debidamente bien etiquetados y con el conservante antes mencionado para que no haya ninguna confusión al momento de identificar los taxones (Córdova, 2019).

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se dio lugar en bosque primario del Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), situado en el cantón Arosemena Tola de la provincia de Napo, en el kilómetro 44 vía Puyo-Tena. El CIPCA cuenta con una extensión de 2848,20 hectáreas de las cuales aproximada 2.000 ha cubre de bosque primario amazónico. El CIPCA cumple con las características de un ambiente tropical, con una precipitación anual de 4000 mm, la temperatura oscila entre los 15°C y 25°C y el 80% de humedad relativa. En su topografía se divisa un relieve ondulado (UEA, 2020). Los puntos de muestreo se sitúan en cinco transectos lineales a gradientes altitudinales de bosque primario, el primero a 560 msnm en la desembocadura del rio Juniac al Ansu, el segundo a 660 msnm, el tercero a 725 msnm, el cuarto a 816 msnm y el quinto a 856 msnm, como se observa en la (Figura 1).

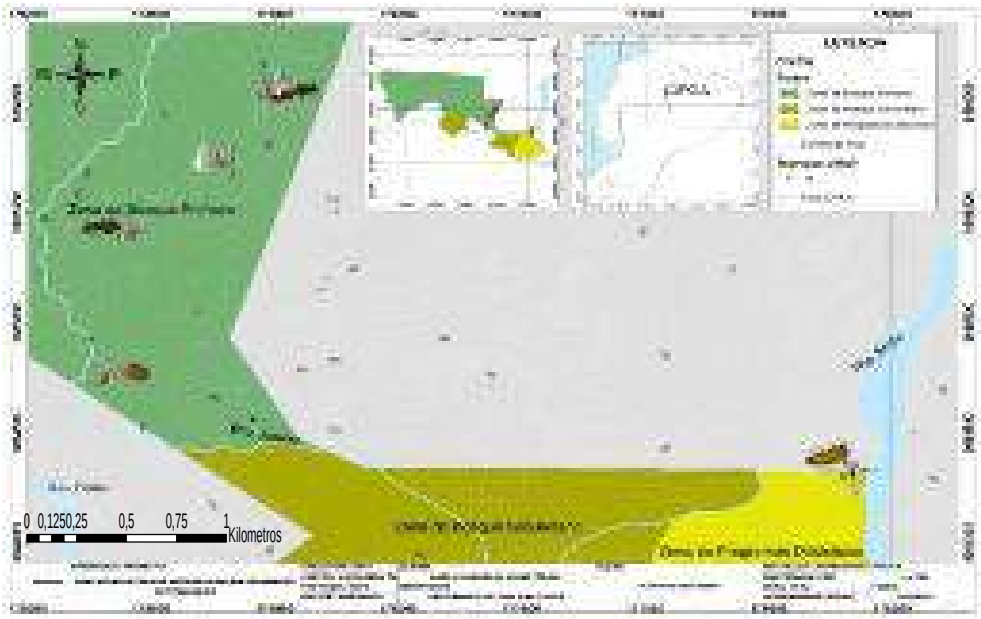


Figura 1. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo, bosque primario CIPCA.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación descriptiva, se busca describir invertebrados edáficos como potenciales indicadores de cambio climático a lo largo de un gradiente altitudinal de bosque primario amazónico.

Investigación explicativa, se relaciona la abundancia de invertebrados edáficos en análisis con la distribución y variación en número de individuos a lo largo de un gradiente altitudinal y factores ambientales.

Investigación experimental, se muestrearon invertebrados en transectos lineales para clasificar taxonómicamente a nivel de órdenes y determinar la distribución y abundancia.

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Diseño de campo, se recolectaron dos réplicas de muestras in situ de invertebrados mediante trampas de caida en transectos lineales georreferenciados en el mes de agosto de 2019.

Diseño experimental, se relacionaron los grupos taxonómicos con parámetros ambientales como: temperatura y humedad relativa la reconocer su distribución espacial y abundancia a lo largo de un gradiente altitudinal y como esta variación influye en el cambio climático.

Diseño documental, la investigación bibliográfica parte de autores que realizaron investigaciones, interpretaciones y análisis de macrofauna edáfica como potenciales indicadores de cambio climático en bosque nativos neotropicales, particularmente en bosques primarios y secundarios amazónicos.

3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.4.1 FASE DE CAMPO

La investigación forma parte del Contrato Marco de Acceso a Recurso Genético: Ecosistemas, Biodiversidad y Conservación de Especies, Invertebrados y sus interacciones, MAE-DNB-CM-2018-0087 (Anexo 9). Tuvo lugar en cinco transectos lineales a gradientes altitudinales de bosque primario del Centro de Investigación Posgrado y

Conservación Amazónica, para lo cual se realizó un track identificando dichos puntos de muestreo. El primer punto se sitúa en un remanente de bosque primario de la zona de programas didácticos justo en la desembocadura del río Juniac al río Ansu a 560 msnm, el segundo, tercer, cuarto y quinto punto se sitúan netamente en la zona de bosque primario del CIPCA a 660, 725, 816 y 856 msnm respectivamente. En cada transecto lineal de las diferentes gradientes altitudinales se colocaron seis trampas de caída pitfall con una separación de seis metros una de la otra con un total de 30 trampas en toda el área de estudio, realizando dos réplicas en las siguientes fechas: la primera el 08 de agosto de 2019 y la segunda el 26 agosto de 2019 (periodo de baja pluviosidad), dando un total de 60 muestras (Fig. 2).

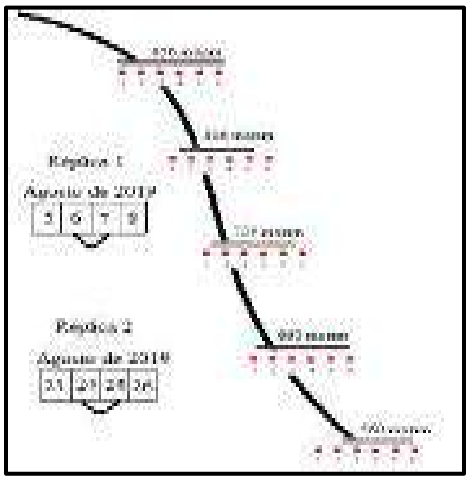


Figura 2. Distribución de trampas para macrofauna edáfica en los transectos lineales a lo largo de las gradientes altitudinales.

Las fechas de colecta: primera réplica el 8 de agosto de 2019 y la segunda réplica el 26 de agosto de 2019, tomando en cuenta el día de retiro de la trampa. Los puntos rojos representan en número de trampa colocadas en cada gradiente altitudinal.

Para la instalación de las trampas se usaron tarrinas plásticas lisas de un litro (dimensiones: 130mm de diámetro y 97mm de profundidad), platos grandes desechables y palitos de pincho de madera. Para el preparado se incorporó 40% de agua, 10% de jabón neutro y 3 cucharadas grandes de sal con la finalidad de evitar la descomposición de las muestras, ocupando el 50% del total del volumen de la tarrina, luego se colocó la tarrina

con el preparado de manera nivelada dentro del suelo para finalmente cubrir con el plato desechable y los palitos de madera a manera de techo protector, para evitar la disposición de restos vegetales o el agua de lluvia.

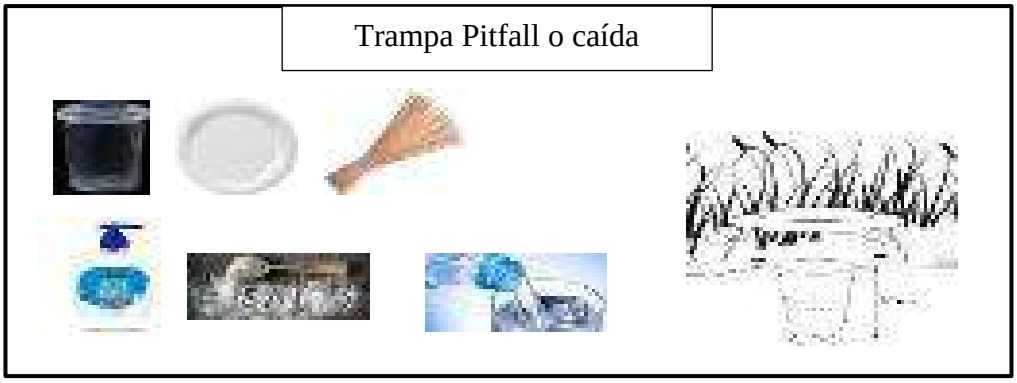


Figura 3. Materiales para la elaboración e instalación de trampa Pitfall para invertebrados edáficos.

Las trampas se dejaron alrededor de tres días (Fernández, 2003) para posteriormente colectar las muestras, para ello se usó: filtro de tela organza de 10 x 10 cm (permite retener a los invertebrados más pequeños), tubos plásticos de 50 ml, con alcohol al 95% como preservante y a cada muestra se la etiquetó para la identificación en el laboratorio (Tabla 2).

Tabla 2. Estructura de la etiqueta de las muestras con la información de identificación.

	Información	Código						Ejemplo
Etiqueta	Gradiente altitudinal							560-1-BP-FG-R1 8-ago-19
	Numero de trampa	1	2	3	4	5	6	
	Zona (bosque primario)	BP						
	Colector	FG						
	Réplica	R1			R2			
	Fecha	8-ago-19			26-ago-19			

Adicionalmente se instaló un sensor de temperatura data logger (modelo: Elitech RC5) en cada gradiente altitudinal a 5cm del suelo en el centro del transecto lineal para registrar la temperatura ambiente (mínima y máxima) a cada hora durante todo el periodo de investigación, para obtener la temperatura media diaria de los días de colecta (ecuación 1) y la humedad relativa mínima (véase ecuaciones 2 y 3) siguiendo la metodología de la guía de prácticas climatológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017). Para el cálculo de la temperatura media diaria (ecuación 1) se realizó la media aritmética de las horas siguientes: 07h00, 13h00 y 19h00 (J. Maldonado, comunicación personal, 24 de junio 2020).

Ecuación 1. Media aritmética de temperatura diaria.

$$T\bar{X} = \left(\frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}\right) \quad (1)$$

En la obtención de la humedad relativa mínima (ecuación 1 y 2) se usó la ecuación en base a la metodología de John Monteith y Mike Unsworth en el libro "Principles of Environmental Physics" (Monteith & Unsworth, 1990)

Ecuación 2.Cálculo de la humedad relativa mínima.

$$\boldsymbol{HR_{min} = \frac{e^o(T_{min})}{e^o(T_{max})} * 100} \quad (2)$$

Ecuación 3. Presión de saturación de vapor (e° (T)) para diferentes temperaturas (T).

$$\boldsymbol{e^o(T) = 0,6108 * exp\left[\frac{17.27 * T}{T + 237.3}\right]} \quad (3)$$

3.4.2 FASE DE LABORATORIO

Las muestras colectadas en los frascos se llevaron al Laboratorio de Ecología Tropical Natural y Aplicada (LETNA) en el CIPCA, allí se clasificó a nivel de órdenes y morfoespecies usando un Estereoscopio Leica S8 APO, tubos eppendorf de 1,5, 2, 5 y 15 ml, pinzas entomológicas y alcohol al 95%. Además, se incorporó etiquetas de identificación (tabla 2) añadiendo el orden y la morfoespecie que corresponda, ejemplo (Coleóptera, Hemíptera, Hymenoptera, Díptera- MS1, MS2, MS3).

También se realizaron fotografías de diferentes ángulos con el mismo estereoscopio y una cámara Nikon. La identificación se llevó a cabo con guías taxonómicas (Zumbado y Azofeifa, 2018), (Samudio, 2016) y (Jiménez, 2016).

3.4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Realizada toda la clasificación de los órdenes de las dos réplicas la información se registró en una base de datos en Microsoft Excel, conteniendo: número de colecta, código único de identificación, gradiente altitudinal, número de réplica, número de trampa, altura, temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media diaria, humedad relativa mínima y número de individuos. Para analizar los datos se usó un modelo estadístico paramétrico mediante el software R, aplicando el paquete estadístico (mvabund) que permite analizar la complejidad de las interacciones controlando las variables en modelos multivariados ajustando al modelo de regresión binomial negativo, que implica el análisis simultaneo de más de una variable para observar y cuantificar la relación entre variables y determinar la significancia en la distribución y abundancia de ordenes (Wang *et al*, 2020). Se aplicó análisis de varianza con ANOVA para conocer la diferencia significativa en la distribución de órdenes a lo largo de un gradiente altitudinal (Joaquín, 2016). También se usó el software estadístico CANOCO 4.5 (Wendroth, 2004) con la premisa de ver como el cambio climático influye en los invertebrados y correlacionar con las variables ambientales conocidas en un análisis de redundancia y correspondencia canónica en dos ejes X y Y (Leps y Smilauer, 2014).

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente estudio se trabajó con el grupo de invertebrados edáficos y se identificaron 11 taxas a nivel de orden y 7 a nivel de suborden, con una total de 14,057 individuos, resultado de las colectas realizadas en dos réplicas el 8 y 25 de agosto de 2019, mes de baja pluviosidad. Analizando la distribución y abundancia en una gradiente altitudinal de bosque primario húmedo tropical. Además, tomando en cuenta la altitud, variables ambientales (temperatura y la humedad relativa mínima). Se encontraron que Collembolas (Poduromorpha, Entomobryomorpha y Symphypleona), Heteroptera y Blattodea son invertebrados bioindicadores de alteraciones en los ecosistemas tropicales, que por, efecto del cambio climático influye en la estructura poblacional de estos organismos.

4.1 ANÁLISIS DE INVERTEBRADOS EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL

4.1.1 ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABUNDANCIA DE LOS ÓRDENES DE INVERTEBRADOS EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DE BOSQUE PRIMARIO HÚMEDO TROPICAL.

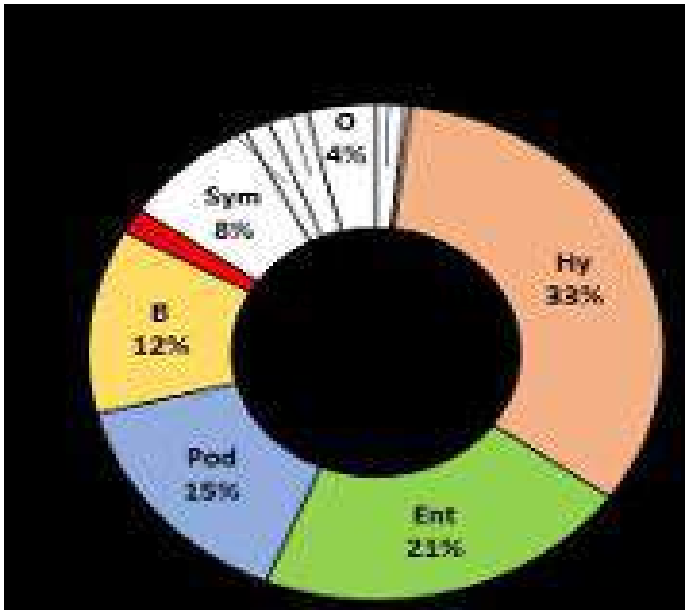


Figura 4. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 550 msnm en el CIPCA. Aca=Acari, B=Blattodea, C=Coleoptera, D=Diptera, Ent=Entomobryomorpha, Hy=Hymenptera, O=Orthoptera, Pod=Poduromorpha, He=Hemiptera, Sym=Symphypleona.

En el análisis por gradiente altitudinal a los 550 msnm del bosque primario del (CIPCA) se identificó a nivel de orden 2,781 individuos, donde: Hymenoptera es el más abundante con el 33% de los individuos totales, el segundo grupo en abundancia es Entomobryomorpha ocupando el 21 % del total de los individuos, le sigue Poduromorpha con el 15 %, Blattodea con el 12 % y Hemiptera con el 2%, estos cinco ordenes representan el 83 % del total de la abundancia de individuos en esta gradiente. Mientras que, Symphypleona, Coleoptera, Diptera, Orthoptera y Acari constituyen el 17 % de la abundancia total. En comparación con las otras gradientes Hymenoptera a los 550 msnm es la menor abundante (Figuras 5, 6, 7 y 8).

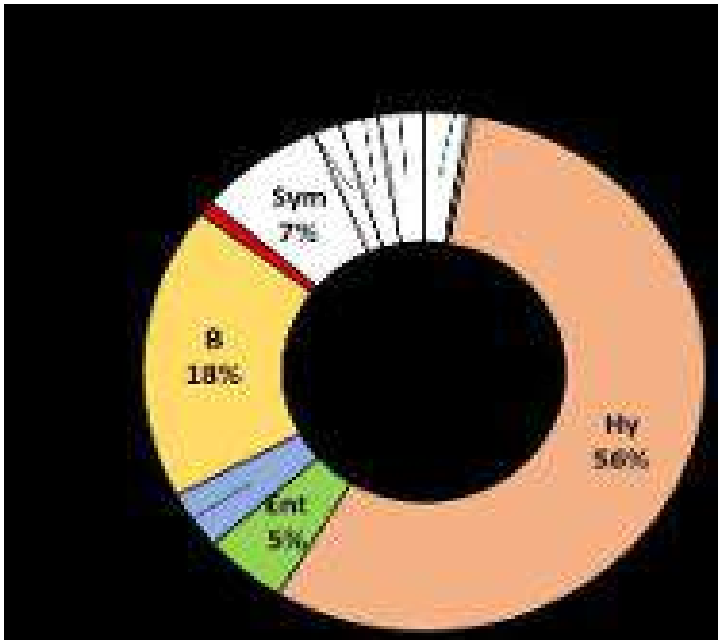


Figura 5. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 660 msnm en el CIPCA Aca=Acari, B=Blattodea, C=Coleoptera, D=Diptera, Ent=Entomobryomorpha, Hy=Hymenptera, O=Orthoptera, Pod=Poduromorpha, He=Hemiptera,

Mientras la gradiente altitudinal aumenta se observa que, a los 660 msnm se identificaron 3,073 individuos, donde: Hymenoptera con el 56 % representa ligeramente más de la mitad de la abundancia total de individuos, Blattodea ocupa el 18 % del total, Emtomobryomorpha el 5 %, Pododuromorpha el 4 % y Hemiptera el 1% de la abundancia total. En conjunto estos cinco ordenes corresponden al 84% del total de la abundancia de individuos, mientras que, Shymphypleona, Coleoptera, Diptera, Orthoptera y Acari constituyen el 16 % del total, no obstante, Symphypleona resalta con el 7 % del total de individuos.

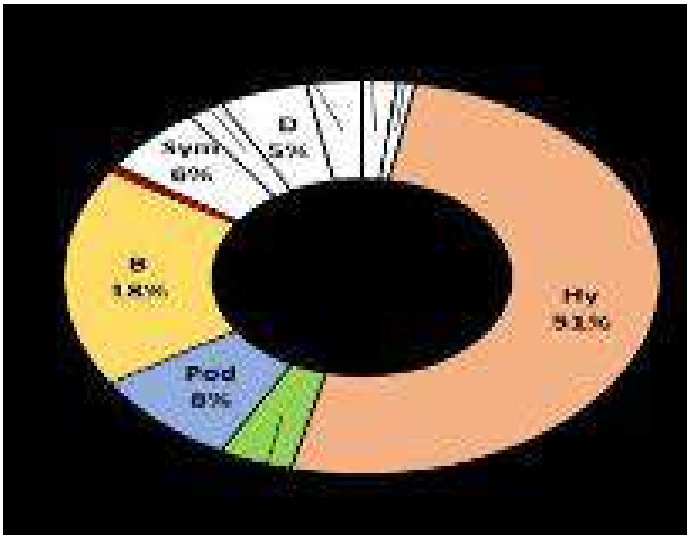


Figura 6. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 727 msnm en el CIPCA. Aca=Acari, B=Blattodea, C=Coleoptera, D=Diptera, Ent=Entomobryomorpha, Hy=Hymenptera, O=Orthoptera, Pod=Poduromorpha, He=Hemiptera, Sym=Symphypleona.

Analizando la clasificación de los órdenes de invertebrados a los 727 msnm en el bosque primario del (CIPCA) se identificaron a nivel de orden 3,914 individuos, donde: Hymenoptera con el 51 % nuevamente representa la mitad del total de la abundancia de individuos (Figura 5, 7 y 8) como en la altura de los 660 msnm, Entomobryomorpha se mantiene con el 4 %, Poduromorpha con el 8 %, Blattodea con el 18 %, Hemiptera no tiene relevancia en esta altura, por lo cual, estos cuatro órdenes abarcan el 81 % del total de la abundancia de individuos. Por el contrario, Symphypleona, Coleoptera, Diptera, Orthoptera, Acari y Araneae, ocupan el 19 % del total.

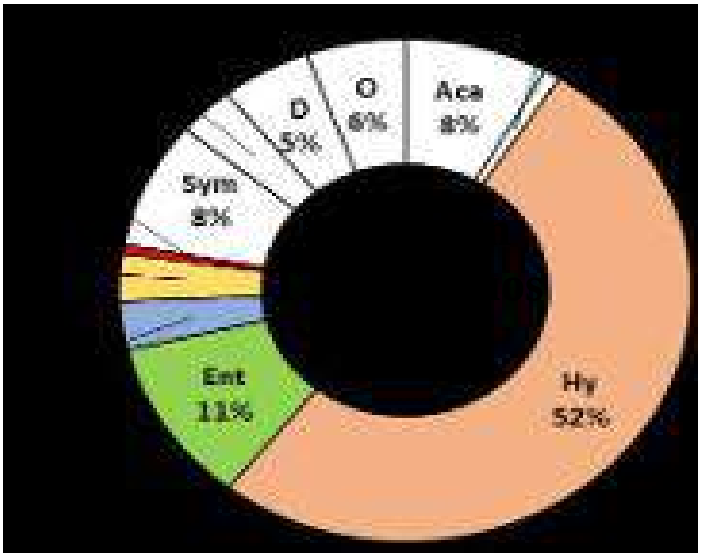


Figura 7. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 816 msnm en el CIPCA. Aca=Acari, B=Blattodea, C=Coleoptera, D=Diptera, Ent=Entomobryomorpha, Hy=Hymenoptera, O=Orthoptera, Pod=Poduromorpha, He=Hemiptera, Sym=Symphypleona.

En la gradiente altitudinal de los 816 msnm la clasificación de los órdenes de invertebrados se identificaron 1,427 individuos, donde: Hymenoptera con el 52% continúa siendo el orden con mayor abundancia de individuos (figuras 5, 6 y 8), Entomobryomorpha con el 11 %, Poduromorpha con el 3%, Blattodea con el 3 %, Hemiptera a esta altitud es el orden con menor abundancia de individuos, constituyendo estos ordenes apenas el 69 % del total de la abundancia siendo apenas un poco más de la mitad del total de abundancia. Por otra parte, Shymphypleona, Coleoptera, Diptera, Orthoptera, Acari y Araneae abarcan el 31 % del total, teniendo mayor abundancia Shymphypleona y Acari con el 8% cada uno.

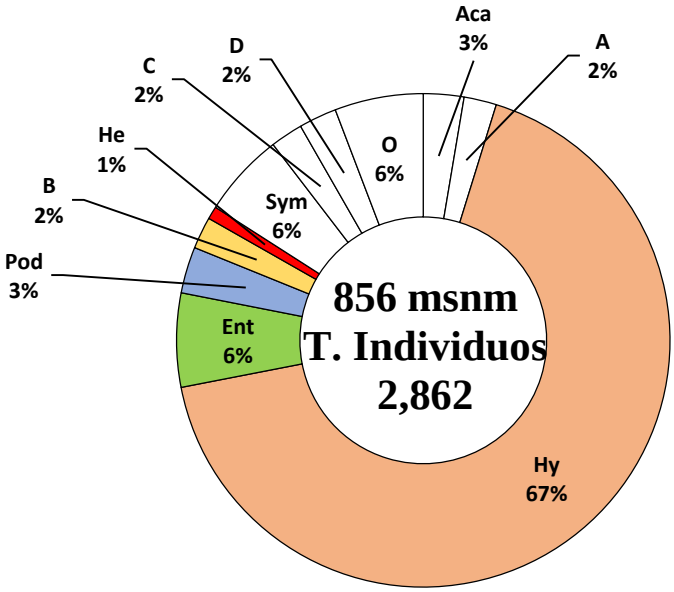


Figura 8. Clasificación de los órdenes de invertebrados a los 856 msnm en el CIPCA. Aca=Acari, B=Blattodea, C=Coleoptera, D=Diptera, Ent=Entomobryomorpha, Hy=Hymenptera, O=Orthoptera, Pod=Poduromorpha, He=Hemiptera, Sym=Symphypleona.

Analizando la clasificación de los órdenes de última gradiente a los 856 msnm se identificaron 2,862 individuos, donde: Hymenoptera con el 67 % tiene mayor abundancia de individuos que el resto de órdenes y un poco más de la mitad que en las gradientes anteriores (Figuras 5, 6 y 7), Entomobryomorpha 6 %, Poduromorpha 3 %, Blattodea 2% y Hemiptera1 %, en conjunto esos cinco ordenes conforman el 79 % del total. Sin embargo, Symphypleona y Orthoptera, albergan cada una el 6 % del total de abundancia, mientas que, Coleoptera, Diptera; Acari, y Araneae ocupan el 9 % del total de la abundancia de individuos.

En un estudio realizado en México donde se comparó la diversidad de invertebrados a través de un gradiente altitudinal en la zona de Iztaccihuatl, encontraron una distribución de 17 taxones donde los Acari con el 47.39 % ocuparon el primer lugar con mayor abundancia y seguido por los Collembola con el 43.10 %. Los principales factores que explican la influencia en abundancia de órdenes de invertebrados es el tipo cobertura vegetal y las condiciones climáticas en especial la temperatura y humedad, variables que se toman en cuenta en esta investigación (Cutz *et al*,. 2010).

4.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LOS ÓRDENES DE LAS ESPECIES DE INVERTEBRADOS Y LAS VARIABLES AMBIENTALES.

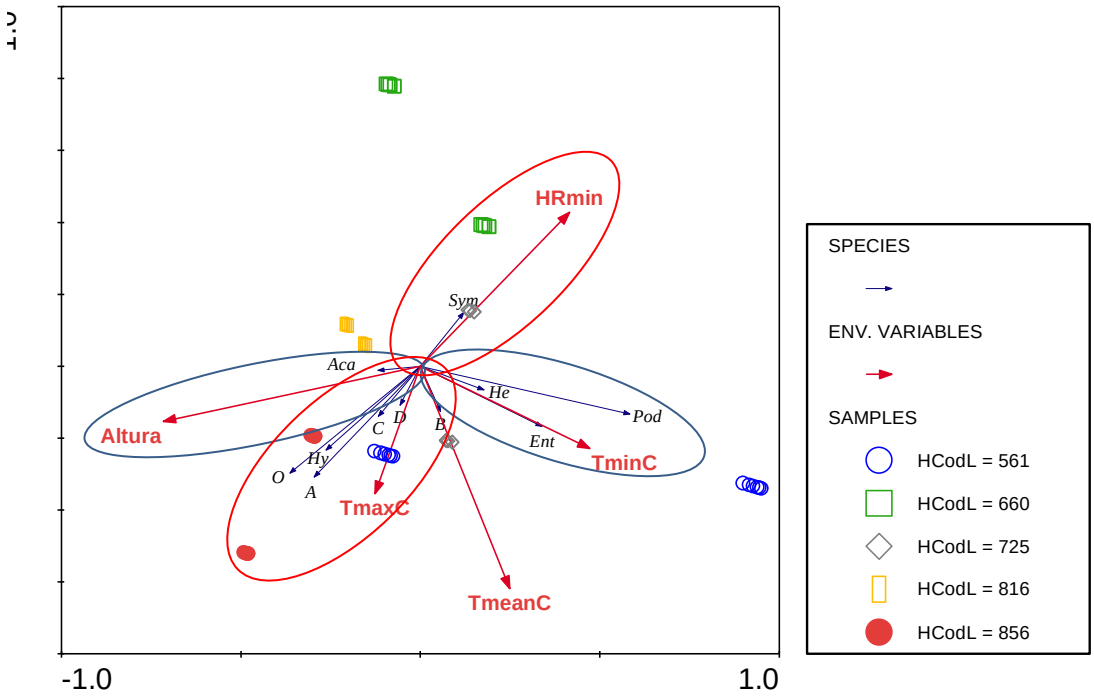


Figura 9. Comparación de los órdenes de invertebrados correspondiente a las variables ambientales. Elaborado por: Pedro Ríos.

TmaxC= temperatura máxima en grados centígrados, TminC= temperatura mínima en grados centígrados, TneanC= temperatura media en grados centígrados, HRmin= humedad relativa mínima, Aca=Acari, A=Araneae, B= Blattodea, C= Coleoptera, D= Diptera, Ent=Entomobryomorpha, He= Hemiptera, Hy= Hymenoptera, O= Orthoptera, Pod= Poduromorpha, Sym= Symphypleona, circulo azul HCodL= altitud de 561msnm, cuadrado verde HCodL= altitud de 660msnm, rombo negro HCodL= altitud de 725msnm, rectángulo amarillo

Al hacer un análisis de Redundancia Canónica (con el software CANOCO 4.5), en los dos primeros ejes se puede interpretar el 77 % de la variación existente entre las especies de invertebrados y el ambiente mostrando una tendencia significativa de (p=0.006) (Anexo 5). Las interacciones de mayor importancia son: altura (de una forma inversa) y temperatura mínima (de forma directa) con Poduromorpha de manera inversa y de

directamente correlacionada Poduromorpha. Esto también se pudo comprobar con análisis generales utilizando el paquete estadístico mvabund con el software R (Tablas 1, 2, 3). Eso quiere decir que en el primer eje canónico existe una variación significativa entre la variable temperatura mínima y Poduromorpha (LRT=43, p=0.05), así como Entomobryomorpha (LRT= 70, p= 0.002) y Blattodea (LRT= 47, p= 0,05) (Anexo 2). En cuanto al análisis altura&invertebrados, Poduromorpha (LRT = 34, p= 0,05) (Anexo 1) muestra también una variación significativa. Finalmente, la humedad relativa mínima, también muestra variaciones significativas al ser analizados como único parámetro ambiental con respecto a los invertebrados encontrados en el estudio, siendo Entomobryomorpha (LRT = 76, p= 0.001) y Poduromorpha (LRT = 57, p= 0.05) órdenes con un valor significante frente a la variable mencionada. Por lo cual se puede observar una preferencia de Poduromorpha por lugares más fríos (temperatura mínima), mientras la gradiente altitudinal asciende. Collembola (Poduromorpha y Entomobryomorpha) se incrementan a medida que la temperatura se reduce en el gradiente estudiado (Anexo1 y 2). Poduromorpha es uno de los órdenes causantes de la variación (Figura 9). Que concuerda con un estudio realizado en bosque primario a gradientes altitudinales de los flancos nor-orientales de los andes ecuatorianos, donde se encontró una significancia de arañas tejedoras con relación entre la abundancia cuando disminuía la altitud, además menciona que el 70 % de la colecta quedaba restringida a una gradiente altitudinal específica, esto puede deberse a un relación inversa con la altitud ya que factores como la temperatura, humedad y precipitaciones cambian respecto a la altitud, por lo cual tiene influencia de factores en la diversidad y abundancia de especies (Muñoz, 2013). Mientras que, en otro estudio realizado sobre la estructura de la comunidad de Collembolos en musgos corticícolas a gradientes altitudinales de un bosque subhúmedo en México, resalta el aporte que tuvo Entomobryomorpha en todos los pisos altitudinales entre el 83 % y 86 %, seguido por Poduromorpha equivalente entre el 4 % al 15 % y finalizando con Symphypleona con un correspondiente de aporte de entre el 1 % al 10 %, esto se debe a que existe una mayor adaptabilidad a similares alturas y por la estabilidad climática en lo que se refiere a, temperatura y humedad (Cutz *et al.*, 2008). En un estudio realizado en Colombia la riqueza de Lepidoptera disminuye con el incremento altitudinal (Muñoz &

Amarillo, 2010), en nuestro estudio lo hace Poduromorpha. La riqueza de hormigas también disminuye con la latitud, a pesar de que las especies de altitudes mayores, soportan una variabilidad mayor (Sanders, 2002).

Tabla 3. Análisis estadístico multivariado entre los órdenes insectos y altura, utilizando el paquete mvabund en el software R.

	Grados de Libertad	Dif. G.L.	Pr (>Dev)	Significancia
Intercepción	59			
Insectos&Altura	55	4163,4	0,002	***

En el análisis estadístico multivariado usando el paquete (mvabund) aplicando solamente la variable altura y la variable insectos, se muestra que la tendencia del modelo altura e insectos con 55 GL es altamente significativa con p= 0.002.

Tabla 4. Análisis estadístico multivariado entre órdenes de insectos y temperatura mínima, utilizando el paquete mvabund en el software R.

	Grados de Libertad	Dif. G.L.	Pr (>Dev)	Significancia
Intercepción	59			
Insectos&Temperatura MinC	52	7321.1	0.001	**

En el análisis estadístico multivariado usando el paquete (mvabund) aplicando solamente la variable temperatura mínima y la variable insectos, se muestra que la tendencia del modelo altura e insectos con 52 GL es altamente significativa con p= 0.001.

Tabla 5. Análisis estadístico multivariado entre órdenes de insectos y humedad relativa mínima, utilizando el paquete mvabund en el software R.

	Grados de Libertad	Dif. G.L.	Pr (>Dev)	Significancia
Intercepción	59			
Insectos&Hrmin	50	9370.1	0.001	**

En el análisis estadístico multivariado usando el paquete (mvabund) aplicando solamente la variable humedad relativa mínima y la variable insectos, se muestra que la tendencia del modelo altura e insectos con 50 GL es altamente significativa con p= 0.001.

4.2.1 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE LOS SUB-ÓRDENES DE LAS ESPECIES DE INVERTEBRADOS Y LAS VARIABLES AMBIENTALES.

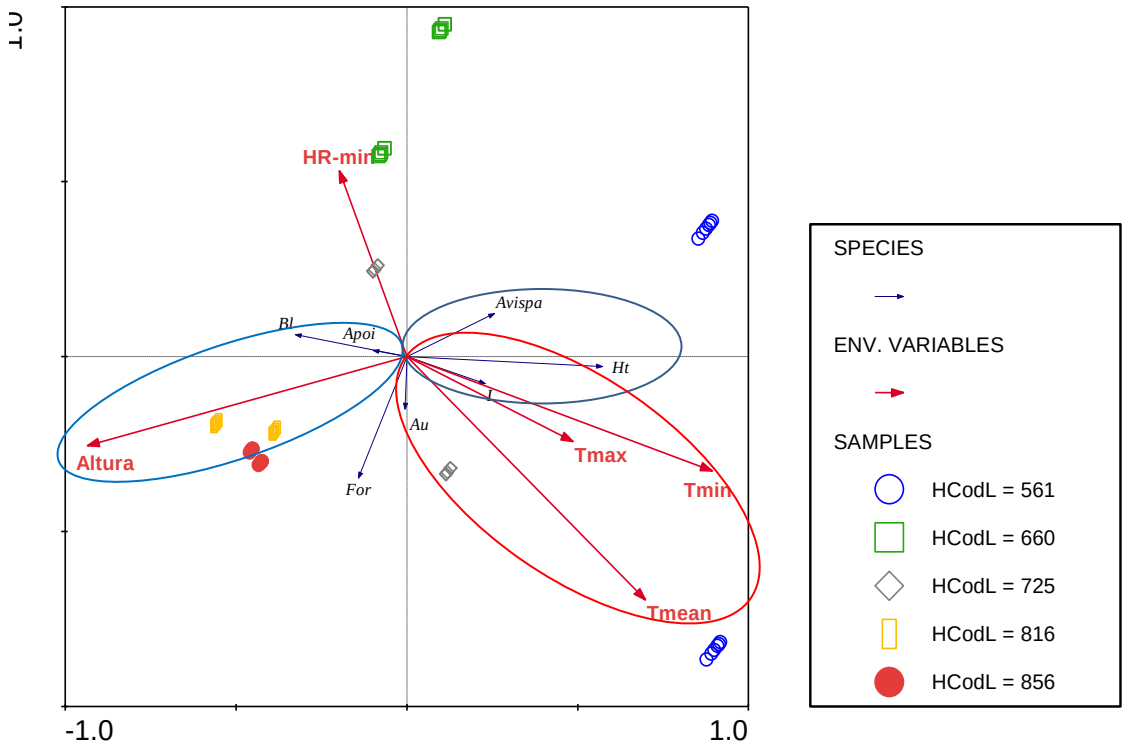


Figura 10. Comparación de los sub-órdenes de invertebrados correspondientes a las variables ambientales. Elaborado por: Pedro Ríos.

TmaxC= temperatura máxima en grados centígrados, TminC= temperatura mínima en grados centígrados, TneanC= temperatura media en grados centígrados, HRmin= humedad relativa

mínima, Apoi= Apoidea, Au= Auchenorryncha, Avispa, Bl= Blattodea, For= Formicidae, Ht= Heteroptera, I= Isoptera, circulo azul HCodL= altitud de 561msnm, cuadrado verde HCodL= altitud de 660msnm, rombo negro HCodL= altitud de 725msnm, rectángulo amarillo HCodL= altitud de 816msnm, círculo rojo HCodL= altitud de 856msnm.

Al hacer un análisis de Redundancia Canónica (con el software CANOCO 4.5), en los dos primeros ejes con los subórdenes, la altura y las variables ambientales la tendencia muestra que la TminC es inversa a Heteroptera, razón por la cual mientras a menor sea la altura aumenta la cantidad de individuos del suborden Heteroptera. También muestra una inversa entre la HRmin y la altura, que a mayor humedad disminuye Heteroptera. En la figura 10, Heteróptera es importante, sin embargo, en lo estadístico no. Dado que, la variación acumulada es de 78 % de las variables analizadas y con el 10% de las variables de invertebrados no hay significancia (p= 0.23) (Anexo 6). Sin embargo, se nota que las variables más representativas son la altura y temperatura mínima en el caso de las variables ambientales y Heteroptera en el caso de las variables de invertebrados. Eso nos dice que a alturas más bajas va a ver más Herteropteras y mientras aumenta la temperatura disminuye Heteróptera. Esto se comprobó con el análisis general utilizando el paquete estadístico mvabund con el software R (Tablas 6, 7 y 8). Asimismo, se estimaron los subórdenes individuales causantes de la variación significativa (Anexo 4, 5 y 6). Eso quiere decir que en el primer eje canónico existe una variación significativa entre la variable altura y Heteroptera (LRT= 24.308, p= 0.011) (Anexo 4), así mismo, Heteroptera y temperatura mínima es significante (LRT= 27.413, p= 0.052) (Anexo 5). Para humedad relativa mínima y la variable invertebrados, nos damos cuenta que Avispa (LRT = 31.288, p= 0.059) y Heteroptera (LRT= 34.193, p= 0.025) tienen significancia entre las dos variables (Anexo 6) que es lo que se puede apreciar visualmente en la Figura 10.

En investigaciones realizadas se explica cómo existe una tendencia de disminución de la diversidad y abundancia cuando aumenta la altura, esto se debe a los cambios en la temperatura, humedad y la cantidad de lluvia, ya que conforme incrementa los gradientes altitudinales decrece la productividad primaria y se muestra fluctuaciones negativas en relación a la producción primaria y la altitud, de manera que, influye en la ecología de los

invertebrados en especial en bosques montanos tropicales. Apoyado en un estudio realizado en un bosque nublado del noroccidente de Pichincha sobre la variación altitudinal en la diversidad y composición de la comunidad de invertebrados asociado a bromelias (Villacis, 2011). Roman *et al.,* (2016) mencionan que los géneros de Heterópteras están ligados y dependen de la disponibilidad de microhábitats, disposición de alimentos y los cambios en la cobertura vegetal. Un estudio realizado en diferentes usos de suelo de la Estación Experimental Agropecuaria en Buenos Aires, a lo largo de las estaciones muestran valores no significativos para la abundancia de Heteroptera, puesto que, es posible que estas dependan de un ambiente determinado que muestra un recambio estacional y similitud con todos los usos de suelo (Nanni, Magnano, & Carpientero, 2014), situacion que puede ser comprobada en los diferentes usos de suelo que tiene el CIPCA.

Tabla 6. Análisis estadístico multivariado entre los subórdenes insectos y la altura, utilizando el paquete mvabund en el software R.

	Grados de Libertad	**Dif. G.L.**	**Pr (>Dev)**	**Significancia**
Intercepción	59			
Insectos&Altura	55	478.37	0.001	***

En el análisis estadístico multivariado usando el paquete (mvabund) aplicando solamente la variable insectos y altura, se muestra que la tendencia del modelo altura e insectos con 55 GL es altamente significativa con (p= 0.001).

Tabla 7. Análisis estadístico multivariado entre los subórdenes insectos y la temperatura mínima, utilizando el paquete mvabund en el software R.

	Grados de Libertad	**Dif. G.L.**	**Pr (>Dev)**	**Significancia**
Intercepción	59			
Insectos&Temperatura MinC	52	7114.3	0.004	**

En el análisis estadístico multivariado usando el paquete (mvabund) aplicando solamente la variable insectos y temperatura mínima, se muestra que la tendencia del modelo altura e insectos con 52 GL es altamente significativa con (p= 0.004).

Tabla 8. Análisis estadístico multivariado entre los subórdenes de insectos y la Humedad relativa mínima, utilizando el paquete mvabund en el software R.

	Grados de Libertad	**Dif. G.L.**	**Pr (>Dev)**	**Significancia**
Intercepción	59			
Insectos&Hrmin	50	9151.3	0.002	**

En el análisis estadístico multivariado usando el paquete (mvabund) aplicando solamente la variable insectos y humedad relativa mínima, se muestra que la tendencia del modelo altura e insectos con 50 GL es altamente significativa con (p= 0.002).

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Con el estudio se concluye que, al analizar gradientes altitudinales, factores ambientales y grupos de invertebrados, Collembolas (Poduromorpha, Entomobryomorpha y Symphypleona), Heteroptera y Blattodea presentan una mayor correlación significativa con lo antes mencionado. Esto indica que, pueden ser indicadores biológicos de cambios estructurales de ecosistemas en bosques tropicales húmedos para tomarlos en cuenta en estudios de efectos de cambio climático.
- Mediante la investigación se identificaron 11 taxas a nivel de orden y 7 de suborden, donde Hymenoptera con 7286 individuos fue el orden con mayor abundancia que se registró en todas las gradientes, desde la más baja hasta la más alta. Así como también lo fue Entomobryomorpha 1124 individuos, Poduromorpha 972 con individuos y Blattodea con 1709 individuos, en menor proporción Hemiptera con 129 individuos, y Araneae con132 individuos. En cuanto a los subórdenes los más relevantes fueron Formicidae con 7202 individuos, Heteroptera con 56 individuos y Auchenorryncha con 63 individuos.
- En el análisis de correlación entre la variable insectos y la variable temperatura mínima, el orden Entomobryomorpha fue alta mente significante, mientras que, el orden Poduromorpha y Blattodea fueron significantes. Para los subórdenes analizando las mismas variables Heteroptera fue la más significante, en el caso de la humedad relativa mínima y la variable insectos, Entomobryomorpha, Poduromorpha, Avispa y heteróptera son correlacionalmente significantes, en tendencia de disminución de Heteroptera cuando incrementaba la humedad.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar más estudios sobre la macrofauna edáfica en bosques primarios húmedos tropicales abarcando una mayor distancia de gradientes altitudinales para entender mejor la dinámica poblacional y la distribución espacial de los invertebrados.
- Se recomienda al momento del muestreo realizar el mayor número de réplicas posible y un número considerable de trampas para obtener datos que permitan la identificación de invertebrados a niveles más pequeños como género o especie.
- Se recomienda tener en cuenta las variables ambientales mediante la instalación de sensores de temperatura y humedad para analizarlos en diferentes temporadas (Seca, húmeda e intermedia) manteniendo muestreos permanentes de invertebrados en bosques primarios y compararlos con otros usos de suelo para propuestas de conservación ambiental.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrew, N. R., Rodgerson, L., & Dunlop, M. (2003). Variation in invertebrate–bryophyte community structure at different spatial scales along altitudinal gradients. Journal of biogeography, 30(5), 731-746.

Aragón Osejo J., O. Borja M., & Josse C. (2017). Bosques de la Región Amazónica Ecuatoriana: ¿Qué nos dicen las cifras de deforestación de los últimos 15 años? Memorias Universidad Del Azuay, 1(XVI), 63 - 76. Recuperado el 26 de junio de 2020, a partir de http://201.159.222.81/index.php/memorias/article/view/49

Bárcena, A., & Prado, A. (2017). Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. D-CEPAL.

Becerra, S., Maurice, L., & Desprats-Bologna, S. (2018). Nuestro vivir en la Amazonia ecuatoriana: entre la finca y el petróleo.

Bermeo Estrella, D. F. (2010). Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas.

Brown, S., Rufus, L. Chaney, Judith G. Hallfrisch and Qi Xue. 2003. Effect of Biosolids Processing on Lead Bioavailability in an Urban Soil. Journal of Environmental Quality. 32: 100.108.

Cabrera, Grisel. (2012). Edaphic macrofauna as biological indicator of the conservation/disturbance status of soil. Results obtained in Cuba. Pastos y Forrajes, 35(4), 346-363. Recuperado el 26 de junio de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000400001&lng=es&tlng=en.

Castro, A., & Espinosa, C. I. (2016). Dinámica estacional de invertebrados en un matorral seco tropical a lo largo de un gradiente altitudinal. Ecosistemas, 25(2), 35-45.

Coe Michael T., Marthews Toby R., Costa Marcos Heil, Galbraith David R., Greenglass Nora L., Imbuzeiro Hewlley M. A., Levine Naomi M., Malhi Yadvinder, Moorcroft Paul R., Muza Michel Nobre, Powell Thomas L., Saleska Scott R., Solorzano Luis A. and Wang Jingfeng 2013. Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south–southeastern AmazoniaPhil. Trans. R. Soc. B36820120155. http://doi.org/10.1098//rstb.2012.0155

Córdova, J. (2019). Caracterización de insectos hemimetábolos del orden hemiptera como grupo bioindicador en un proceso de restauración ecológica con enmiendas de biochar en el CIPCA. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.

Correa, K., Ávalos, G., Cubas, F., De la Cruz, G., & Díaz, A. (2020). Orientaciones para el análisis del clima y determinación de los peligros asociados al Cambio Climático.

Cutz, L., García, A., Castaño, G., & Palacios, J. (2010). Diversidad de invertebrados de musgos corticícolas en la región del volcán Iztaccíhuatl, Estado de México. Revista Colombiana de Entomología, 1-6.

Cutz-Pool, Leopoldo Q, Palacios-Vargas, José G, & Castaño-Meneses, Gabriela. (2008). Estructura de la comunidad de colémbolos (Hexapoda: Collembola) en musgos corticícolas en el gradiente altitudinal de un bosque subhúmedo de México. Revista de Biología Tropical, 56(2), 739-748. Retrieved August 19, 2020, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000200025&lng=en&tlng=es.

Díaz Cordero, Gerarda (2012). EL CAMBIO CLIMÁTICO. Ciencia y Sociedad, XXXVII (2), 227-240. [Fecha de consulta 24 de julio de 2020]. ISSN: 0378-7680. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=870/87024179004

Duque, A., Stevenson, P. R., & Feeley, K. J. (2015). Thermophilization of adult and juvenile tree communities in the northern tropical Andes. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(34), 10744–10749. doi:10.1073/pnas.1506570112

FAO. 2020. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Principales resultados. Roma. https://doi.org/10.4060/ca8753es

Feeley, K. J., Silman, M. R., Bush, M. B., Farfan, W., Cabrera, K. G., Malhi, Y., … & Saatchi, S. (2011). Upslope migration of Andean trees. Journal of Biogeography, 38(4), 783-791.

Feeley, K. J., Hurtado, J., Saatchi, S., Silman, M. R., & Clark, D. B. (2013). Compositional shifts in Costa Rican forests due to climate- driven species migrations. Global change biology, 19(11), 3472-3480.

Fernandez F. (Ed.). 2003. Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. XXVI + 398 p.

Forero-Medina G, Terborgh J, Socolar SJ, Pimm SL (2011) Elevational Ranges of Birds on a Tropical Montane Gradient Lag behind Warming Temperatures. PLoS ONE 6(12): e28535. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028535

França, FM, Ferreira, J, Vaz- de- Mello, FZ, et al. El Niño impacts on human- modified tropical forests: Consequences for dung beetle diversity and associated ecological processes. Biotropica. 2020; 52: 252– 262. https://doi.org/10.1111/btp.12756

González, Luisa y Lozano, Liz (2004). Bioindicadores como herramienta de evaluación de la calidad ambiental en la parte alta de la microcuenca las delicias. Umbral Científico, (5), 73-82. [Fecha de consulta 21 de julio de 2020]. ISSN: 1692-3375. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=304/30400510

Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, et al. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLOS ONE 12(10): e0185809. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809

Hernández, B., Maes, J. M., Harvey, C. A., Vílchez, S., Medina, A., & Sánchez, D. (2003). Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. Agroforestería en las Américas, 10(39-40), 93-102.

Holzschuh, A., Dudenhöffer, J. H., & Tscharntke, T. (2012). Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. Biological Conservation, 153, 101-107.

Hoyle, M., & Harborne, A. R. (2005). Mixed effects of habitat fragmentation on species richness and community structure in a microarthropod microecosystem. Ecological entomology, 30(6), 684-691.

Initiative, I. R. (2020). Tropical forests & climate change. Interfaith Rainforest Initiative, pág.1-15.

Jara Jara, J. C. (2015). La deforestación de los bosques protectores como un atentado al derecho al buen vivir en la legislación ecuatoriana (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Lázaro, L. (2020). Cambio climático 2020: ciencia, tras el maratón COP 25, el Pacto Verde Europeo y legislación climática en España. Análisis del Real Instituto Elcano (ARI), (14), 1.

Leps, J. and Smilauer, P. (2014) Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press. New York, Estados Unidos: Cambridge University Pres.

Magrovejo, P. (2017). Bosques y cambio climático en Ecuador: el regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático (tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador. Quito, Ecuador.

Martino, D. (2007). Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. Revista del Sur, pág. 1-11.

Melo, M. (2010). Evaluación de la macrofauna edáfica en parcelas experimentales enmendadas con biosólidos en diferente proporción en el aula ambiental Soratama Loc. (tesis de pregrado). Pontíficia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

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

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

Monteith, J., & Unsworth, M. (1990). Principles of Environmental Physics. 2nd (ed). Eastobourne: Elsevier Science.

Muñoz, G. (2013). Estructura de la comunidad de arañas tejedoras (Arachnida:Araneidae) a lo largo de un gradiente altitudinal en los Andes nor-orientales ecuatorianos. (Tesis de pre-grado). Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Muñoz Quintero, Anderson & Amarillo, Angela. (2010). Altitudinal variation in diversity of Arctiidae and Saturniidae (Lepidoptera) in a Colombian Cloud Forest. Revista Colombiana de Entomología. 36. 292-299.

Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

Nanni, A., Magnano, A., & Carpintero, D. (2014). Los Heteroptera (Insecta: Hemiptera) edáficos del INTA Delta del Paraná (partido de Campana, Buenos Aires). Variación espacial y temporal del elenco de las especies en distintos usos de la tierra. Revista Del Museo Argentino De Ciencias Naturales Nueva Serie, 13(1), 27-39. Recuperado de http://revista.macn.gov.ar/ojs/index.php/RevMus/article/view/229/213

Noboa, S. J. (2010). Cambio climatico y pobreza en el Ecuador. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), (17), 54-64.

Noguera-Talavera, Á., Reyes-Sánchez, N., Mendieta-Araica, B., & Salgado-Duarte, M. M. (2017). Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de Moringa oleifera Lam. en Nicaragua. Pastos y Forrajes, 40(4), 184-187.

Ole Wendroth, 2004; Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Vadose Zone Journal; 3 (3): 1057. doi: https://doi.org/10.2113/3.3.1057

Organización Meteorológica Mundial, 2017. Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas. (Ed) 2017, OMM-N°1203. Recuperado el 26 de junio de 2020 del sitio web https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4167

Pareja, S. R., Lemus, F. A., Pisco, R. R., Gamboa, J. A. Q., & Rojas, E. I. L. (2011). Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de mora, pasto y aguacate. Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín, 64(1), 5793-5802.

Poma Copa, M. P., Jiménez Gutiérrez, M. Y., Usca Tiuquinga, M. R., & Játiva Reyes, M. F. (2019). Determinación de la variabilidad climática mediante la aplicación de índices de cambio climático, provincia de Orellana. Ciencia Digital, 3(3.2.1), 239-257. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.816

Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in ecology & evolution, 25(6), 345-353.

Prather, C.M., Pelini, S.L., Laws, A., Rivest, E., Woltz, M., Bloch, C.P., Del Toro, I., Ho, C.-K., Kominoski, J., Newbold, T.A.S., Parsons, S. and Joern, A. (2013), Invertebrates, ecosystem services and climate change. Biological Reviews, 88: 327-348. doi:10.1111/brv.12002

Roman, M. C., Chamorro, K., & Martínez, N. (2016). Diversidad de REDUVIIDAE (HEMIPTERA: HETEROPTERA) en tres fragmentos de bosque tropical (BST) en el departamento del Atlántico, Colombia. Boletin científico Centro de Museos de Historia Natural, 1-23.

Sabogal, C; Guariguata, MR; Broadhead, J; Lescuyer, G; Savilaakso, S; Essoungou, N; Sist, P. 2013. Manejo forestal de uso múltiple en el trópico húmedo; oportunidades y desafíos para el manejo forestal sostenible. FAO Forestry Paper No. 173. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / Bogor, Indonesia, Centro Internacional de Investigación Forestal.

Secretaría Técnica Planifica Ecuador. (2019). Informe de avance del cumplimiento de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Quito.

Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos, 10, 57.

Sanders, N.J. (2002), Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. Ecography, 25: 25-32. doi:10.1034/j.1600-0587.2002.250104.x

Soares-Filho, B., Nepstad, D., Curran, L. et al. Modelling conservation in the Amazon basin. Nature 440, 520–523 (2006). https://doi.org/10.1038/nature04389

Toulkeridis, Theofilos, Tamayo, Elizabeth, Simón-Baile, Débora, Merizalde-Mora, María J., Reyes –Yunga, Diego F., Viera-Torres, Mauricio, & Heredia, Marco. (2020). Cambio Climático según los académicos ecuatorianos - Percepciones versus hechos. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 31(1), 21-46. https://dx.doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.02

Vázquez G., M. M. (2001). Bioturbadores. En fauna edáfica de las selvas tropicales de Quintana Roo (págs. 11-13). México: UQROO.

Villacís, E. (2011). Variación Altitudinal en la Diversidad y Composición de la Comunidad de Invertebrados Asociada a Bromelias en un Bosque Nublado del Noroccidente de

Pichincha. Tesis de grado previo a la obtencion del título de Licenciado en Ecologia Aplicada. Quito: Universidad Sanfrancisco de Quito.

Webb, A. (1994), Principles of environmental physics. By J. L. Monteith & M. H. Unsworth. Edward Arnold, Sevenoaks. 2nd edition, 1990. Pp. xii + 291. Price £15.99 (£32.00 hardback). ISBN 0 7131 2931 X. Q.J.R. Meteorol. Soc., 120: 1700-1700. doi:10.1002/qj.49712052015

Werth, D., and Avissar, R., The local and global effects of Amazon deforestation, J. Geophys. Res., 107(D20), 8087, doi: 10.1029/2001JD000717, 2002.

World Bank. (2016). World Bank Group Climate Change Action Plan. Washington, DC.

Zumbado, M. A. y Azofeifa, D. 2018. Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

7 ANEXOS

Anexo 1. Tabla 9. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los órdenes de insectos y altura.

insectos&Altura		Significancia
Acari	Dev.	4,899
	Sig	0,788
Araneae	Dev.	21,877
	Sig	0,321
Entomobryomorpha	Dev.	20,051
	Sig	0,393
Poduromorpha	Dev.	33,98
	Sig	0,053
Symphypleona	Dev.	3,078
	Sig	0,788
Blattodea	Dev.	20,063
	Sig	0,393
Coleoptera	Dev.	4,579
	Sig	0,788
Diptera	Dev.	15,712
	Sig	0,393
Hemiptera	Dev.	16,332
	Sig	0,393
Hymenoptera	Dev.	10,232
	Sig	0,486
Orthoptera	Dev.	12,643
	Sig	0,393

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 2. Tabla 10. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los órdenes de insectos y temperatura mínima

Insectos&Temperatura mínima			Significancia
Acari	Dev.	11.456	
	Sig	0.288	
Araneae	Dev.	25.806	
	Sig	0.117	
Entomobryomorpha	Dev.	70.384	
	Sig	0.002	*
Poduromorpha	Dev.	43,462	
	Sig	0,054	
Symphypleona	Dev.	21.853	
	Sig	0.123	
Blattodea	Dev.	46.975	
	Sig	0.054	
Coleoptera	Dev.	14.428	
	Sig	0.218	
Diptera	Dev.	21.345	
	Sig	0.123	
Hemiptera	Dev.	17.034	
	Sig	0.137	
Hymenoptera	Dev.	24.627	
	Sig	0.123	
Orthoptera	Dev.	23.326	
	Sig	0.123	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 3. Tabla 11. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los órdenes de insectos y Humedad relativa mínima.

insectos&Hrmin		Significancia	
Acari	Dev.	18.829	
	Sig	0.214	
Araneae	Dev.	29.69	
	Sig	0.142	
Entomobryomorpha	Dev.	76.229	
	Sig	0.001	**
Poduromorpha	Dev.	56.972	
	Sig	0.049	
Symphypleona	Dev.	26.971	
	Sig	0.183	
Blattodea	Dev.	48.784	
	Sig	0.142	
Coleoptera	Dev.	14.847	
	Sig	0.232	
Diptera	Dev.	23.862	
	Sig	0.183	
Hemiptera	Dev.	19.114	
	Sig	0.214	
Hymenoptera	Dev.	27.037	
	Sig	0.183	
Orthoptera	Dev.	27.232	
	Sig	0.178	

Anexo 4. Tabla 12. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los sub-órdenes de insectos y altura.

insectos&Altura			Significancia
Isoptera	Dev.	14,379	
	Sig	0,17	
Blatodea	Dev.	6,758	
	Sig	0,453	
Heteroptera	Dev.	24,308	
	Sig	0,011	*
Auchenorrincha	Dev.	3,738	
	Sig	0,494	
Formicida	Dev.	9,903	
	Sig	0,406	
Apoidea	Dev.	5,937	
	Sig	0,453	
Avispa	Dev.	13,348	
	Sig	0,177	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 5. Tabla 13. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los sub-órdenes de insectos y temperatura mínima.

Insectos&Temperatura mínima			Significancia
Isoptera	Dev.	18.307	
	Sig	0.098	
Blatodea	Dev.	5.217	
	Sig	0.934	
Heteroptera	Dev.	27.413	
	Sig	0.052	
Auchenorrincha	Dev.	8.421	
	Sig	0.784	
Formicida	Dev.	24.132	
	Sig	0.090	
Apoidea	Dev.	7.773	
	Sig	0.784	
Avispa	Dev.	20.812	
	Sig	0.090	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Anexo 6. Tabla 14. Análisis univariado con el paquete estadístico (mvabund) de significancia en intercepción de los sub-órdenes de insectos y Humedad relativa mínima.

	insectos&Hrmin		Significancia
Isoptera	Dev.	25.07	
	Sig	0.161	
Blatodea	Dev.	9.064	
	Sig	0.797	
Heteroptera	Dev.	31.288	
	Sig	0.059	
Auchenorrincha	Dev.	10.241	
	Sig	0.797	
Formicida	Dev.	26.394	
	Sig	0.161	
Apoidea	Dev.	10.762	
	Sig	0.797	
Avispa	Dev.	34.913	
	Sig	0.025	*

Anexo 7 Tabla 15. Análisis de redundancia canónica entre los órdenes de las especies de invertebrados y las variables ambientales en el eje X y Y.

**** Summary ****

	X	Y	Z	W	
Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0,08	0,027	0,013	0,012	1
Species-environment correlations :	0,694	0,519	0,402	0,384	
Cumulative percentage variance					
of species data :	8	10,7	12	13,3	
of species-environment relation:	57,8	77,6	87,2	96,2	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,138

All four eigenvalues reported above are canonical and correspond to axes that are constrained by the environmental variables.

*** Unrestricted permutation ***

Seeds: 23239 945

**** Summary of Monte Carlo test ****

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.080
F-ratio = 4.684
P-value = 0.0057

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.138
F-ratio = 1.731
P-value = 0.0068

Anexo 8. Tabla 16. Análisis de redundancia canónica entre los sub-órdenes de las especies de invertebrados y las variables ambientales en el eje X y Y.

**** Summary ****

Axes	1	2	3	4	Total variance
Eigenvalues :	0,068	0,03	0,019	0,007	1
Species-environment correlations :	0,49	0,341	0,363	0,285	
Cumulative percentage variance					
of species data :	6,8	9,7	11,6	12,3	
of species-environment relation:	54,3	78	93	98,7	
Sum of all eigenvalues					1
Sum of all canonical eigenvalues					0,125

All four eigenvalues reported above are canonical and correspond to axes that are constrained by the environmental variables.

*** Unrestricted permutation ***

Seeds: 23239 945

**** Summary of Monte Carlo test ****

Test of significance of first canonical axis: eigenvalue = 0.068
F-ratio = 3.931
P-value = 0.2348

Test of significance of all canonical axes : Trace = 0.125
F-ratio = 1.543
P-value = 0.0826

Anexo 9. Tabla 17. Matriz de las variables ambientales y datos de coleta de dos replicas en agosto de 2019.

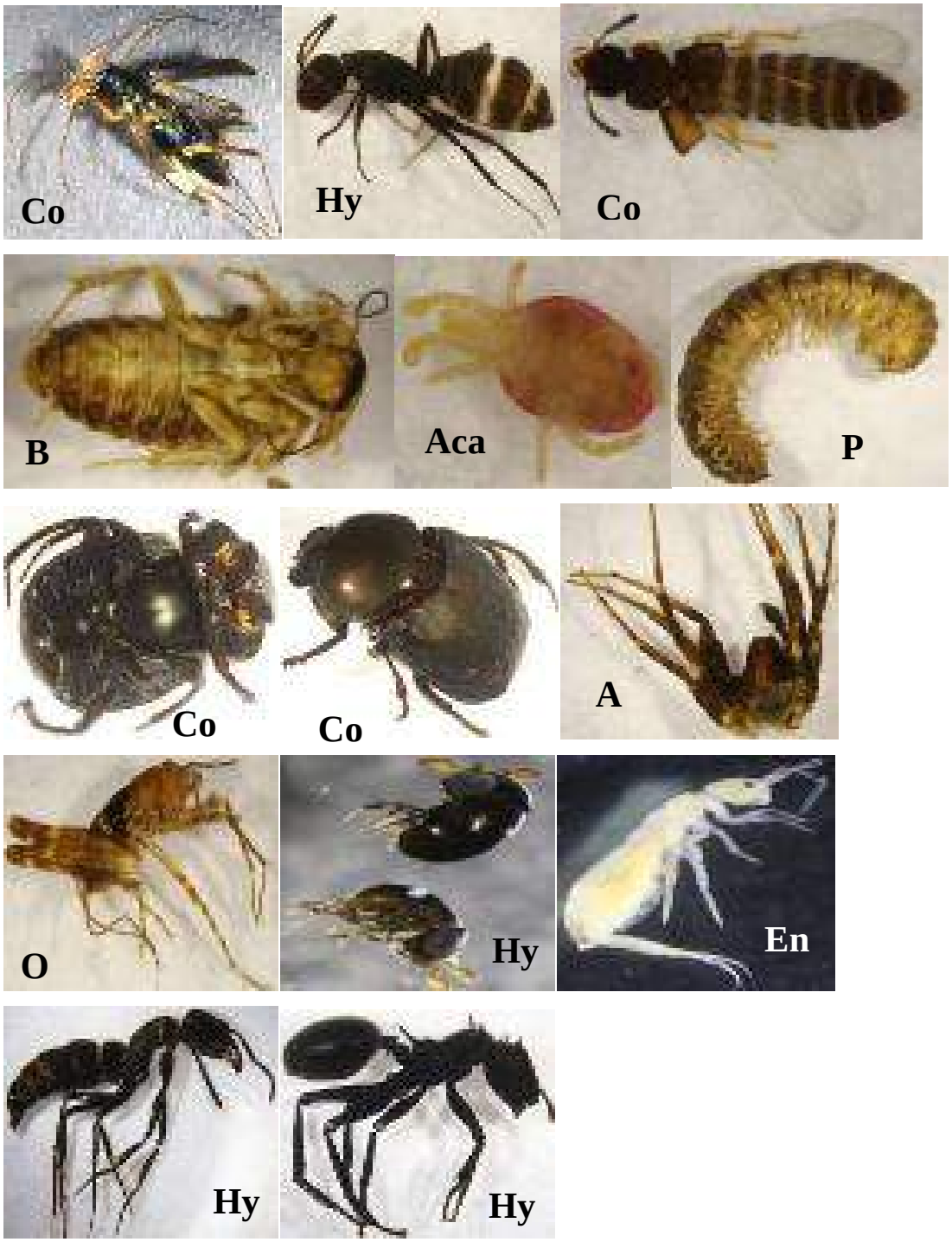
Num	CODE	ReplicaF	ReplicaN	ReplicaL	Altura	HCod	HCodL	NTrampa	HRmin	TminC	TmaxC	TmeanC	Aca	A	Ent	Pod	Sym	B	C
1	567-1-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	567	1	561m	1	86,7	20,3	24,5	22,6	8	2	10	5	0	0	3
2	564-2-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	564	1	561m	2	86,7	20,3	24,5	22,6	3	2	22	8	25	11	4
3	562-3-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	562	1	561m	3	86,7	20,3	24,5	22,6	6	1	24	20	7	0	8
4	560-4-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	560	1	561m	4	86,7	20,3	24,5	22,6	1	0	1	2	0	0	2
5	559-5-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	559	1	561m	5	86,7	20,3	24,5	22,6	1	0	1	12	4	3	6
6	558-6-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	558	1	561m	6	86,7	20,3	24,5	22,6	4	1	9	2	20	298	1
7	567-1-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	567	1	561m	1	91,1	19,8	23,5	21,7	2	0	59	137	17	2	3
8	564-2-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	564	1	561m	2	91,1	19,8	23,5	21,7	2	0	32	12	2	3	3
9	562-3-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	562	1	561m	3	91,1	19,8	23,5	21,7	1	1	31	76	27	10	1
10	560-4-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	560	1	561m	4	91,1	19,8	23,5	21,7	4	1	144	62	21	4	2
11	559-5-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	559	1	561m	5	91,1	19,8	23,5	21,7	13	2	178	32	90	3	4
12	558-6-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	558	1	561m	6	91,1	19,8	23,5	21,7	0	0	82	43	3	1	3
13	662-1-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	662	2	660m	1	90,5	19,0	23,9	20,0	4	0	1	2	3	2	1
14	661-2-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	661	2	660m	2	90,5	19,0	23,9	20,0	6	1	5	12	5	6	4
15	661-3-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	661	2	660m	3	90,5	19,0	23,9	20,0	15	0	6	3	3	3	14
16	660-4-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	660	2	660m	4	90,5	19,0	23,9	20,0	1	1	1	7	1	537	0
17	658-5-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	658	2	660m	5	90,5	19,0	23,9	20,0	12	1	3	6	10	0	5
18	658-6-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	658	2	660m	6	90,5	19,0	23,9	20,0	10	3	0	4	0	2	6
19	662-1-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	662	2	660m	1	90,3	19,1	23,4	20,2	15	0	9	3	25	3	5
20	661-2-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	661	2	660m	2	90,3	19,1	23,4	20,2	5	0	18	5	11	2	5
21	661-3-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	661	2	660m	3	90,3	19,1	23,4	20,2	5	0	34	14	67	1	2
22	660-4-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	660	2	660m	4	90,3	19,1	23,4	20,2	0	1	43	49	49	0	4
23	658-5-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	658	2	660m	5	90,3	19,1	23,4	20,2	1	2	15	1	25	3	3
24	658-6-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	658	2	660m	6	90,3	19,1	23,4	20,2	1	1	13	5	23	4	1
25	727-1-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	727	3	725m	1	90,2	19,5	23,5	21,5	7	3	13	23	6	0	7
26	727-2-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	727	3	725m	2	90,2	19,5	23,5	21,5	0	20	9	9	6	5	5
27	727-3-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	727	3	725m	3	90,2	19,5	23,5	21,5	5	3	14	27	22	63	12
28	726-4-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	726	3	725m	4	90,2	19,5	23,5	21,5	8	1	6	5	13	277	7
29	724-5-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	724	3	725m	5	90,2	19,5	23,5	21,5	8	0	3	18	7	138	4
30	724-6-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	724	3	725m	6	90,2	19,5	23,5	21,5	9	1	5	5	3	185	19
31	727-1-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	727	3	725m	1	90,9	19,1	23,2	20,7	3	4	29	54	40	4	1
32	727-2-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	727	3	725m	2	90,9	19,1	23,2	20,7	2	3	19	32	18	4	0
33	727-3-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	727	3	725m	3	90,9	19,1	23,2	20,7	12	0	12	56	22	1	1
34	726-4-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	726	3	725m	4	90,9	19,1	23,2	20,7	2	1	26	24	42	4	7
35	724-5-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	724	3	725m	5	90,9	19,1	23,2	20,7	3	2	10	42	27	2	0
36	724-6-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	724	3	725m	6	90,9	19,1	23,2	20,7	16	0	10	24	13	24	14
37	816-1-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	816	4	816m	1	89,7	18,7	22,6	20,8	5	1	0	1	6	1	1
38	817-2-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	817	4	816m	2	89,7	18,7	22,6	20,8	40	1	3	9	6	6	7
39	818-3-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	818	4	816m	3	89,7	18,7	22,6	20,8	3	1	2	5	4	6	3
40	817-4-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	817	4	816m	4	89,7	18,7	22,6	20,8	1	1	3	5	8	8	2
41	818-5-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	818	4	816m	5	89,7	18,7	22,6	20,8	10	0	10	2	2	4	4
42	815-6-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	815	4	816m	6	89,7	18,7	22,6	20,8	4	0	3	7	1	1	1
43	816-1-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	816	4	816m	1	91,6	19,2	23,3	20,8	3	0	30	1	2	4	1
44	817-2-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	817	4	816m	2	91,6	19,2	23,3	20,8	1	2	22	0	6	2	2
45	818-3-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	818	4	816m	3	91,6	19,2	23,3	20,8	28	2	19	10	62	1	3
46	817-4-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	817	4	816m	4	91,6	19,2	23,3	20,8	3	1	20	1	1	7	8
47	818-5-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	818	4	816m	5	91,6	19,2	23,3	20,8	15	1	17	2	10	4	10
48	815-6-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	815	4	816m	6	91,6	19,2	23,3	20,8	3	3	22	1	8	0	4
49	858-1-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	858	5	856m	1	87,1	18,6	24,1	20,7	6	4	27	12	28	2	3
50	856-2-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	856	5	856m	2	87,1	18,6	24,1	20,7	4	0	15	1	0	1	2
51	856-3-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	856	5	856m	3	87,1	18,6	24,1	20,7	12	5	32	13	19	3	1
52	857-4-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	857	5	856m	4	87,1	18,6	24,1	20,7	15	5	22	10	13	2	19
53	856-5-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	856	5	856m	5	87,1	18,6	24,1	20,7	29	29	14	3	35	3	9
54	857-6-BP-FG-R1	8-ago-19	1	1r	857	5	856m	6	87,1	18,6	24,1	20,7	3	2	9	4	1	16	10
55	858-1-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	858	5	856m	1	90,9	19,1	23,7	20,8	1	1	0	26	4	4	4
56	856-2-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	856	5	856m	2	90,9	19,1	23,7	20,8	0	1	10	1	14	6	1
57	856-3-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	856	5	856m	3	90,9	19,1	23,7	20,8	3	4	14	1	5	2	2
58	857-4-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	857	5	856m	4	90,9	19,1	23,7	20,8	1	1	8	6	13	10	3
59	856-5-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	856	5	856m	5	90,9	19,1	23,7	20,8	0	3	15	2	11	9	2
60	857-6-BP-FG-R2	26-ago-19	2	2r	857	5	856m	6	90,9	19,1	23,7	20,8	2	6	10	8	15	2	5

D	He	Hy	O	I	Bl	Ht	Au	For	Apoi	Avispa	Ps	Am	Is	Op	Nee	Pol	De	Ep	P
0	4	145	35	0	0	2	2	144	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2	270	11	1	10	0	2	269	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	10	99	2	0	0	9	1	94	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	41	10	0	0	3	1	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3	48	13	0	3	1	2	47	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	55	9	298	0	1	1	55	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	9	36	3	1	1	8	1	30	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	24	5	0	3	1	0	22	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4	5	21	6	1	9	5	0	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	4	108	7	4	0	3	1	105	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	9	2	0	3	1	0	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	60	4	0	1	1	0	60	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	0	18	7	0	2	0	0	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	149	0	0	6	1	2	149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2	14	4	0	3	0	0	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	23	5	532	5	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	35	14	0	0	0	2	32	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2	17	12	0	2	0	0	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	18	6	0	3	0	0	14	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	6	1300	3	0	2	1	5	1300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	41	5	0	1	2	0	38	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	4	14	8	0	0	2	2	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	19	6	0	3	2	2	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2	70	11	0	4	0	2	66	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	202	14	0	0	0	0	201	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0
25	1	109	14	0	5	0	0	108	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0
49	7	114	11	63	0	1	6	113	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	2	102	9	275	2	0	0	101	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	138	9	136	2	2	1	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	335	4	184	1	0	0	332	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
7	0	31	10	0	4	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	228	18	1	3	1	1	227	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	245	6	0	1	0	1	244	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	113	11	0	4	3	2	111	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	110	10	0	2	0	1	108	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	267	1	21	3	0	0	266	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	45	8	0	1	0	1	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	59	13	0	6	0	0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	44	11	0	6	0	0	43	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	196	4	0	8	0	1	196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	49	8	0	4	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
3	1	92	5	0	1	0	1	92	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	70	5	0	4	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	32	1	0	2	0	1	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	49	3	0	1	0	1	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	57	5	0	7	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	30	12	0	4	1	2	27	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0
4	0	13	5	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3	3	64	16	0	2	0	3	61	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0
4	6	24	17	0	1	2	3	19	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	110	12	0	3	0	0	107	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3	291	11	0	2	2	1	288	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	662	23	0	3	0	0	659	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	79	17	0	16	0	1	77	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	187	12	0	4	0	1	185	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	49	7	0	6	0	4	49	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	138	7	0	2	0	1	137	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	4	118	12	0	10	0	4	118	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	135	18	0	9	0	0	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	65	14	0	2	1	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 10. Tabla 18. Clasificación taxonómica de los invertebrados edáficos.



Anexo 11. Fotografías de algunos de os órdenes identificados. Co: Coleoptera, Hy: Hymenoptera, Aca: Acari, B: Blattodea, P: Polydesmida, En: Entomobryomorpha, A: Araneae, O: Orthoptera.



ANEXO 12. Contrato Marco de Acceso a Recurso Genético: Ecosistemas, Biodiversidad y Conservación de Especies, Invertebrados y sus interacciones, MAE-DNB-CM-2018-0087.

SECRETARÍA GENERAL

18 AGO 2018

REGISTRO 6336

FOLIO 398

MINISTERIO DEL AMBIENTE

CONTRATO MARCO DE ACCESO A LOS RECURSOS GENÉTICOS DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DENOMINADO: "*ECOSISTEMAS, BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN DE ESPECIES, INVERTEBRADOS Y SUS INTERACCIONES*" CELEBRADO ENTRE EL MINISTERIO DEL AMBIENTE, A TRAVÉS DE LA SUBSECRETARÍA DE PATRIMONIO NATURAL; Y, LA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA.

MAE-DNB-CM-2018-0087

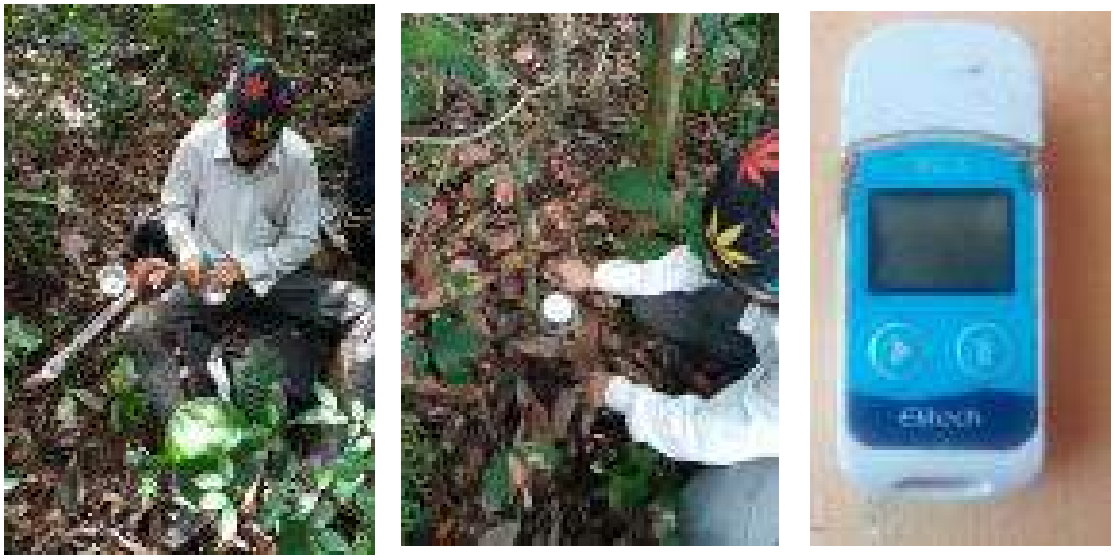
COMPARECIENTES:

A la suscripción del presente **Contrato Marco de Acceso a los Recursos Genéticos** comparecen, por una parte el **MINISTERIO DEL AMBIENTE**, a través de la Subsecretaría de Patrimonio Natural, legalmente representado por el **LCDO. LÓPEZ MORA ALFREDO DANILO**, en su calidad de Subsecretario de Patrimonio Natural, conforme se desprende de la Acción de Personal Nro. 0945 de 02 de mayo de 2018, delegado de la máxima autoridad mediante Acuerdo Ministerial Nro. 024 de 09 de marzo de 2016, publicado en el Registro Oficial Nro. 725 de 04 de abril de 2016, a quien en adelante se le denominará **"MAE"**; y, por otra parte, la **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**, debidamente representada por el Dr. **C. JULIO CESAR VARGAS BURGOS** PhD., en su calidad de Rector, conforme se desprende de la copia de la Acción de Personal Nro. 250-UEA-OTH-2016 de 30 de marzo de 2016 que se agrega como documento habilitante y a quien en adelante se le denominará **"UEA"**;

Anexo 13. Fotografías de la ejecución del proyecto.



Fotografía 1. Instalacion de las trampas de caida.



Fotografía 2. Instalación de sensores de temperatura Elitech RC-5.



Fotografía 3. Colecta de muestras en campo.



Fotografía 4. Identificación de los invertebrados a nivel de orden en el laboratorio.



Fotografía 5. Cobertura de bosque primario húmedo tropical en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica. (CIPCA)