

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Influencia de la altitud en la composición de comunidades de moscas
necrófagas de importancia forense (Diptera: Calyptratae) en la
provincia del Napo.

Disertación previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias
Biológicas

Mariela Alejandra Domínguez Trujillo

QUITO, 2017

Certifico que la disertación de la Licenciatura de Ciencias Biológicas de la candidata Mariela Alejandra Domínguez Trujillo ha sido concluida con conformidad de las normas establecidas; Por lo tanto, puede ser presentada para la certificación correspondiente

Álvaro Barragán, M. Sc.
Director de la Disertación

Quito, 13 de septiembre de 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi mamá, Sandra Trujillo, por todo el sacrificio, apoyo y amor incondicional que me ha brindado hasta hoy. A mi tía Mónica Trujillo y a mi abuelita Victoria Flores, que igualmente me han ayudado y motivado a seguir adelante. Gracias por estar siempre conmigo. A mi prima Carolina González que es como mi hermana.

Agradezco a Álvaro Barragán, más que por liderar mi tesis, por ser una ayuda y una guía en mi carrera profesional, también el hecho de haberme aceptado en su laboratorio como parte del equipo de Entomología. Agradezco también a mis lectoras Verónica Crespo y Fernanda Checa por la ayuda y comentarios brindados en la corrección de mi disertación escrita.

Un agradecimiento muy especial a David A. Donoso por haber sido un gran guía y por todos los consejos y recomendaciones que han sido de gran ayuda en mi formación profesional. Gracias por siempre encaminarme al mundo de la Ciencia.

Un enorme agradecimiento a las personas del laboratorio de Entomología y del Museo QCAZI, en especial a Saúl Aguirre y Anita Torres los cuales aportaron significativamente a la realización de esta disertación, específicamente en el área taxonómica. A todos mis amigos, en especial a Fernanda Cadena, Juan Lagos, Yeanina Cruz, Gabriel Sáenz, Kathya Bustamante y Ricardo Zambrano por haberme apoyado en todo momento y por haber hecho esta etapa de mi vida la mejor.

Finalmente, gracias a la Pontificia Universidad Católica de Ecuador que por medio de Proyectos PUCE: N13456A se logró el financiamiento de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS.....	VII
LISTA DE ANEXOS	VIII
2. ABSTRACT.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ORDEN DIPTERA.....	3
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CLADO CALYPTRATAE.....	4
3.3 INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN LA CLASE INSECTA.....	5
OBJETIVOS.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
4.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	9
4.2 METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN	9
4.3 DATOS AMBIENTALES	10
4.4 IDENTIFICACIÓN.....	10
4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	10
5. RESULTADOS.....	12
5.1 DIVERSIDAD LOCAL (α)	12
5.2 RECAMBIO DE ESPECIES A LO LARGO DEL GRADIENTE (β).....	13
6. DISCUSIÓN	15
7. CONCLUSIONES.....	24
8. RECOMENDACIONES	25
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
10. FIGURAS	31
11. TABLAS.....	36
12. ANEXOS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de individuos recolectados por familia en la provincia de Napo	32
Figura 2. Número de individuos por familia en cada punto de recolección.	32
Figura 3. Datos de diversidad total en base a la altitud.....	33
Figura 4. Número de especies presentes por familia en cada uno de los puntos. 33	
Figura 5. Datos de abundancia total en base a la altitud.....	34
Figura 6. Curva de acumulación de especies.....	34
Figura 7. NMDS.....	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información de los puntos de recolección del estudio dentro de la provincia de Napo.	37
Tabla 2. Variación de la temperatura y humedad relativa en los cinco puntos muestreados.....	37
Tabla 3. Efecto de la temperatura y humedad relativa en la presencia de especies.	37
Tabla 4. Datos recolectados de las familias estudiadas del clado Calyptratae.	38
Tabla 5. Índices de diversidad, dominancia, abundancia y riqueza para los cinco puntos muestreados en la provincia de Napo.	42
Tabla 6. Índice de Jaccard (J).	42
Tabla 7. ANOSIM para los cinco puntos muestreados.....	42
Tabla 8. Análisis SIMPER para las especies de las familias del clado Calyptratae.	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Características morfológicas: Acalyptratae vs Calyptratae. Se observan los tres principales rasgos que diferencian un clado con el otro (Rivers & Dahlem, 2014).	45
Anexo 2. Puntos de muestreo en la provincia de Napo. - en el mapa se muestra los sitios de colecta y los diferentes pisos climáticos	46
Anexo 3. Trampa Van Someren-Rydon modificada para dípteros.	47
Anexo 4. Paisajes de los sitios muestreados.	48

1. RESUMEN

Se investigó la distribución altitudinal de moscas necrófagas (Diptera: Calyptratae) de importancia forense en un gradiente altitudinal en la vertiente oriental de los Andes del Neotrópico. Se realizaron muestreos con trampas de carroña en cinco localidades desde los 500 msnm hasta los 4,100 msnm. Se recolectaron individuos pertenecientes a 82 especies y 7 familias: Calliphoridae, Sarcophagidae, Fanniidae, Muscidae, Tachinidae, Mesembrinellidae y Anthomyidae. La mayoría de las especies en nuestro estudio son conocidas moscas de importancia forense. La abundancia y la riqueza de las mismas alcanzaron su punto máximo a altitudes intermedias y bajas. Sin embargo, fue notorio que la riqueza disminuyó considerablemente con la altitud. Utilizando un análisis NMDS, determinamos que nuestras cinco localidades se agrupan en tres grupos, uno compuesto por dos sitios de tierras bajas (Tena y Sarayacu), uno compuesto por dos sitios de altitud media (Baeza y Papallacta) y el último sitio, Guamani permanecen separados de los otros dos grupos. Se encontró que especies como *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Consomyiops verena* (Walker, 1836) y *Sarconesiopsis magellanica* (Le Guillou, 1842) pueden ser especies indicadoras de sitios altos y fríos, por eso se muestra la presencia de estas únicamente en zonas altas. Los resultados muestran que las variables ambientales (temperatura y humedad relativa) influyen profundamente en la composición de comunidades de las moscas de importancia forense.

Palabras claves: Calyptratae, entomología forense, gradiente altitudinal, indicadoras, Napo.

2. ABSTRACT

The altitudinal distribution of necrophagous flies (Diptera: Calyptratae of forensic importance) was investigated in the eastern slope of tropical Andes. We sampled flies using carrion-baited traps in five localities ranging from 500 to 4,100 msnm. In our survey, we obtained 2 890 necrophagous flies from 82 species belong to several families like: Calliphoridae, Sarcophagidae, Fanniidae, Muscidae, Tachinidae, Mesembrinellidae and Anthomyiidae. Most species in our survey are well-known flies of forensic importance. The abundance and richness of fly species peaked at intermediate altitudes; however richness decreased faster with altitude. Using a NMDS analysis, we determined our five localities cluster in three groups, one composed by the two lowland sites (Tena and Sarayacu), one composed by two mid-altitude sites (Baeza and Papallacta), and the last site, from the highlands (Guamani) remaining separate from the other two groups. *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy, 1830), *Consoimyops verena* (Walker, 1836) and *Sarconesiopsis magellanica* (Le Guillou, 1842) can be indicator species of high and cold sites. This results show that environmental variables (temperature and relative humidity) deeply influence community composition of flies of forensic importance.

Keywords: Forensic Science, carrion ecology, high altitude, indicator species.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ORDEN DIPTERA

Este orden reúne a un grupo bastante amplio de insectos denominados: moscas, moscos, mosquitos, zancudos, entre otros. Los dípteros son muy variables morfológicamente, pero todos ellos se caracterizan por poseer un solo par de alas usadas para el vuelo mientras que el segundo par de alas se encuentra reducido y se denominan halterios. La función de estos últimos está altamente restringida a la estabilidad del vuelo. También poseen otro tipo de estructuras muy variables como las partes bucales. La variación se relaciona con los distintos hábitos alimenticios de los dípteros, un ejemplo de esto son las partes bucales absorbentes tipo esponja de ciertos dípteros que se encuentran asociados a hábitos ligados a la descomposición animal, humana o vegetal (Byrd & Castner, 2010).

El orden Diptera es uno de los grupos más abundantes, con alrededor de 160 000 especies descritas alrededor del mundo, representando el 10% de los animales descritos (Marshall, 2012). El número de especies que están descritas y cuya información se registra en los catálogos muestran que la región Paleártica es una de las más ricas en especies (45,198 especies aproximadamente); mientras que la región Neotropical le sigue en segundo lugar con alrededor de 31,093 especies. Se conoce que al momento existen 180 familias, de las cuales, 160 son pertenecientes al Neotrópico (Brown *et al.*, 2010).

El orden Diptera representa a uno de los grupos más diversos en insectos y el conocimiento de este se ha incrementado considerablemente desde el siglo XVIII. Gracias a registros y aportes de varios autores se la diversidad de los mismos biogeográficamente en Manuales de Dipterología (Marshall, 2012). Papavero (2009a, 2009b) ha contribuido con el conocimiento de dípteros de una manera detallada en dos manuales, en donde se exponen varias características de la mayoría de las familias presentes en este orden (Papavero & Guimarães, 2000). Este orden se encuentra estructurado en dos grandes sub-grupos: Nematocera (mosquitos) y Brachycera (moscas). Según esta clasificación se determina la relación que tienen los mismos con los seres humanos y la importancia en un

aspecto ecológico. Los dípteros pueden actuar como descomponedores de materia orgánica (vegetal o animal), transmisores de enfermedades, control biológico, polinizadores, entre otros (Brown *et al.*, 2010; Junqueira *et al.*, 2016).

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CLADO CALYPTRATAE

Dentro del sub-grupo Brachycera existen dos clados: Calyptratae y Acalyptratae. Los dos se encuentran separados morfológicamente por estructuras denominadas “calípteros” que son prolongaciones en forma de lóbulo que se encuentran en la zona basal posterior de las alas de los dípteros, estas estructuras se encuentran únicamente en el clado Calyptratae (calipterados). Características como: poseer una sutura en el segundo segmento de las antenas (pedicelo) y también una sutura transversal en la superficie dorsal del tórax definen también a los calipterados. (Anexo 1) (Rivers & Dahlem, 2014).

El clado Calyptratae comprende alrededor de 18 000 especies descritas (12% del orden Diptera). Estos incluyen taxones ya conocidos que tienen una estrecha relación con ambientes sinantrópicos (zonas disturbadas) y es reconocido como uno de los mayores linajes dentro del orden Diptera debido a la abundancia y diversidad de especies que presentan las súper familias antes mencionadas (Kutty *et al.*, 2010). Este clado se encuentran catalogado como uno de los más exitosos mundialmente debido a los hábitos que poseen: necrófagos, saprófagos, coprófagos, fitófagos, parásitos, entre otros relacionados directamente a la descomposición (Yeates *et al.*, 2007).

Este clado se divide en tres súper familias: Hippoboscoidea (estrictamente parásitas), Muscoidea (linaje parafilético fuertemente representada por individuos de colores grisáceos) y Oestroidea (linaje monofilético que comprende individuos de colores metálicos). Las súper familias Muscoidea y Oestroidea albergan familias de importancia en ciencias médico-legales y forenses debido a los hábitos que presentan y por este motivo son las únicas que se toma en cuenta en este estudio (Marshall, 2012). La súper familia Oestroidea incluye ocho familias (Calliphoridae, Mesembrinellidae, Sarcophagidae, Tachinidae, Rhiniidae, Rhinophoridae, Mystacinobiidae y Oestridae) en donde las cuatro primeras son de importancia

forense; la súper familia Muscoidea consta de 4 familias (Muscidae, Fanniidae, Anthomyidae y Scathophagidae) y tres de ellas, también las primeras, son de importancia forense; finalmente, la súper familia Hippoboscoidea se compone solamente de dos familias de orden parásito (Glossinidae e Hippoboscidae) (Marshall, 2012).

Una de las funciones que poseen los calípteros dentro de un ecosistema, es el descomponer materia orgánica, tanto animal como vegetal. Este grupo ha sido ampliamente estudiado ya que se relaciona a las ciencias médicas, ecológicas y sanitarias, debido a sus preferencias necrófagas (Wolff & Kosmann, 2016). Gracias a esto este grupo es reconocido y utilizado en las ciencias forenses en una rama denominada: Entomología forense (EF). Esta rama es el estudio de insectos e invertebrados involucrados en casos legales que se encuentran relacionados a seres humanos y vida silvestre (Gennard, 2007; Heo *et al.*, 2007). Dentro de la EF existen tres subdivisiones: urbana, médico-legal y de productos almacenados. La urbana consta del estudio de plagas, la médico-legal se basa en el estudio de insectos de determinados órdenes como un recurso para investigaciones legales con el objetivo de esclarecer delitos, traslados de cuerpos, estimar Intervalo Post Mortem (IPM), negligencias, uso de drogas, entre otros. Finalmente, la de objetos contaminados se centra en insectos que se encuentran en productos de consumo humano (Catts & Goff, 1992; Voss *et al.*, 2009).

3.3 INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN LA CLASE INSECTA

Uno de los factores más importantes dentro de la ecología y la biogeografía de los organismos es la altitud. La estructura de las comunidades y la importancia de los procesos ecosistémicos se relaciona con los gradientes altitudinales y otros factores estrechamente relacionados al gradiente, como la temperatura, humedad, frecuencia del viento, radiación y precipitación. Varios estudios realizados con diferentes órdenes de insectos proveen información sobre el impacto que tienen los mismos con los cambios en el clima en los diferentes ecosistemas que se encuentran en gradientes altitudinales (Sundqvist *et al.*, 2013).

McCoy (1990) es uno de los autores que investiga y recopila información acerca de varios estudios realizados en gradientes, sin embargo, la duda que él plantea es general y es de cómo se distribuyen los insectos a través de un gradiente, duda para la cual aún no existe una respuesta concreta debido a que la distribución de los mismos es mucho más compleja que otros grupos. En la distribución intervienen factores bióticos y abióticos y de estos depende que la colonización de insectos sea exitosa o fracase (Hanski, 1982). Algunos estudios como el de Gagne (1979), Wolda (1987), Hodkinson (2005) & Martínez *et al* (2007), revelan información acerca de los patrones que tienen los insectos al momento de colonizar ciertos ecosistemas como por ejemplo páramos y bosques secundarios. Estos autores concluyen que la riqueza de especies se ve afectada por la altitud y que existen al menos cuatro razones para entender esta declinación en las especies en zonas altas: 1) el área (hábitat) es reducida, 2) el recurso es limitado, 3) el ambiente se vuelve poco favorable, 4) la producción primaria. Por último, otros estudios como los de Janzen (1973), Janzen *et al* (1976) & Sundqvist *et al* (2013) muestran que los picos de riqueza de especies en insectos se encuentran en lugares intermedios más que en las zonas bajas.

Existen dos procesos que indican cómo se encuentran distribuidos los individuos de la clase insecta. El primer proceso muestra que existe una baja de riqueza en los límites de un gradiente alto (3,000 msnm – 4,500 msnm) o bajo (0 msnm – 1,000 msnm) debido a restricciones ambientales, restricción de recursos, depredación, temperaturas extremas las mismas que afectan a las poblaciones de insectos haciendo que su número se reducido. El segundo proceso mantiene que la riqueza de especies se ve favorecida en altitudes intermedias (1,200 msnm – 2,500 msnm) debido a que la acumulación neta de la fotosíntesis es mucho más alta en las zonas de la mitad proporcionando mayor recurso y más espacio para una posible colonización de no solo una especie sino de varias (Young 1982; McCoy 1990).

Existen otros factores importantes dentro de la distribución de insectos en un gradiente los cuales afectan de manera directa a la distribución de los mismos. La colonización de insectos en ecosistemas que se encuentran en un gradiente se ve

afectada debido a la relación que existe con los factores bióticos y abióticos, en especial la temperatura, humedad relativa y precipitación (Sundqvist *et al.*, 2013). Varios efectos como la variación y polimorfismo en el tamaño de las alas en especies que se encuentran en zonas altas afectan a la riqueza de especies, esto se da en especial en insectos voladores lo cuales llegan a desarrollar adaptaciones ápteras (sin alas) para poder mantener su población estable en condiciones extremas. Pocas especies han logrado una buena adaptación. Por ejemplo *Consoymiops verena*, *Sarconesiopsis magellanica* y el género *Calliphora*, estas son exitosas en los páramos de Ecuador, Perú, Colombia y Venezuela (Hodkinson, 2005; Martínez *et al.*, 2007). Otros efectos directos que afectan a la clase insecta son los polimorfismos en el color, variaciones en el tamaño del cuerpo, tolerancia térmica, respuesta al decline de oxígeno en zonas altas, fecundidad y consideraciones genéticas adicionales (Hodkinson, 2005).

Estudios realizados en un gradiente altitudinal y latitudinal son de gran importancia porque nos ayudan a comprender cómo las variaciones ambientales a lo largo del gradiente influyen la estructura y ensamblaje de las comunidades de moscas necrófagas (Hodkinson, 2005). Esta información será de gran importancia para la resolución de casos médico-legales, mediante la determinación del IPM, traslados, casos de negligencia, entre otros. Este estudio se enfoca en la provincia del Napo en la Cordillera Oriental del Ecuador. Esta provincia posee diferentes pisos climáticos (desde los 500m – 4,500m) donde la temperatura, la precipitación, la humedad y varios factores más cambian a lo largo de la altitud.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Conocer la influencia de la altitud en la composición de comunidades de moscas necrófagas dentro de la provincia de Napo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer datos de diversidad y abundancia de las especies de moscas necrófagas (Diptera: Calyptratae) en cinco puntos de la provincia del Napo.
- Elaborar una lista de especies de moscas necrófagas de importancia forense en la provincia del Napo.
- Establecer diferencias en la composición de las comunidades de moscas necrófagas mediante datos de temperatura y humedad obtenidos a lo largo del gradiente.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el lado oriental de los Andes del Ecuador, en la provincia del Napo. Se muestreó en cinco puntos a lo largo de un gradiente altitudinal: Páramo de Guamaní, Papallacta, Baeza, Sarayacu y Tena (Anexo 4). Los muestreos se realizaron de octubre a noviembre del 2015 y en noviembre del 2016. Se seleccionaron 5 sitios de muestreo que se ubicaron desde los 500 msnm a los 4,100 msnm, donde se escogieron cuatro de las cinco zonas bioclimáticas de la provincia del Napo: megatérmico lluvioso, tropical megatérmico húmedo, ecuatorial mesotérmico semi-húmedo y ecuatorial de alta montaña. Debido a sus características agrestes la zona nival fue descartada en este estudio y la zona ecuatorial de alta montaña se replicó (Decdi, 2012; Aguirre, 2014). Los datos climáticos fueron registrados con data loggers que se colocaron en cada uno de los sitios, registrando diariamente temperatura y humedad relativa. (Tabla 1 & 2)

4.2 METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN

Se colocaron cuatro trampas Van Someren-Rydon (VSR) modificadas para dípteros en cada uno de los cinco puntos designados para el estudio. Como atrayentes se utilizaron vísceras de pollo (corazones e hígados) con 5 días de descomposición, todo licuado en fresco y almacenado en botellas plásticas para su fermentación. En las trampas VSR se colocaron pequeños recipientes con el contenido del atrayente o cebo. Las mismas trampas se ubicaron en ramas de árboles a una distancia entre 1,50 y 2 metros de altura sobre el suelo y una distancia de 30 metros entre cada una de ellas. Se mantuvieron activas durante 48 horas y se realizaron dos muestreos por sitio (24 horas y 48 horas).

Los dípteros fueron recolectados en frascos mortales con acetato de etilo, posteriormente se los etiquetó por lugar y trampa para su correcto traslado a las instalaciones del Laboratorio de entomología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Una vez ubicadas en el laboratorio, se realizó una separación por morfotipos de cada una de las muestras para poder montar un grupo representativo y almacenar las otras en alcohol al 96% para estudios posteriores. El protocolo de

muestreo y de colecta se basó en la metodología de Amat *et al.*, (2013) modificándola según los requerimientos necesarios para este estudio.

4.3 DATOS AMBIENTALES

Los datos de temperatura y humedad relativa se tomaron mediante el uso data loggers Hobo Pro V2; los cuales fueron colocados en cada uno de los 5 sitios bajo sombra. Los datos se registraron diariamente cada 30 minutos durante las 48 horas que se mantuvieron las trampas activas.

4.4 IDENTIFICACIÓN

Los especímenes recolectados fueron identificados el nivel taxonómico más bajo posible (especie – morfoespecie) siguiendo las siguientes claves taxonómicas: Carvalho *et al.*, (2008); Brown *et al.*, (2010), Amat *et al.*, (2008) & Whitworth, (2008). Además se enviaron 92 especímenes a ser analizados molecularmente a la plataforma BOLD SYSTEMS. Con los datos genéticos se corroboró la identificación de las muestras analizadas previamente con las claves dicotómicas.

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se analizó diversidad local (α) para conocer las especies existentes en las zonas y recambio de especies a lo largo del gradiente (β) para comparar la diversidad que existe entre las zonas bioclimáticas. Para estimar la diversidad local se utilizó el índice de Simpson, además se utilizó un índice de dominancia y se estimó la riqueza de especies con CHAO 1 mientras que para el recambio de especies se utilizó el análisis de Jaccard. También se realizó un análisis de escalamiento no métrico (NMDS) usando el índice de similitud Bray Curtis, este nos ayuda a visualizar de manera gráfica la similitud entre la composición y estructura de las comunidades de moscas, un análisis de similitud (ANOSIM) para observar la diferencia entre los puntos muestreados y así realizar una comparación global de los mismos y por último se realizó un análisis de porcentajes de similitud (SIMPER) para observar la contribución de las especies dentro de todo el estudio. Para realizar estos análisis se utilizaron datos de abundancia. Finalmente se realizó un CHAO 1 (curva de acumulación). Todos estos análisis nos ayudan a diferenciar los sitios y analizar la variabilidad en las zonas climáticas a partir de los datos obtenidos en el

campo y laboratorio. Esto se lo realizó con la ayuda de los programas ESTIMATES Win 9.10., PAST V 2.7 y R respectivamente (Hammer *et al.*, 2001; Aguirre, 2014).

5. RESULTADOS

La mayor cantidad de dípteros recolectados forman parte de la familia Calliphoridae (50%), las demás familias representan menos del 30% de la abundancia (Figura 1). Se recolectaron 2,890 individuos en el muestreo: 1,461 Calliphoridae, 917 Sarcophagidae, 292 Fanniidae, 192 Muscidae, 20 Tachinidae, 5 Mesembrinellidae y 3 Anthomyidae (Figura 2). La tabla 4 muestra a detalle el número de individuos y las especies presentes dentro de cada familia en cada uno de los puntos. Se observó gracias a los índices de diversidad (Simpson y Dominance) que el Páramo de Guamaní fue el que menos riqueza de especies y abundancia presentó en todo el estudio, mientras que Sarayacu fue el más abundante y Tena el sitio con más especies (Tabla 5).

En todos los puntos se observó una clara diversidad de especies y un número representativo de individuos. Los resultados variaron conforme iba cambiando el gradiente debido a las diferencias que hay en las variables climáticas (temperatura y humedad relativa). Para Papallacta se recolectaron 617 individuos, en Baeza 782 individuos, en Sarayacu 925 individuos, en Tena 564 individuos, por último, en el Páramo de Guamaní se recolectaron únicamente 2 individuos. Cabe recalcar que la abundancia en Tena se vio afectada por la presencia de hormigas la cuarta trampa del monitoreo en donde los dípteros estuvieron ausentes. Dentro de la cobertura de Papallacta y Baeza se encontraron mayormente especímenes como: *Consomyiops verena* (Calliphoridae) siendo esta una especie característica del lugar, mientras que en Sarayacu y Tena el morfotipo Sarcophagidae sp5 y *Ravinia* sp (Sarcophagidae) fueron las que predominaron en los dos sitios. Estas tres especies ocupan una cobertura significativa dentro de todo el estudio: 26% y 6% respectivamente.

5.1 DIVERSIDAD LOCAL (α)

Se realizó un CHAO 1 para mostrar la curva de acumulación de todas las especies encontradas (84 especies) (Figura 3). En la Tabla 5 se muestran los índices de diversidad de especies para cada uno de los puntos muestreados: esto

nos muestra que en uno de los puntos intermedios (Sarayacu: 1,312m) resultó ser el sitio más abundante dentro de todo el estudio comparado con los demás puntos con la presencia de 925 individuos y 48 especies. Sin embargo, en el análisis se muestra que el punto más bajo (Tena: 561m) fue el más diverso con la presencia de 42 especies y 564 individuos debido a los valores del índice de Simpson (0.92 vs 0.91 esto puede deberse a la cantidad de singletons observados en Sarayacu).

5.2 RECAMBIO DE ESPECIES A LO LARGO DEL GRADIENTE (β)

Con el índice de Jaccard (J) se pudo determinar qué tipo de ambientes fueron semejantes y cuáles no (Tabla 6). Aquí se observa que la composición de especies entre Sarayacu (1,312m) y Tena (561m) fueron semejantes ($J=0,4286$) mientras que el Páramo de Guamaní es el que menos se parece a los demás debido a su escasa riqueza y abundancia. En la figura 4 se muestra el número de especies para cada una de las familias dentro de los 5 puntos. Sin embargo, todos los puntos muestreados presentan especies compartidas, unos poseen una mayor cantidad de las mismas debido a su gran abundancia y diversidad.

El NMDS muestra de una manera gráfica la distribución de la totalidad de las especies en todos los puntos colocándolas en grupos que reflejan la similitud que existe en la composición y estructura de las comunidades de moscas necrófagas (Stress = 0,17) (Figura 7). El ANOSIM indica que no hay diferencias entre los puntos muestreados con excepción del punto correspondiente al Paramo de Guamaní ($R=0,735$; $P=0,0001$) (Tabla 7). Finalmente, el SIMPER señala la contribución de especies en todo el estudio, esto quiere decir que se observa cuanto aporta cada una de las especies al sistema basado en la abundancia en cada uno de los puntos (Overall average dissimilarity= 88,49). Cabe recalcar que se tomó en cuenta solo las especies que representan hasta un 50% de dominancia en el estudio. Dentro del estudio se muestran tres especies y morfoespecies que aportan con más del 5%: *Consoymiops verena* (Contrib. % 25.81), *Sarco sp5* (Contrib. % 6.23) y *Ravinia sp.* (Contrib. % 5.981) las ochenta y una especies restantes representan menos del 5% en contribución (Tabla 8).

5.3 VARIABLES AMBIENTALES EN LA COMPOSICIÓN DE COMUNIDADES

La temperatura y la humedad relativa fueron las variables climáticas que se tomaron en cuenta para observar los cambios en la composición y estructura de especies de moscas necrófagas en un gradiente. Se observó que a mayor altitud la temperatura tiende a bajar mientras que a menor altitud la temperatura incrementa (Hodkinson, 2005). En cuanto a la humedad, esta fluctúa dependiendo del sitio de muestreo, no se observa un patrón marcado como en las fluctuaciones de la temperatura.

Las comunidades de moscas necrófagas se ven influenciadas por estos dos factores, esto quiere decir que ciertos patrones biológicos reaccionan ante estos dos estímulos que son la temperatura y la humedad. Esto hace que la diversidad especies y la abundancia de las mismas varíe en los sitios muestreados (Tabla 3).

6. DISCUSIÓN

En el presente estudio se recolectaron dípteros de importancia forense a lo largo de un gradiente altitudinal en la provincia del Napo. En los cinco puntos muestreados se observó una variación en cuanto a presencia de familias, número de especies y número total de individuos por sitio. Se observó claramente un patrón, en donde la familia Calliphoridae se encuentra bien representada en los puntos de Papallacta y Baeza mientras que la familia Sarcophagidae es más diversa en los puntos de Sarayacu y Tena. Finalmente, se muestra que en el Páramo de Guamaní no existe la presencia de estos dípteros como en los demás puntos, con un total de dos individuos de las familias Calliphoridae y Tachinidae. La diferencia en la abundancia que se refleja en los puntos altos versus los puntos bajos podría deberse a varios factores que afectan a las comunidades de dípteros en general: tolerancia térmica, disponibilidad de nichos, competencia, depredación, presencia o ausencia de micro hábitats, temperatura, humedad, precipitación, entre otros (Hodkinson, 2005). Sin embargo, análisis estadísticos como el ANOSIM muestran que solo el sitio más alto (Guamaní: 4,100 msnm) es distinto en comparación a los otros sitios de muestreo.

En este estudio, como se mencionó anteriormente, se encontraron siete familias distribuidas a lo largo del gradiente, sin embargo, la información de algunas de ellas sigue siendo escasa en Ecuador. Por ejemplo, no se conoce aún la información de la biología y taxonomía de la familia Sarcophagidae, pero autores como Wells *et al* (2001) y Buenaventura (2009) definen a esta familia como específica de áreas hemisinantrópicas (presencia de áreas rurales o suburbanas) y eusinantrópicas (presencia de áreas urbanas) de regiones con un clima principalmente tropical. Los individuos de esta familia se caracterizan por alimentarse de tejidos de humanos y animales en descomposición y tener hábitos parasíticos, sin embargo, pocas especies se alimentan únicamente del néctar proporcionado por flores (Aballay *et al.*, 2011; Byrd & Castner, 2010). En cuanto a la familia Calliphoridae se ha observado que tiene una preferencia por lugares abiertos y se sugiere que a medida que el hombre interviene en un área no afectada, la

diversidad de la misma tiende a disminuir. Esta familia pertenece taxonómicamente a un grupo mayormente carroñero generando así que algunas de sus especies se acoplen fácilmente a nuevos ambientes, distintos a los de su origen silvestre. Individuos adultos de la familia Fanniidae se encuentra mayoritariamente en zonas forestales y algunas especies pertenecientes a la misma se denominan sweat flies (moscas de sudor) mientras que las formas larvarias de esta familia son saprófagas. Existen especies que poseen una cercana relación con el humano como: *Fannia canicularis* (Little house fly) y *Fannia scalaris* (latrine fly) siendo estas especies relevantes en las ciencias forenses (Entomología forense) debido a que pueden llegar a provocar miasis (Carvalho *et al.*, 2003).

A pesar de que las otras familias dentro del estudio no poseen valores representativos en cuanto al porcentaje de contribución según SIMPER es importante saber su biología para entender procesos de competencia y depredación. La familia Tachinidae es de orden parasitoide, ésta generalmente parasita insectos fitófagos del orden Lepidoptera y Coleoptera, sin embargo, también puede parasitar otros ordenes como Diptera, Dermaptera y Blattodea (Stireman *et al.*, 2006). Las moscas comunes o individuos de la familia Muscidae se encuentran altamente asociados a los humanos ya que estos generan ambientes propicios para su alimentación y oviposición (*Musca domestica*). Esta familia posee una amplia distribución a nivel mundial (cosmopolitas) y varios de estos son importantes vectores de enfermedades en zonas tropicales (Byrd & Castner, 2010). La familia Anthomyiidae se encuentra distribuida mundialmente, aunque es muy poco conocida se sabe que posee hábitos saprófagos, fitófagos y parásitos (Masaaki, 1974). Finalmente, la familia Mesembrinellidae antes considerada como una subfamilia dentro de Calliphoridae, se encuentra restringida a la Región Neotropical específicamente en zonas que no estén o que se encuentren poco alteradas. La llegada de esta familia a Colombia, Ecuador y Venezuela es reciente (Wolff & Kosmann, 2016).

Dentro de este estudio se observó la presencia mayoritaria de especies de la familia Sarcophagidae en zonas cálidas como lo son Sarayacu y Tena mientras tanto las especies de la familia Calliphoridae abundan en zonas altas como en Papallacta y Baeza, logrando en ciertos casos una adaptación a lugares fríos y no tan poblados y por último individuos de la familia Fanniidae se encuentran presentes en puntos altos y bajos ya que ciertas zonas se encontraban cercanas a pueblos o la recolección de los mismos se dio en bosques secundarios (Tena). La presencia de estas familias dentro del estudio nos demuestran ciertos patrones con respecto a los procesos que se dan dentro de estudios altitudinales (McCoy, 1990) la familia Tachinidae y Muscidae se encuentran mayormente en Sarayacu a los 1,312 msnm conjuntamente con Baeza a los 1,948 msnm, debido a la altitud de estos dos puntos aquí se aplica el proceso en donde el punto intermedio es favorable debido a la cantidad de recursos que este presenta, considerando estos dos puntos como puntos intermedios debido al rango de altitud que poseen. La familia Anthomyiidae se encuentra representada únicamente en Papallacta, esto se debe a las especies de esta familia poseen una mayor tolerancia térmica con respecto a lugares fríos. Por último, la familia Mesembrinellidae muestra una distribución en tres de los cinco sitios (Baeza, Sarayacu y Tena) siendo Tena el lugar que más especies pertenecientes a esta familia posee dando un indicio de que esta familia opta por sitios cálidos y tropicales. Cabe recalcar que todos los puntos se encontraron en zonas altamente o parcialmente disturbadas. Es decir, la intervención del hombre hace que se genere un cambio significativo en las comunidades de un ecosistema (Povolný, 1971).

En cuanto a la riqueza de especies, la familia Sarcophagidae lidera el estudio con 29 especies mientras que la familia Calliphoridae posee 18 especies. Los datos de especies de la familia Sarcophagidae no son precisos debido a problemas taxonómicos que la familia presenta (Romera *et al.*, 2003) el 50 % de los individuos fueron montados e identificados con la ayuda de claves taxonómicas llegando a género o morfoespecies, otra parte fue tomada para ser analizada molecularmente a través de la plataforma BOLD Systems en donde se llegó exitosamente a especie. La taxonomía de la familia Sarcophagidae es un tanto compleja, en la mayor parte

de estudios en donde se la menciona, muchos individuos se han llegado a identificar solamente hasta género o morfoespecies (Romera *et al.*, 2003). Individuos de las familias: Muscidae, Fanniidae y Tachinidae también fueron separadas en morfoespecies debido a la complejidad de su taxonomía. Sin embargo, en la familia Calliphoridae se encontraron 18 especies en donde solamente seis individuos debido a problemas taxonómicos se los dejó en género. Individuos de otras familias como Mesembrinellidae y Anthomyidae no presentan especie debido a la poca información que existe para los trópicos en cuanto a las mismas (Hidalgo 2015).

La diversidad de especies tuvo un cierto patrón, en donde se muestra que los sitios de Papallacta y Baeza son parecidos entre sí en cuanto a cobertura de especies al igual que los sitios de Sarayacu y Tena. El único punto que difiere es el Páramo de Guamaní debido a la escasez de riqueza y abundancia que presenta debido a los factores: Temperatura y humedad relativa. Dentro de todo el estudio se observó que conforme la altitud iba aumentando la diversidad iba decayendo haciendo que los puntos del Páramo de Guamaní y Papallacta sean las menos representativas en cuanto a presencia de especies. Investigaciones como las de Hansky (1982), Gaston (1988), McCoy (1990) y Hodkinson (2005) demuestran que el patrón que se observa en este estudio es común. Ellos concluyen que la diversidad de especies decae conforme la altitud aumenta, esto se debe a varias razones que se encuentran relacionadas estrictamente con la temperatura y la baja producción primaria que hay en zonas altas. Estos autores coinciden en que el pico más alto de riqueza se da en puntos intermedios en un rango desde los 1,200 msnm – 2,000 msnm.

En cuanto a los patrones que se mencionan anteriormente sobre cómo influye la altitud en los picos de diversidad. En este estudio se observa que el patrón de los puntos intermedios, en donde la diversidad de especies es mayor que en los puntos que representan los extremos altos y bajos no se cumple según los índices de diversidad (Simpson_{1-D}). Se observó que el sitio con mayor diversidad de especies fue Tena a pesar de que este es el punto que se encuentra en la altitud más baja (561 msnm) a pesar de que el sitio más abundante fue Sarayacu (Tabla

5). Como se observó en este estudio, muchas veces los patrones establecidos para explicar diversidad y abundancia no se aplican debido a covariables como, por ejemplo, la alteración del hábitat o la vegetación presente en los sitios muestreados (Hodkinson, 2005). Este patrón observado en Tena es debido a que la vegetación del lugar se asemeja más a un ambiente silvestre, se sugiere que las especies comparten los recursos que se encuentran mayormente disponibles, desde néctar floral hasta materia en descomposición, ya sea animal o vegetal. De acuerdo con esto, se observa mayor competencia entre especies por un mismo recurso, motivo por el cual muchas optan por cambiar su dieta (omnivoría) o colonizar nuevos sitios dando lugar a nuevas adaptaciones térmicas (Carson & Schnitzer, 2008). Esto se da ya que las especies pueden tener diferentes comportamientos según el hábitat en el que se encuentren, esto quiere decir que la preferencia de recursos varía entre especies en un mismo hábitat y entre la misma especie en varios hábitats (Baumgartner & Greenberg, 1985). Un claro ejemplo de esto es un califórido cosmopolita: *Chrysomia albiceps* que se encuentra hasta los 2,500 msnm, sin embargo, en este estudio se encontró el primer registro de esta especie en Papallacta que se encuentra a 3,336 msnm (Amat *et al.*, In press).

Las variables climáticas y la estructura de la vegetación en los hábitats son uno de los factores que afectan directamente la composición de las comunidades de dípteros en un gradiente. Sin embargo, el efecto de la temperatura y humedad es de alta importancia ya que estos dos factores fueron tomados en cuenta más a fondo dentro de este estudio. Se sabe que gracias a estos las comunidades de insectos en general se comportan de una manera distinta en cuanto a estudios de gradiente haciendo que la abundancia y diversidad de los mismos cambie (Gaston & Lawton, 1988). El efecto de estos factores da como resultado una distinta tolerancia térmica en cada una de los sitios en donde estos se encuentren fluctuando. Es importante tener en cuenta que algunos grupos de insectos, en especial en zonas altas, necesitan protección debido a que las condiciones climáticas en muchos casos son drásticas. Principalmente varios grupos de insectos presentes en estas zonas han llegado a adaptarse a la alta velocidad del viento, precipitación, bajas temperaturas en la noche, entre otras debido a que se ocultan

debajo de piedras y en hojas caídas, este es el caso de Carábidos del género *Colpodes* en los páramos de Venezuela (Sømme, 1986). La presencia de la familia Sarcophagidae como la más abundante en Sarayacu y Tena se debe también al efecto de estos factores ya que estos influyen directamente en la descomposición de un cadáver o de materia orgánica (Campobasso & Di Vella, 2001). En este caso, las altas temperaturas ayudan a que el cebo, tenga una descomposición extra haciendo que los segundos colonizadores sean más abundantes en estos puntos. En cuanto a la dominancia de la familia Calliphoridae en zonas altas se debe a lo antes ya mencionado, esta familia tiende a adaptarse mejor a sitios que no se encuentren de cierta forma disturbados por el hombre. Uno de los grandes ejemplos de esto es la especie *Consomyiops verena* la misma que posee un gran número de individuos en Papallacta (771), una zona que con más de 3,000 metros alberga un número representativo de dípteros.

En cuanto a los análisis estadísticos realizados tenemos que el análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS) señala de manera gráfica la relación que existe entre lugares según la composición de comunidades de moscas necrófagas. Papallacta y Baeza se relacionan debido al número de especies compartidas que poseen, se observa lo mismo con Sarayacu y Tena. Sin embargo, el Páramo de Guamaní se encuentra alejado de esto debido que no presenta taxones representativos. Esto sugiere que existe relación entre las variables climáticas y las especies presentes en cada sitio (Martínez *et al.*, 2007). El Análisis de similitud (ANOSIM) representa la misma comparación de forma numérica (Tabla 6).

Los resultados que se reflejan en el Análisis del Porcentaje de Similitud (SIMPER) el mismo que es un método simple para evaluar los taxones que contribuyen mayormente al estudio, muestra tres especies o morfoespecies que se encuentran en mayor cantidad en todo el estudio: *Consomyiops verena* (25,81%), *Sarco* sp5. (6,23%) y *Ravinia* sp. (5,98). El éxito de *Consomyiops verena* en cuanto a abundancia es debido a que esta es una especie que se encuentra adaptada a zonas altas y frías debido a la disponibilidad que existe principalmente en los

páramos (Amat *et al.*, In press). Esta especie coloniza en las primeras etapas de descomposición de cadáveres en especial en la fase de hinchazón en donde se libera gran cantidad de gases pertenecientes al cadáver (Martinez *et al.*, 2007). Los Sarcophagidae como se mencionó antes son abundantes en las zonas bajas debido a que se encuentran en zonas tropicales.

El análisis CHAO 1 muestra una curva de abundancia/rango de especies. Magurran (2004), expone que este análisis ha demostrado ser efectivo debido a que ilustra cambios de sucesión o seguimiento de un impacto ambiental, por lo tanto utilizando el mismo se puede observar con mayor claridad cómo se encuentran distribuidas las especies obtenidas en el estudio y su abundancia. La curva de acumulación que se presenta en este estudio a pesar de no estabilizarse debido a que el esfuerzo de muestreo no alcanzó el 100% muestra el número de especies presentes en las trampas colocadas en los cinco puntos.

Finalmente, la diversidad local (α) nos muestran valores en donde indican que la mayor abundancia se encuentra en Sarayacu y la diversidad más alta se encuentra en Tena (Simpson_1-D) mientras que el recambio de especies a lo largo del gradiente (β) mide el grado de similitud que poseen los sitios muestreados en cuanto a presencia de especies, en este estudio se observó que Sarayacu y Tena son los puntos que poseen más especies compartidas con un valor de 0,43. Esto nos muestra que estos dos puntos son parcialmente semejantes el uno del otro y la diferencia se encuentra marcada por las especies que se han adaptado a un ambiente que es distinto al de su origen (Povolný, 1971).

Los resultados que se presentan en este estudio pueden estar afectados por las covariables presentes en el diseño experimental. En las Ciencias Biológicas, por lo general las investigaciones que se realizan son cuantitativas dando así observaciones de orden numérico denominados datos. Las entidades biológicas son contadas y debe existir algún método objetivo para poder analizar los mismos. En el campo de la Biología particularmente en la ecología existen diferentes métodos de muestreo: probabilístico, no probabilístico, aleatorio simple, estratificado, sistemático, por estadios múltiples, por conglomerados, entre otros.

Estos métodos ayudan estadísticamente a demostrar que el estudio que se esté realizando sea exitoso (Zambrano, 2008). Sin embargo, existen errores de muestreo y los diseños experimentales en contexto de la entomología forense no son la excepción, de hecho, esto se vuelve más complejo debido a que las réplicas en cuerpos humanos son casi imposibles de obtener. E. Amat (com. per.). Dentro del estudio de los insectos se manejan varias metodologías y en algunos casos existen protocolos estandarizados para la recolección de los mismos, tal es el caso de hormigas en donde se utiliza el protocolo ALL para su recolección en el suelo (Fernández, 2003). Para otros insectos no existen un protocolo, sin embargo, hay metodologías que resultan eficientes y pueden ser utilizadas en nuevos estudios o tomadas como referencias en estudios con diferentes organismos.

En este estudio se planteó un método no probabilístico, en donde las cuatro trampas colocadas en cada uno de los puntos se convierten en la unidad de muestreo, obteniendo una sola replica en cada sitio. Una réplica es una repetición independiente del ensayo que se está realizando, sin embargo, en un estudio en general no es tan fácil conocer el número de réplicas o trampas que serán utilizadas a menos de que existan protocolos estandarizados para cada uno de los grupos pertenecientes a la clase insecta (Ravinovich, 1978). El factor más relevante en donde se ve afectada la independencia de las réplicas es la cercanía que se da entre las mismas. Sin embargo, existen estudios en donde se demuestra que este factor muchas veces no interfiere con el diseño experimental.

El método de trampeo que se usó en este estudio se basó principalmente en la metodología de Amat (2013), en donde él se plantea que el uso de las trampas Van Someren-Rydon modificadas son las más efectivas en cuanto a la recolección de dípteros necrófagos que se encuentran colonizando cuerpos en etapas iniciales de descomposición. El éxito de las mismas es indiscutible en varios estudios que las utilizan, no solo en dípteros sino también en la recolección de lepidópteros en donde en menos de 24 horas se obtiene una asíntota, tanto en riqueza como en abundancia. Los insectos recolectados en estas trampas tienen poca probabilidad de escapar por lo que se asegura que lo colectado realmente es fauna perteneciente

a las inmediaciones del espacio físico E. Amat (com. per., 3 abril del 2017). Los resultados que se muestran en la investigación señalan que las trampas colocadas en cada punto no poseen una independencia debido a la cercanía de las mismas ya que fueron separadas a tan solo 30 metros de distancia. Sin embargo, como fue dicho anteriormente el conjunto de las cuatro trampas forman la unidad de muestreo (replica), eliminando la posibilidad de tener pseudoréplicas (Donoso, D. com. per., 14 agosto del 2017).

Finalmente, con los resultados obtenidos en este estudio, se muestra una idea de la composición y estructura de comunidades de dípteros necrófagos y de cómo esta difiere en los cinco puntos a lo largo del gradiente. Varias especies se encuentran adaptadas a zonas altas debido a que son indicadoras de climas fríos: *Consomyiops verena*, *Calliphora nigribasis* y *Sarconesiopsis magellanica* mientras que otras se encuentran presentes en zonas bajas debido a que pertenecen a zonas tropicales, como es el caso de las especies y morfotipos encontrados de la familia Sarcophagidae: *Ravinia* sp y *Sarco* sp5. Esto sugiere que la variación que existe en la distribución de especies depende de varios factores y características ambientales del lugar (Pinilla *et al.*, 2012). Este es el primer estudio que se realiza con dípteros del clado Calyptratae en un gradiente altitudinal. Este estudio brinda una gran información de las especies de moscas necrófagas presentes en la provincia del Napo, las mismas que representan una evolución en el estudio de la Entomología forense en el Ecuador.

7. CONCLUSIONES

Dentro de las siete familias que se encuentran en todo el estudio se muestra que la familia Calliphoridae es la más abundante con 1 461 individuos mientras que la familia Sarcophagidae presenta la mayor diversidad con 29 especies.

Se observa que conforme la altitud aumenta la diversidad disminuye esto se debe a varios factores. Sin embargo, la temperatura y la humedad fueron los dos mayores delimitantes para los dípteros en zonas altas haciendo que su adaptación y su éxito en zonas altas sea escaso.

A pesar de que Papallacta y Guamaní se encuentran en la misma zona bioclimática su abundancia y diversidad fueron totalmente distintas, esto se debe a la vegetación que presentan los dos sitios haciendo que factores climáticos afecten a la entomofauna mayormente en el páramo de Guamaní.

La especie más abundante dentro de la recolecta fue *Consoymiops verena* con (771 individuos), seguida de *Ravinia* sp. Con (184 individuos) y *Sarcosp5* con (178 individuos). Estas tres especies presentaron una alta dominancia con valores mayores al 5% dentro de todo el estudio.

La diversidad local (α) nos brindó información acerca de los puntos que fueron mayormente diversos y abundantes: Sarayacu y Tena respectivamente. Por otro lado, el recambio de especies a lo largo de un gradiente (β) nos muestra que los sitios más similares en cuanto a cobertura fueron Sarayacu y Tena debido a la alta presencia de especies compartidas mostrando también que el Páramo de Guamaní se encuentra muy alejado de los otros puntos debido a la falta de especies e individuos.

Las réplicas conformadas por las cuatro trampas se encuentran únicamente en un punto dentro de la zona climática, no se puede inferir que los resultados de este estudio aplican para toda la zona, sin embargo, se tiene una idea bastante clara de cómo se conforman las comunidades de moscas necrófagas en los puntos muestreados.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo incrementando las horas de trabajo y recolección conjuntamente con el número de trampas.

Generar una metodología estándar o un protocolo en base a los estudios ya realizados para la recolección de dípteros con trampas Van Someren Ryden modificadas.

Trabajar en lugares que no se encuentren parcial o totalmente antropizados para tener una clara idea de la composición que existe en la provincia o en otras provincias en las que se repita este proceso de recolección.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aballay, F. H. Arriagada, G. Flores, G. E. Centeno, N. (2013). An illustrated key to and diagnoses of the species of Histeridae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *Zookeys*, 84(261): 61-84.

Aguirre, S. (2014). Línea base de insectos de importancia forense en diferentes zonas climáticas de Pichincha, Ecuador. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito – Ecuador.

Amat, E. Perez, A. Alvarez, C. F. Moreno, E. Barragán, A. (in press). Carrion-breeding blowflies (Diptera, Calliphoridae) of the Andean páramos. *Neotropical Entomology*.

Amat, E. Ramirez Mora, M. Buenaventura, E. & Gómez Piñeres, M. (2013). Variación temporal de la abundancia en familias de moscas carroñeras (Diptera, Calyptratae) en un valle andino antropizado de Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.). 29(3), 463-472

Amat, E. Vélez, M. C. Wolff, M. (2008). Clave ilustrada para la identificación de los géneros y las especies de califóridos (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Caldasia* 30 (1). 231-244.

Baumgartner, D. L. & Greenberg, B. (1985). Distribution and Medical Ecology of the Blow Flies (Diptera: Calliphoridae) of Peru. *Annals of the entomological society of America*, 78: 565-587.

Brown. B. V. Borkent, A. Cumming, J. M. Wood, D. M. Woodley, N. E & Zumbado, M. A. (2010). *Manual of Central American Diptera: Volume 2*. Canada. NRC Research Press, Ottawa, Ontario.

Buenaventura, E. (2009). Revisión del género *Peckia* Robineau – Desvoidy, 1830 (Diptera: Sarcophagidae) y análisis filogenético de sus subgéneros. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia.

Byrd, J. H. & Castner, J. L. (2010). Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations. Taylor & Francis.

Campobasso, C. & Di Vella, G. (2001). Factors affecting decomposition Diptera colonization. Forensic Science International: Genetics Supplement Series, 120, 18–27.

Carson, W. P. & Schnitzer, S. A. (2008). Tropical Forest Community Ecology. USA: Wiley- Blackwell.

Carvalho, C. & Mello-Patiu, C. (2008). Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. Revista Brasileira de Entomologia, 52(3): 390-406.

Catts, E. & Goff, M. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. Annual Reviews of entomology, 37(116): 253-272.

Decdi, N. R. (2012). Provincia de Pichincha - Mapa de tipos de clima.

Fernandez, F. (2003). Introducción a las hormigas de la Región Neotropical. Bogotá, Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt.

Gagne, W. C. (1979). Canopy – associated arthropods in *Acacia koa* and *Metrosideros* tree communities along an altitudinal transecto n Hawaii Islad. Pac. Insects 21: 56-82.

Gaston, K. J. & Lawton, J. H. (1988). Patterns in the distribution and abundance of insect populations. Nature, 331, 709–712.

Gennard, D. (2007). Forensic entomology: an introduction. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, England. 232 pp.

Hammer, Ø. Harper, D. A. T. Ryan, P. D. 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1): 9–18

Hanski, I. (1982). Dynamics of regional distribution : the core and satellite species hypothesis. *Oikos*, 38(2), 210–221.

Heo, C. Mohamad, A. Ahmad Firdaus, M. S. Jeffery, J. Baharudin, O. (2007). A preliminary study of insect succession on a pig carcass in a palm oil plantation in Malaysia. *Trop Biomed*, (2):23-7.

Hidalgo, R. (2015). Influencia de tres zonas diferenciadas del Parque Nacional Yasuní en la composición y diversidad del grupo Calyptratae (Diptera). PUCE. Quito, Ecuador.

Hodkinson, I. D. (2005). Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80(3), 489–513.

Janzen, D. H. (1973). Sweep samples of tropical foliage insects effects of season, vegetation types, elevation, time of day and insularity. *Ecology* 54: 687-708.

Junqueira M, C. A. Azeredo-Espin L, M. A. Antonio Marco, P. D. F. Tomsho Lynn, P. M. T. Drautz-Moses, D. I. Purbojati, R. W. Schuster, S. C. (2016). Large-scale mitogenomics enables insights into Schizophora (Diptera) radiation and population diversity. *Scientific Reports*, 6 (February), 21762.

Kutty, S. N. Pape, T. Wiegmann, B. M. & Meier, R. (2010). Molecular phylogeny of the Calyptratae (Diptera: Cyclorrhapha) with an emphasis on the superfamily Oestroidea and the position of Mystacinobiidae and McAlpine's fly. *Systematic Entomology*, 35(4), 614–635.

Magurran, A. E. (2004) *Measuring Biological Diversity*. USA: Blackwell Science.

Marshall, S. A. (2012). *Flies : the natural history & diversity of Diptera*. Firefly Books. Buffalo, USA.

Martinez, E. Duque, P. & Wolff, M. (2007). Succession pattern of carrion-feeding insects in Paramo, Colombia. *Forensic Science International*, 166(2–3), 182–189.

McCoy, E. D. (1990). The distribution of insect associations along elevational gradients. *Oikos*, 58(3), 313–322. <http://doi.org/10.2307/3545222>

Papavero, N. & Guimarães, J. H. (2000) The Taxonomy of Brazilian insects vectors of Transmissible Diseases (1900-2000) - Then and Now. *Memórias do Instituto de Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 95 (1), 109-118.

Papavero, N. (2009a). Catalogue Of Neotropical Diptera Mydidae. *Neotropical Diptera*, 14,1-31.

Papavero, N. (2009b). Catalogue Of Neotropical Diptera Tabanidae. *Neotropical Diptera*, 116, 1-199.

Pinilla Beltran, Y. T. Segura, N. A. & Bello, F. J. (2012). Synanthropy of Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) in Bogotá, Colombia. *Neotropical Entomology*, 41(3), 237–242.

Povolný, D. (1971). Synanthropy In B. Greengerg, *Ecology, Classification and Biotic Associations*. Princeton University Press. *Flies and Disease*, 1 (1), 17-54.

Ravinovich, J. E. (1978). *Ecología de poblaciones*. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas.

Rivers, D. B. & Dahlem, G. A. (2014) *the Science of the Forensic Entomology*. Wiley Blackwell. West Sussex, UK.

Romera, E. Arnaldos, M. García, M. González-Mora, D. (2003). Los Sarcophagidae (Insecta, Diptera) de un ecosistema cadavérico en el sureste de la Península Ibérica. *Anales de Biología*, 25: 49-63.

Somme, L. (1986). Tolerance to low temperatures and desiccation in insects from Andean Paramos. *Arctic and Alpine Research*, 18 (3), 253-257.

Stireman, III. J. O. O´ Hara, J. E. & Wood, D. M. (2006). Tachinidae: Evolution, Behavior and Ecology. *Annual Review of Entomology*, 51, 525-555.

Sundqvist, M. K. Sanders, N. J. & Wardle, D. A. (2013). Community and Ecosystem Responses to Elevational Gradients: Processes, Mechanisms, and Insights for Global Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44(1), 261–280.

Voss, S. C. Spafford, H. Dadour, I. R. (2009). Annual and seasonal patterns of insect succession on decomposing remains at two locations in Western Australia. *Forensic Science International*, 193(1-3): 26–36.

Wells, J. D. Pape, T & Sperling, F. A. H. (2001). DNA – based identification of forensically important Sarcophagidae (Diptera). *J Forensic Sci.* 46(5): 1098-1102.

Whitworth, T. (2014) A Revision Of the Neotropical species of *Lucilia* Rovineau-Desvoidy (Diptera: Calliphoridae). *Zootaxa*, 3810 (1), 001-076.

Wolda, H. (1987). Altitude, habitat and tropical insect diversity. *Biol. J. Linn. Soc.* 30: 313-323.

Wolff, M. & Kosmann, C. (2016). Families calliphoridae and mesembrinellidae. *Zootaxa*, 4122(1), 856–875.

Yeates, D. K. Wiegmann, B. M. Courtney, G. W. Meier, R. Lambkin, C. & Pape, T. (2007). Phylogeny and systematics of Diptera: Two decades of progress and prospects. *Zootaxa*.

10. FIGURAS

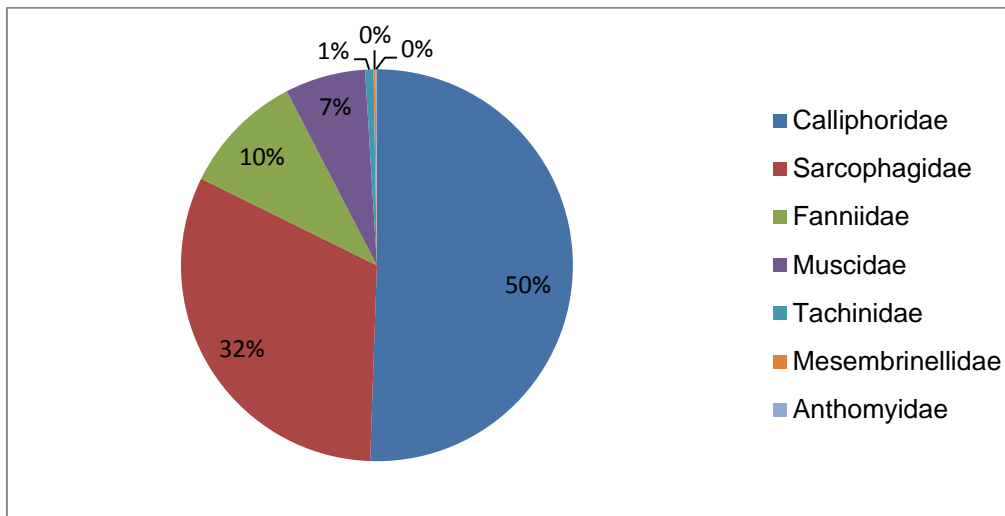


Figura 1. Porcentaje de individuos recolectados por familia en la provincia de Napo. Calliphoridae: 50% (1 461), Sarcophagidae 32% (917), Fanniidae 10% (292), Muscidae 7% (192), Tachinidae 1% (20), Mesembrinellidae 0% (5) y Anthomyidae 0% (3).

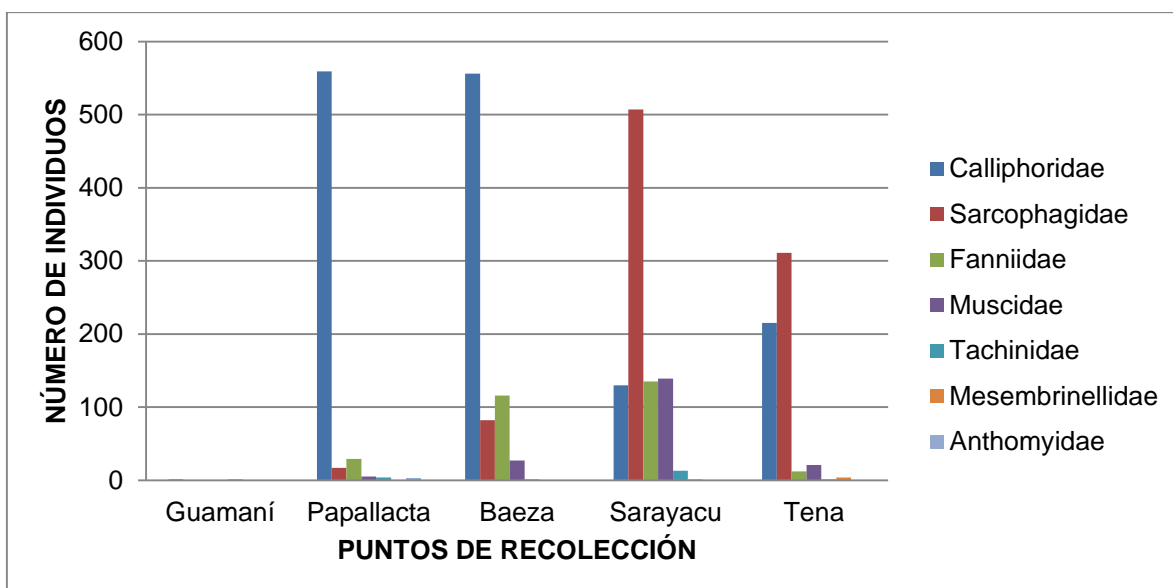


Figura 2. Número de individuos por familia en cada punto de recolección.

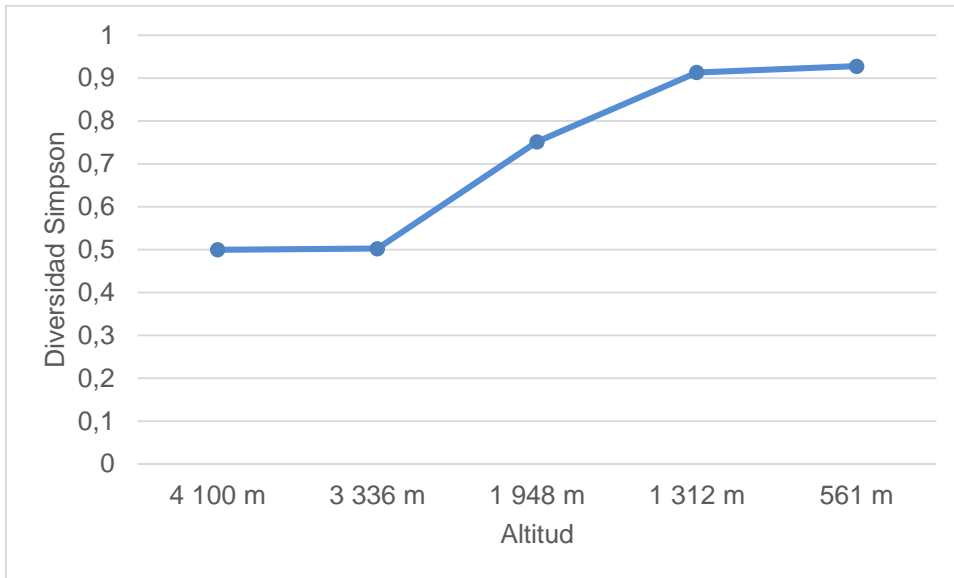


Figura 3. Datos de diversidad total en base a la altitud

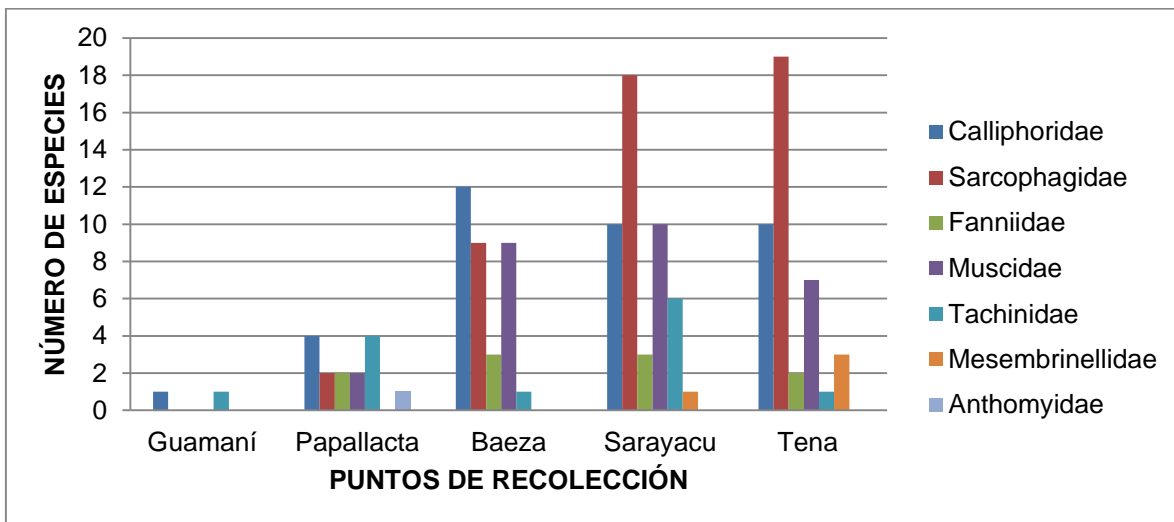


Figura 4. Número de especies presentes por familia en cada uno de los puntos.

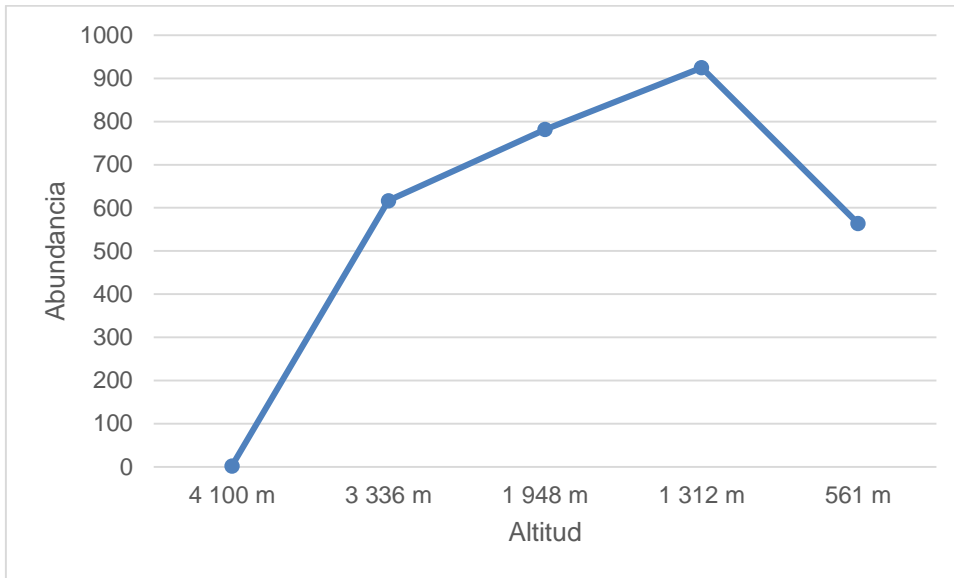


Figura 5. Datos de abundancia total en base a la altitud

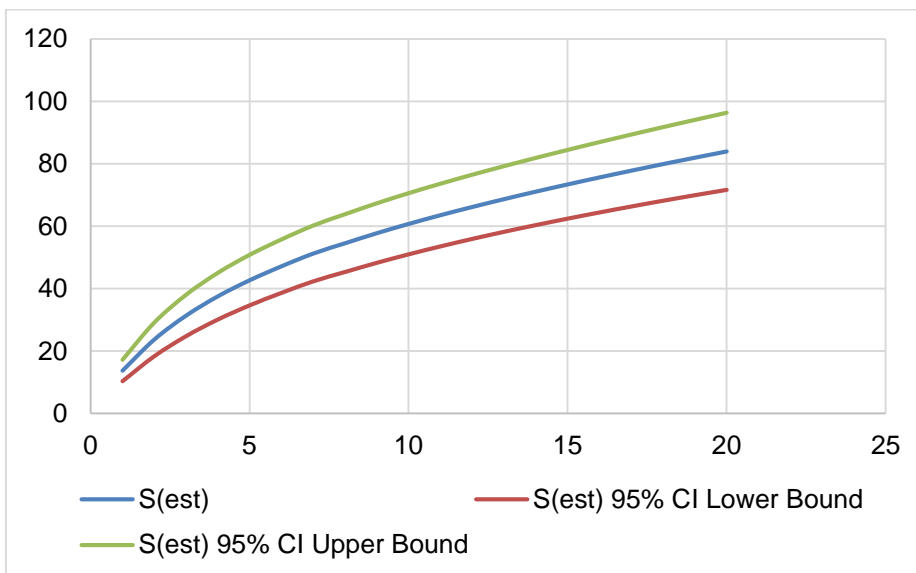


Figura 6. Curva de acumulación de especies. Número de especies presentes en la totalidad de trampas colocadas a lo largo del estudio. La curva azul muestra la riqueza de especies.

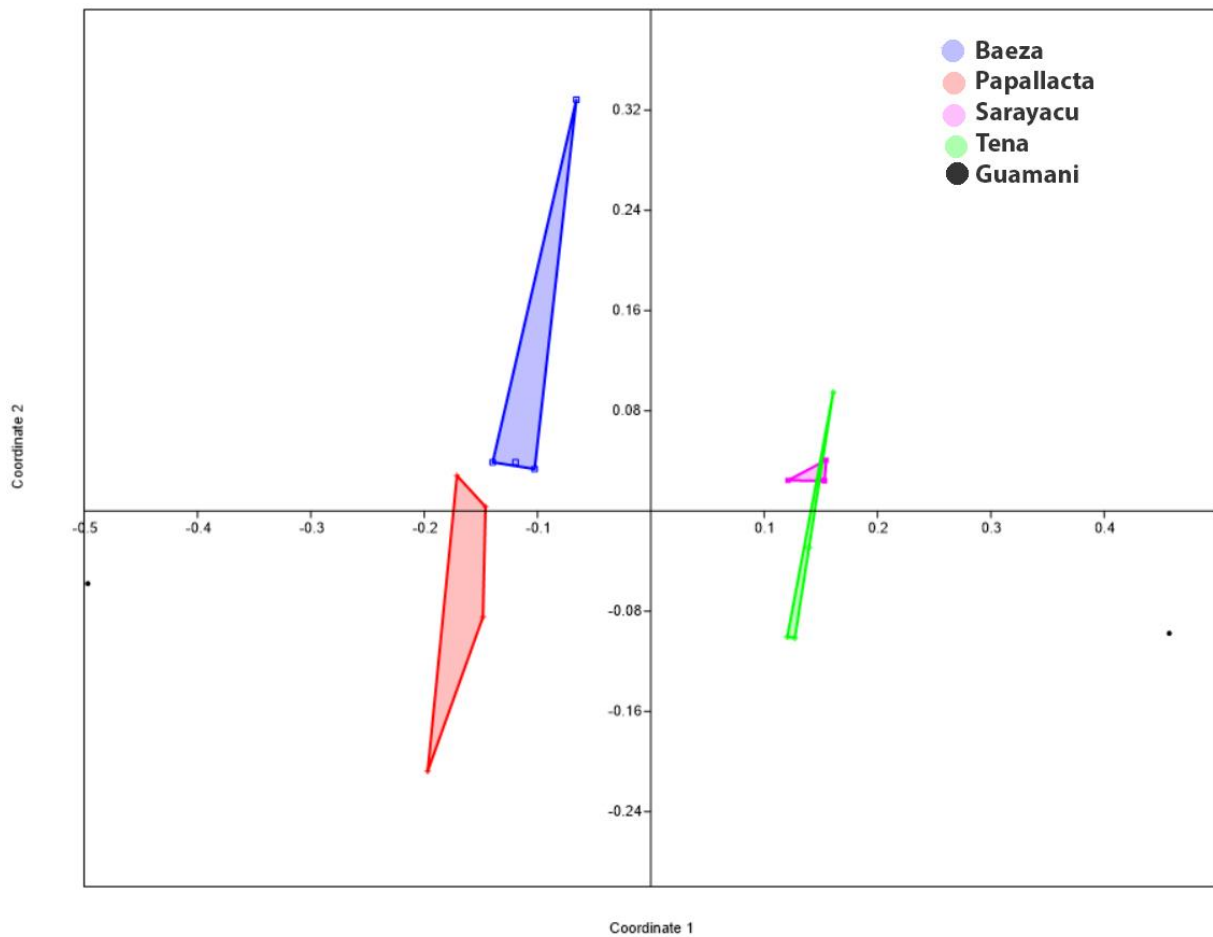


Figura 7. NMDS. Se observa la similitud entre lugares debido a la presencia de especies compartidas y también como los factores ambientales afectan a las mismas (Stress= 0.1702).

11. TABLAS

Tabla 1. Información de los puntos de recolección del estudio dentro de la provincia de Napo.

LUGAR	CÓDIGO	COORDENADAS	ALTITUD (msnm)	ECOSISTEMA
Guamaní	P5	0°19'30.9792"S - 78°11'26.502"O	4100	Ecuatorial de alta montaña
Tena	P4	0°59'56.74"S 77°50'11.89"O	561	Mega térmico lluvioso
Sarayacu	P3	0°41'43.18"S 77°48'1.37"O	1312	Tropical megatérmico húmedo
Baeza	P2	0°28'2.31"S 77°53'33.65"O	1948	Ecuatorial mesotérmico semi húmedo
Papallacta	P1	0°22'23.24"S 78° 8'22.35"O	3336	Ecuatorial de alta montaña

Tabla 2. Variación de la temperatura y humedad relativa en los cinco puntos muestreados.

Localidad	Temperatura (°C)			Humedad Relativa %		
	Mínima	Máxima	Promedio	Mínima	Máxima	Promedio
Guamaní	3.51	11.93	5.38	71.58	100	97.72
Papallacta	8.17	19.20	11.29	78.29	95.64	93.41
Baeza	12.00	25.31	17.06	60.55	100	89.37
Sarayacu	16.99	27.19	19.47	54.15	96.72	94.57
Tena	21.51	34.89	23.28	49.38	100	99.52

Tabla 3. Efecto de la temperatura y humedad relativa en la presencia de especies.

Lugar	Altitud	Temperatura promedio/ °C	Humedad relativa promedio	Número de especies/ morfoespecies presentes
Guamaní	4 100	5.38	97.72	2
Papallacta	3 336	11.29	93.41	15
Baeza	1 948	17.06	89.37	34
Sarayacu	1 312	19.47	94.57	48
Tena	561	23.28	99.52	42

Tabla 4. Datos recolectados de las familias estudiadas del clado Calyptratae.

En Negrita: Especies que fueron identificadas taxonómica y molecularmente en la plataforma BOLD SYSTEMS.

Familia	Especie	Autor, Año	Abundancia					TOTAL
			Papallacta	Baeza	Sarayacu	Tena	Guamaní	
Calliphoridae	<i>Calliphora nigribasis</i>	Macquart, 1851	138	0	0	0	1	139
	<i>Chrysomia megacephala</i>	Fabricius, 1794	0	43	0	8	0	51
	<i>Chloroprocta idiodea</i>	Robineau-Desvoidy, 1830	0	0	6	0	0	6
	<i>Chrysomia albiceps</i>	Wiedemann, 1819	5	2	57	44	0	108
	<i>Chrysomia</i> sp		0	1	0	0	0	1
	<i>Cochliomyia hominivorax</i>	Coquerel, 1858	0	0	0	1	0	1
	<i>Cochliomyia macellaria</i>	Fabricius, 1775	0	0	1	3	0	4
	<i>Consomyiops verena</i>	Walker, 1849	412	359	0	0	0	771
	<i>Hemilucilia segmentaria</i>	Fabricius, 1805	0	2	1	6	0	9
	<i>Hemilucilia semidiaphana</i>	Rondani, 1850	0	28	4	26	0	58
	<i>Lucilia albofusca</i>	Whitworth, 2014	0	0	1	1	0	2
	<i>Lucilia eximia</i>	Wiedemann, 1819	0	15	35	54	0	104
	<i>Lucilia ibis</i>	Shannon, 1926	0	22	2	0	0	24
	<i>Lucilia ochricornis</i>	Shannon, 1926	0	1	0	0	0	1
	<i>Lucilia purpurescens</i>	Walker, 1836	0	76	3	0	0	79
	<i>Lucilia</i> sp		0	1	0	4	0	5
	<i>Paralucilia</i> sp		0	0	20	68	0	88
	<i>Sarconesiopsis magellanica</i>	Le Guillou, 1842	4	6	0	0	0	10

Familia	Especie	Autor, Año	Abundancia					TOTAL
			Papallacta	Baeza	Sarayacu	Tena	Guamaní	
Sarcophagidae	<i>Ravinia</i> sp.		8	21	93	62	0	184
	<i>Blaesoxipha</i> sp.		9	38	24	24	0	95
	<i>Thomazonyia</i> sp.		0	3	5	14	0	22
	<i>Tricharaea</i> sp.		0	1	0	0	0	1
	<i>Lepidodexia</i> sp.		0	6	40	18	0	64
	<i>Retrocitomyia</i> sp.		0	0	1	4	0	5
	<i>Sarcodexia</i> sp.		0	0	6	1	0	7
	<i>Peckia</i> sp1	Robineau-Desvoidy, 1830	0	0	2	0	0	2
	<i>Peckia</i> sp2	Robineau-Desvoidy, 1830	0	1	0	0	0	1
	<i>Peckia</i> sp3	Robineau-Desvoidy, 1830	0	0	0	46	0	46
	<i>Peckia abrupta</i>		0	3	0	0	0	3
	<i>Peckia aequata</i>		0	0	3	0	0	3
	<i>Peckia chrysostomata</i>		0	0	0	2	0	2
	<i>Peckia collusor</i>		0	0	1	5	0	6
	<i>Peckia ingens</i>		0	0	0	1	0	1
	<i>Peckia intermutans</i>	Walker, 1861	0	0	0	2	0	2
	<i>Peckia pexata</i>		0	0	1	1	0	2
	<i>Peckia tridentata</i>		0	0	1	0	0	1
	<i>Peckia volucris</i>	Van der Wulp, 1895	0	0	1	0	0	1
	<i>Titanogrypa luculenta</i>		0	0	0	1	0	1
	<i>Oxysarcodexia grandis</i>		0	0	1	0	0	1
<i>Oxysarcodexia peruviana</i>		0	2	0	0	0	2	

Familia	Especie	Autor, Año	Abundancia					TOTAL
			Papallacta	Baeza	Sarayacu	Tena	Guamaní	
	<i>Sarco</i> sp1		0	0	13	32	0	45
	<i>Sarco</i> sp2		0	7	116	19	0	142
	<i>Sarco</i> sp3		0	0	29	62	0	91
	<i>Sarco</i> sp4		0	0	4	1	0	5
	<i>Sarco</i> sp5		0	0	166	12	0	178
	<i>Sarco</i> sp6		0	0	0	4	0	4
Muscidae	<i>Morellia - Trichomorellia</i>		3	0	0	0	0	3
	<i>Morellia - Morellia</i>		0	11	7	5	0	23
	<i>Brontaea</i>		0	1	0	0	0	1
	<i>Synthesiomyia</i>		0	3	0	0	0	3
	<i>Lipsoides</i>		0	1	0	0	0	1
	<i>Phaonia</i>		0	1	0	0	0	1
	<i>Potamia</i>		0	1	0	0	0	1
	<i>Hydrotaea</i> sp1		0	1	0	0	0	1
	<i>Hydrotaea aenescens</i>		0	0	2	2	0	4
	<i>Hydrotaea albuquerquei</i>		0	1	0	0	0	1
	<i>Morellia - Parapyrellia</i>		0	0	14	6	0	20
	<i>Musca domestica</i>		0	0	8	1	0	9
	<i>Helina</i> cf.		0	0	1	0	0	1
	<i>Neomuscina</i>		0	0	0	2	0	2
	<i>Hemichlora scordalus</i>		0	0	1	0	0	1
	<i>Polietina</i>		0	0	0	1	0	1
	<i>Musci</i> sp1		0	0	1	0	0	1
	<i>Musci</i> sp2		0	0	1	0	0	1
	<i>Musci</i> sp3		0	0	27	0	0	27
	<i>Musci</i> sp4		2	7	77	4	0	90

Familia	Especie	Autor, Año	Abundancia					TOTAL
			Papallacta	Baeza	Sarayacu	Tena	Guamaní	
Fanniidae	<i>Fannia</i> sp1		16	8	44	8	0	76
	<i>Fannia</i> sp2		13	107	5	0	0	125
	<i>Fannia</i> sp3		0	0	86	4	0	90
	<i>Fannia pusio</i>		0	1	0	0	0	1
Mesembrinellidae	<i>Mesembrinellidae</i> sp1		0	0	0	2	0	2
	<i>Mesembrinella bellardiana</i>		0	0	0	1	0	1
	<i>Mesembrinella bicolor</i>		0	0	0	1	0	1
	<i>Mesembrinella umbrosa</i>		0	0	1	0	0	1
Tachinidae	<i>Tachinidae</i> sp1		0	1	0	0	0	1
	<i>Tachinidae</i> sp2		1	0	0	0	0	1
	<i>Drino</i> sp		1	0	7	0	1	9
	<i>Tachinidae</i> sp4		1	0	1	0	0	2
	<i>Eucelatoria</i> sp		1	0	2	0	0	3
	<i>Tachinidae</i> sp6		0	0	0	1	0	1
	<i>Tachinidae</i> sp7		0	0	1	0	0	1
	<i>Tachinidae</i> sp8		0	0	1	0	0	1
	<i>Tachinidae</i> sp9		0	0	1	0	0	1
Anthomyidae	<i>Anthomyidae</i> sp1		3	0	0	0	0	3

Tabla 5. Índices de diversidad, dominancia, abundancia y riqueza para los cinco puntos muestreados en la provincia de Napo.

	Guamaní	Papallacta	Baeza	Sarayacu	Tena
Taxa_S	2	15	34	48	42
Individuals	2	617	782	925	564
Dominance_D	0.5	0.49	0.24	0.08	0.07
Simpson_1-D	0.5 ± 0.25	0.50 ± 0.03	0.75 ± 0.03	0.91 ± 0.01	0.92 ± 0.01

Tabla 6. Índice de Jaccard (J).

	Guamaní	Papallacta	Baeza	Sarayacu	Tena
Guamaní	1.000	0.1333	0.0000	0.0204	0.0000
Papallacta	0.1333	1.000	0.1951	0.1667	0.0962
Baeza	0.0000	0.1951	1.000	0.2239	0.2258
Sarayacu	0.0204	0.1667	0.2239	1.000	0.4286
Tena	0.0000	0.0962	0.2258	0.4286	1.000

Tabla 7. ANOSIM para los cinco puntos muestreados

	Guamaní	Papallacta	Baeza	Sarayacu	Tena
Guamaní	1.000	0.0065	0.0000	0.0022	0.0000
Papallacta	0.0065	1.000	0.5790	0.0623	0.0542
Baeza	0.0000	0.5790	1.000	0.1347	0.1961
Sarayacu	0.0022	0.0623	0.1347	1.000	0.4338
Tena	0.0000	0.0542	0.1961	0.4338	1.000

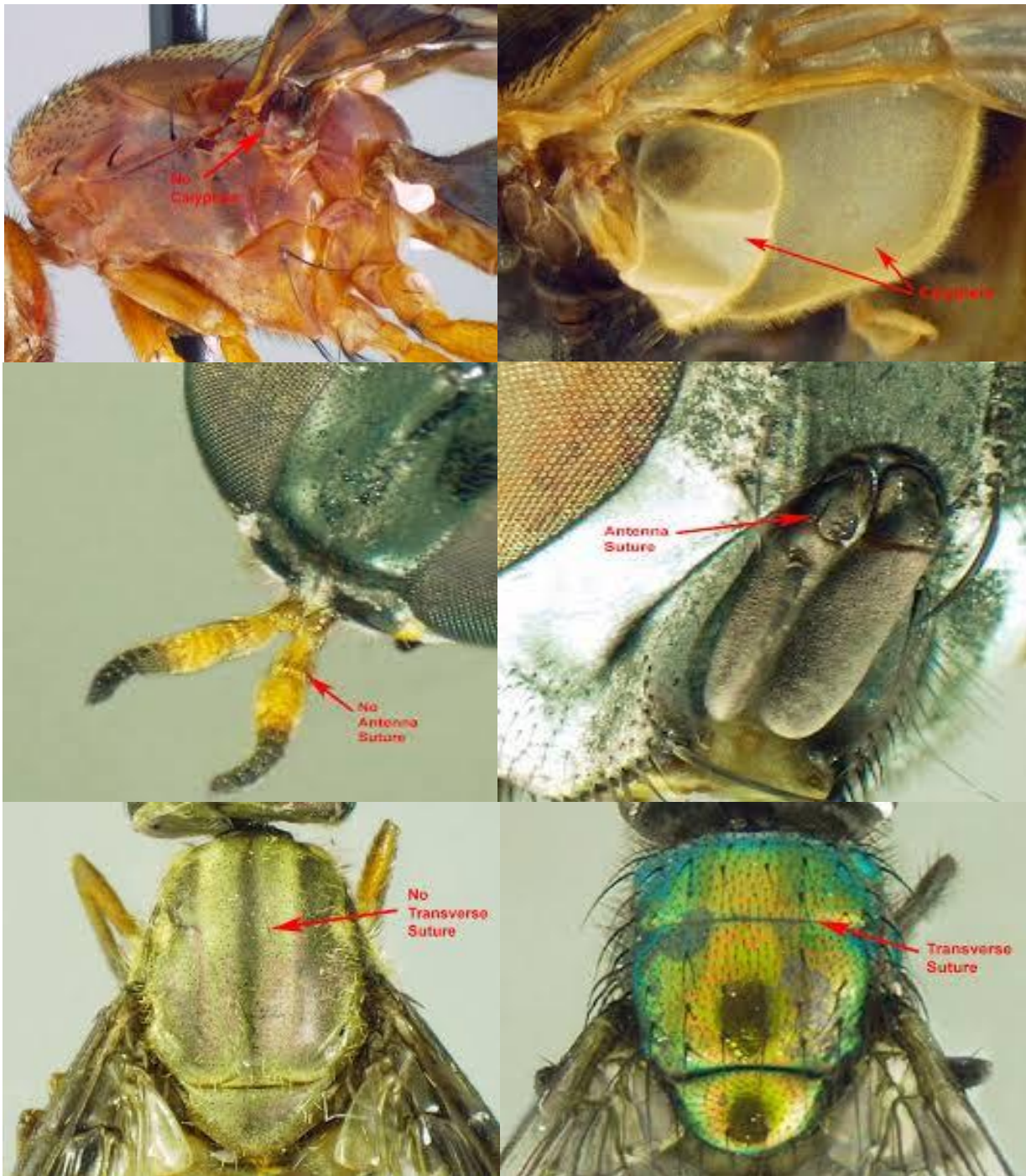
*En la tabla se muestran valores P

Tabla 8. Análisis SIMPER para las especies de las familias del clado Calyptratae.

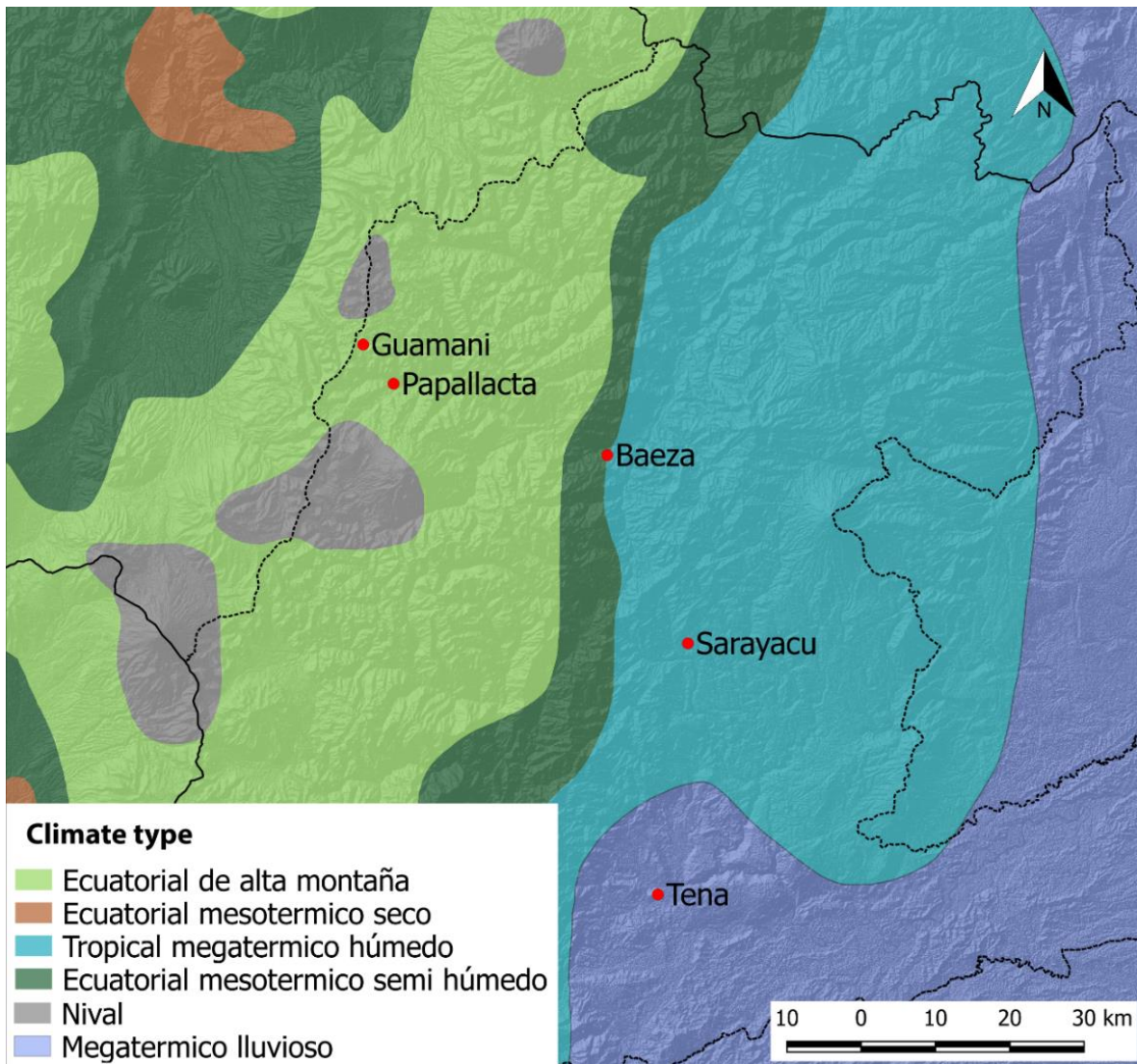
SIMPER		
Taxón	Av. dissim	Contrib. %
<i>Consomyiops verena</i>	22.84	25.81
Sarco sp5	5.51	6.23
<i>Ravinia</i>	5.29	5.98
<i>Calliphora nigribasis</i>	4.12	4.65
Sarco sp2	4.06	4.58
<i>Lucilia purpurescens</i>	3.74	4.23
<i>Fannia</i> sp2	3.70	4.19
TOTAL, CONTRIB. %		51.09

*se muestra la contribución de las especies que aportaron hasta el 50%

12. ANEXOS



Anexo 1. Características morfológicas: Acalyptratae vs Calyptratae. Se observan los tres principales rasgos que diferencian un clado con el otro (Rivers & Dahlem, 2014).

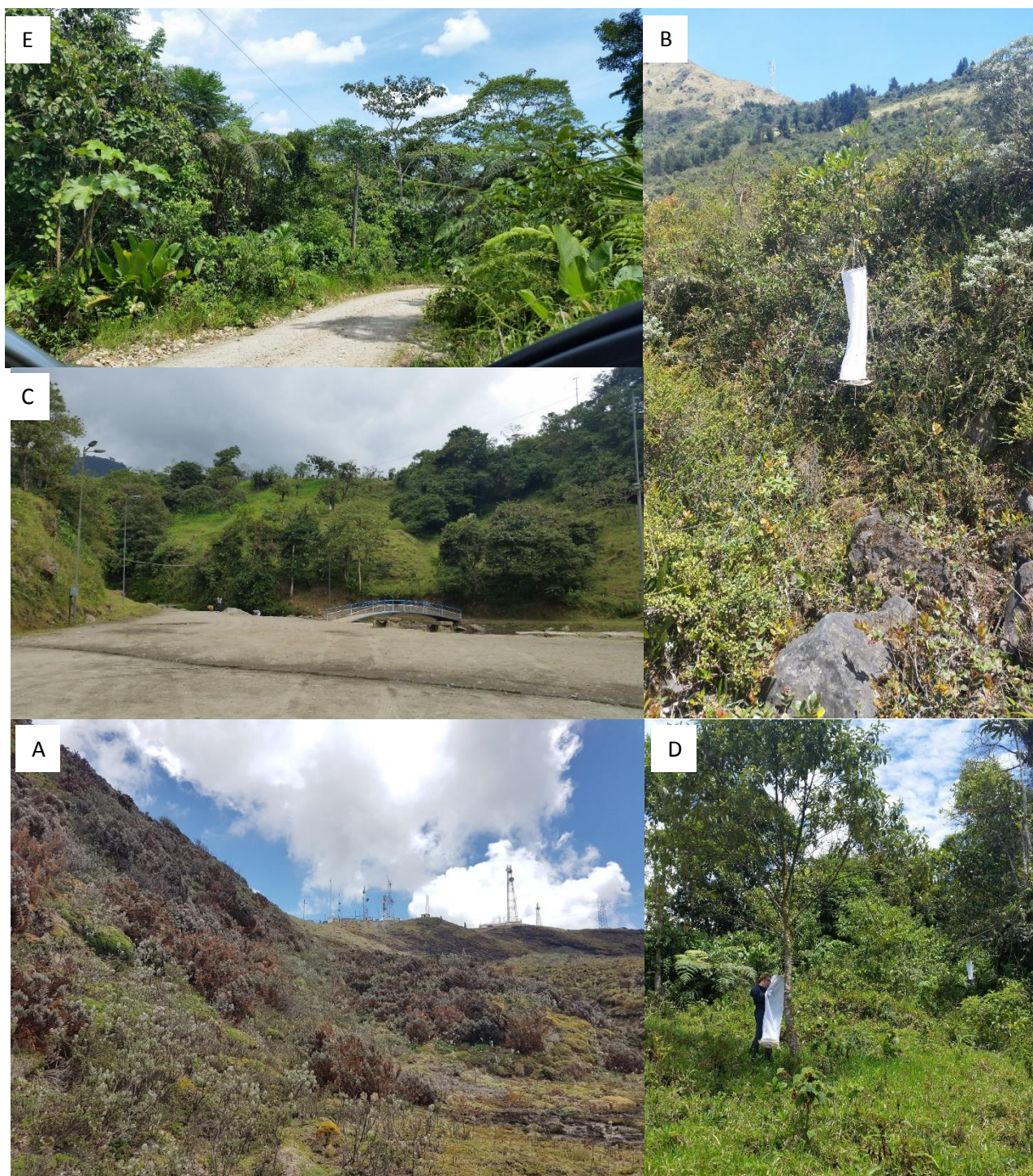


Anexo 2. Puntos de muestreo en la provincia de Napo. - en el mapa se muestra los sitios de colecta y los diferentes pisos climáticos



Embudo invertido
dentro de la trampa.

Anexo 3. Trampa Van Someren-Rydon modificada para dípteros.



Anexo 4. Paisajes de los sitios muestreados.

A: Guamaní; B: Papallacta; C: Baeza; D: Sarayacu; E: Tena

PARA GRADOS ACADÉMICOS DE LICENCIADOS (TERCER NIVEL)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

DECLARACION Y AUTORIZACION

Yo, Mariela Alejandra Domínguez Trujillo C.I. 172525024-3 autora del trabajo de graduación titulado: “Influencia de la altitud en la composición de comunidades de moscas necrófagas de importancia forense (Diptera: Calyptratae) en la provincia del Napo.”, previa a la obtención del grado académico de **LICENCIADA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales:

1.-Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENECYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito, 13 de septiembre de 2017

Mariela Alejandra Domínguez Trujillo
C.I. 172525024-3