

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Variación en la dieta de las comunidades de la familia Carabidae en un gradiente altitudinal de la zona suroeste del volcán Antisana.

Disertación previa a la obtención del título de Bióloga

JAMIE NICOLE MORA BOLAÑOS

Quito, 2023

CERTIFICACIÓN

Certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Biológicas de la candidata Jamie Nicole Mora Bolaños ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente

Álvaro Barragán M. Sc
Director de la Disertación

Quito, 23 de junio del 2023

A mi familia

TABLA DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	7
2. INTRODUCCIÓN	8
2.1. CARABIDAE	8
2.2. EL PÁRAMO DEL ANTISANA	8
2.3. CARÁBIDOS DEL ANTISANA	9
2.4. DIETA CARABIDAE	10
3. OBJETIVOS	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1. ÁREA DE ESTUDIO	13
4.2. MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE CARÁBIDOS	13
4.3. IDENTIFICACIÓN DE DIETA	14
4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	14
5. RESULTADOS	16
5.1. ESPECIES IDENTIFICADAS DE CARÁBIDOS	16
5.2. MORFOTIPOS IDENTIFICADOS DE LAS TRAMPAS PITFALL	16
5.3. CONTENIDO DIGESTIVO	17
6. DISCUSIÓN	18
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	21
8. BIBLIOGRAFÍA	23
9. FIGURAS	26
10. TABLAS	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Especies encontradas en los distintos puntos altitudinales con trampas Pitfall.

A. *Oxytrechus sp.*, **B.** *Bembidion fulvocinctum*; **C.** *Dyscolus oopterooides*; **D.** *Blennidus antisanae*; **E.** *Pelmatellus columbianus*; **F.** *Dyscolus rotundiceps*; **G.** *Dyscolus orthomus*; **H.** *Dyscolus diopsis*; **I.** *Dyscolus denigratus*; **J.** *Dyscolus megacephalus*

Figura 2. Abundancia de especies de Carabidae encontradas en cada punto altitudinal

Figura 3. Tracto digestivo de individuo de la familia Carabidae visto en estereomicroscopio

Figura 4. Contenido digestivo quitinoso encontrado en el intestino de los carábidos.

Figura 5. Contenido digestivo observado en 100x

Figura 6. Contenido digestivo observado en 40x

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Total de especies de Carabidae identificadas en cada punto altitudinal.

Tabla 2. Morfotipos de invertebrados más abundantes en cada punto altitudinal.

Tabla 3. Dieta de especies Carabidae en cada punto altitudinal.

1. RESUMEN

La familia Carabidae es una de las más diversas de escarabajos en el mundo, contando con aproximadamente 40000 especies, sin embargo, existen vacíos de conocimiento sobre su ecología y hábitos alimenticios en el Ecuador. En este estudio, se evaluaron las diferencias en la dieta de las comunidades de Carabidae a lo largo de un gradiente altitudinal en la zona suroeste del volcán Antisana, Ecuador. Se realizaron muestreos en el páramo medio y superpáramo del volcán Antisana, utilizando trampas Pitfall para recolectar los carábidos e invertebrados asociados. Se identificaron 10 especies de Carabidae, siendo *Dyscolus orthomus* la especie más abundante. Cabe mencionar que se encontraron diferencias significativas en la composición y abundancia de las especies de carábidos en relación con la altitud demostrando que la altitud tuvo un efecto significativo en la distribución de las especies de carábidos. Además, se identificaron otros invertebrados asociados a las trampas Pitfall, como Staphylinidae, Hemiptera, Collembola, Coleopteros y Dípteros. Estos hallazgos proporcionan información adicional sobre la diversidad de especies presentes en el ecosistema del Antisana. Se realizó la identificación del contenido digestivo de la mayoría de especies de carábidos y se observaron diferencias en la dieta de las especies de carábidos. Este estudio proporciona información importante sobre la diversidad, abundancia y dieta de las comunidades de Carabidae en el volcán Antisana. Los resultados indican que la altitud es un factor clave que influye en la composición de especies y en la dieta de los carábidos. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento de la ecología de los carábidos en el ecosistema del páramo y tienen implicaciones para la conservación y manejo de este hábitat único.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. CARABIDAE

La familia Carabidae es una de las familias más diversas de escarabajos en el mundo, con aproximadamente 40000 especies descritas hasta la actualidad (Bouchard et al. 2017). Los carábidos se encuentran en una amplia variedad de hábitats y ecosistemas, desde bosques tropicales hasta tundras árticas, sin embargo, se conoce que este grupo es dominante en los ecosistemas montañosos (Moret, 2005). Los carábidos se caracterizan por tener un dorso aplanado. Su longitud puede variar de entre 1 y 80 mm. La mayoría de las especies son de colores oscuros, aunque algunas pueden presentar colores llamativos. Algo de destacar son sus mandíbulas que son predominantemente grandes proyectadas hacia adelante (Aráuz, 2013). Los carábidos se pueden clasificar con relación a sus alas, en braquípteros, macropteros y micropteros. Sin embargo, la mayoría son braquípteros, es decir, poseen alas funcionales reducidas. Esto genera que estén asociados al suelo (Venn, 2016).

Son organismos de hábitos nocturnos, considerados depredadores y generalistas voraces, su dieta es omnívora, alimentándose de una amplia variedad de organismos, incluyendo arácnidos, hormigas y semillas (Kotze et al., 2011; Delgado, 2021). Es importante mencionar que los carábidos son sumamente sensibles a los cambios ambientales y por ende se ensamblan en base al gradiente altitudinal y estructuras microclimáticas específicas, todas relacionadas a factores físicos como la temperatura y la humedad (Moret et al. 2016). En relación a esto, los carábidos funcionan como importantes indicadores biológicos, debido a su alta sensibilidad a su entorno y a su gran diversidad y distribución en diferentes hábitats en todo el mundo, convirtiéndolos en perfectos indicadores para el monitoreo ambiental (Rainio & Niemelä, 2003).

2.2. EL PÁRAMO DEL ANTISANA

Antes de hablar del Antisana es necesario hablar del ecosistema del páramo. Éste, es un ecosistema único de montaña que se extiende en la zona Andina de América del sur, desde el norte del Perú hasta la Cordillera de Mérida en Venezuela, la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y la Cordillera de Talamanca en Costa Rica (Moret, 2005). Se caracteriza por tener una vegetación adaptada a condiciones de estrés extremas como frío, viento y radiación solar. Entre estas plantas emblemáticas están los frailejones, pajonales, musgos y líquenes (Díaz-Granados, Navarrete & Suárez, 2005).

El Páramo del Ecuador es un ecosistema importante por su papel en la regulación del agua, pues es una fuente importante de agua para la población y la agricultura en la región andina. Por otro lado, los páramos funcionan para el almacenamiento de carbono, son conocidos como sumideros de carbono. Esto significa que absorben grandes cantidades de carbono de la atmósfera y lo almacenan en la vegetación y en el suelo. Se conoce que el páramo puede llegar a almacenar 1720 toneladas de carbono por hectárea, lo que lo convierte en uno de los ecosistemas más importantes para el almacenamiento de carbono en América Latina (Noboa, 2016). Finalmente, ese ecosistema es sumamente importante para la conservación de la biodiversidad. El Páramo es el hogar de una gran variedad de especies de plantas y animales, muchas de las cuales son endémicas de la región. Según un estudio realizado por el Instituto Nacional de Biodiversidad de Ecuador s.f, se han registrado más de 4,000 especies de plantas en el Páramo ecuatoriano, incluyendo muchas especies endémicas.

La Reserva Ecológica Antisana muestra uno de los páramos más importantes del Ecuador, es un área protegida con una superficie de 120.000 hectáreas. El Antisana es un volcán activo cubierto por una enorme capa de hielo que se divide en 17 glaciares. Éste se encuentra en el centro de la reserva y es una de las montañas más altas de los Andes ecuatorianos con una altura de 5758 msnm (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica, s.f). Se conoce que las precipitaciones presentan su nivel máximo en los meses de marzo, abril y mayo, mientras que un mínimo desde julio hasta octubre y finalmente otro máximo en el mes de noviembre (Moret et al. 2020). El Páramo del Antisana es un ecosistema sumamente importante en el Ecuador, pues es rico en biodiversidad, albergando una gran variedad de especies de plantas y animales, muchas de las cuales son endémicas de la región. Este ecosistema es considerado como una de las áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en Ecuador. Según un estudio realizado por la organización BirdLife International, el Páramo del Antisana es el hogar de varias especies de aves en peligro de extinción, como el cóndor andino (*Vultur gryphus*) (Varela, Villacrés & Carriel, 2021). Por otro lado, éste páramo es una fuente importante de agua para la población y la agricultura en la región andina.

2.3. CARÁBIDOS DEL ANTISANA

El Parque Nacional Antisana en Ecuador es hogar de una gran variedad de especies de Carabidae. Registros históricos y trabajos previos han comprobado que las comunidades de Carabidae están presentes en todos los pisos altitudinales del páramo del Antisana (Moret, 2005). Además, éste estudio encontró que los carábidos de este parque presentan una gran

riqueza de especies, lo que demuestra la importancia de la conservación de este hábitat para mantener la biodiversidad de esta familia de coleópteros. Los carábidos pueden estar distribuidos en tres tipos de vegetación de páramo en el Antisana: en el subpáramo que se encuentra entre 3200/3400 – 3500/3700 m, páramo medio que va desde 3500/3700 – 4100/4200 m y súper páramo de 4100/4200 – 4700/5000 m (Moret, 2005). Según Moret, 2005, el Antisana alberga 5 géneros de Carabidae con 18 especies en total, entre los géneros que menciona está *Bembidion*, *Dyscolus*, *Blennidus*, *Dercylus* y *Pelmatellus*. Por otro lado, en estudios más recientes como el de Moret et al. 2020, identifican otro género además de los mencionados anteriormente, que es *Oxytrechus*. En este último artículo mencionado, los autores identifican que las especies más abundantes en el Antisana son: *Dyscolus rotundiceps* con un 47.7% y *Dyscolus orthomus* con 29.9%. Es importante mencionar que la sensibilidad de estos organismos permite que sean buenos indicadores de la salud del ecosistema y también permiten tener un conocimiento de cómo afecta el cambio climático al páramo andino dependiendo de las interacciones y comportamientos que tienen estos individuos en diferentes altitudes (Gobbi et al., 2018). Los estudios sobre la diversidad y ecología de los Carabidae del Antisana son importantes para entender mejor la biodiversidad de la región y desarrollar estrategias para su conservación.

2.4. DIETA CARABIDAE

Existen pocos estudios sobre los hábitos alimenticios de esta familia de organismos, y los que hay se han realizado únicamente en regiones templadas del planeta, por lo que aún quedan vacíos de conocimiento al respecto y por ende falta comprensión de sus hábitos alimenticios en el Ecuador (Matta et al. 2017). A pesar de ésto se tiene información sobre potenciales presas de los Carábidos por observaciones aleatorias o por la presencia de ciertos organismos en el mismo espacio de los carábidos. Según Moret (2005), se ha encontrado a algunos organismos del género *Dyscolus* alimentándose de curculionidos más pequeños. Por otro lado, el autor supone que las larvas más pequeñas de esta familia se alimentan de Ácaros y los Colémbolos que hay en el suelo de los páramos. Los carábidos depredadores de otros insectos afectan a la estructura de las comunidades de artrópodos y plantas significativamente. Lo que sugiere que los depredadores pueden actuar como reguladores de la densidad de sus presas (Carrillo, Alarcón & Neira, 2007). Esto puede dar información sobre la salud del ecosistema y de las poblaciones. Por este motivo, esta investigación incorpora el factor “dieta” como variable que influye en la distribución altitudinal de la familia Carabidae, esto debido a que no se tiene ningún dato específico sobre las presas que ingieren estos. El proyecto estudia e identifica cómo

las diferentes especies de Carábidos tienen diversos tipos de dietas en diferentes zonas altitudinales al sur del volcán Antisana. De esta manera se podría entender a mayor profundidad el nicho en el que se encuentran estos organismos, permitiendo aportar a la información que se tiene sobre la ecología de la familia Carabidae. En la actualidad no existen investigaciones sobre la dieta de esta familia y menos en los páramos, por lo que realizar esta investigación permitirá obtener más información importante para futuros estudios y llenar ese vacío de conocimiento. Los resultados obtenidos a partir de esta investigación son un aporte para los demás investigadores entomólogos que necesiten generar proyectos de conservación de esta familia, para los ecólogos quienes necesiten analizar la salud del ecosistema o para quienes busquen realizar comparaciones con otros estudios. Se esperaría que las composiciones de Carábidos en el gradiente altitudinal tengan dietas distintas que podrían influir en la distribución de este grupo.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar las diferencias en la dieta de las comunidades de Carabidae en un gradiente altitudinal en la zona suroeste del volcán Antisana.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar la diversidad y abundancia de especies de los ensamblajes de la familia Carabidae en un gradiente altitudinal en el Antisana.
- Determinar las diferencias de los ensamblajes de sur occidente con los ensamblajes de otras zonas del Antisana.
- Determinar el tipo de dieta de cada ensamblaje de Carábidos.
- Comparar las dietas en relación a la altitud en la que fueron recolectados mediante análisis estadísticos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDIO

La fase práctica de la investigación se llevó a cabo en el mes de noviembre y diciembre del 2022. El estudio se estableció en el volcán Antisana, una de las montañas más altas del Ecuador, llegando a los 5758 m.s.n.m (Moret et al. 2020). Se realizó el muestreo en el páramo medio y superpáramos. Los muestreos se realizaron en la zona suroeste en las faldas del nevado específicamente en las zonas llamadas Santa Lucía y San Simón. Los puntos de muestreo se encuentran en un gradiente altitudinal con cinco alturas, de 4200 (0° 27'02.37" S, 78° 11'05.37" W), 4300 (0° 27'01.52" S, 78° 11'06" W), 4400 (0° 31.2048' S, 78° 09.2180' W), 4500 (0° 30.9811' S, 78° 09.1482' W) y 4600 (0° 30.5293' S, 78° 08.9965' W) m.s.n.m. El muestreo se logró realizar con los permisos concedidos por el Fondo para la Protección del Agua (FONAG) y por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).

4.2. MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE CARÁBIDOS

Se siguió la metodología de Gobbi et al., 2018 en la que se menciona que el número establecido de trampas Pitfall se decide en relación con la heterogeneidad y la extensión del microhábitat, por lo que en cada punto altitudinal se colocaron seis trampas pitfall. Por otro lado, las trampas se ubicaron con una separación de diez metros de distancia. Las trampas se realizaron con vasos plásticos de 15 cm de altura que se rellenaron con 2/3 de vinagre como líquido preservante. A los vasos se les realizó cuatro orificios de 5 mm de diámetro, ubicados a 1 cm del borde superior del vaso para que el agua que ingrese pueda filtrarse sin desbordar el vinagre y la muestra. Estas trampas se enterraron en el suelo a una profundidad igual a la altura del vaso, ésto para que el borde del vaso coincida exactamente con la superficie de suelo y por ende, los individuos puedan caer fácilmente. Fue necesario colocar platos desechables en la parte superior sujetos con palos de madera, de esta manera se limitó la caída de lluvia dentro del vaso. Las fechas de la instalación de trampas para el punto 1, 2 y 3 fue el 15 de agosto del 2022 y las trampas del punto 4 y 5, el 30 de agosto. Finalmente, las trampas fueron retiradas 15 días después de haber sido colocadas.

Todos los invertebrados recolectados fueron colocados en frascos y preservados en alcohol al 96%, separando en un grupo a los organismos de la familia Carabidae y en otro grupo a los demás invertebrados, posteriormente se etiquetaron respectivamente con la fecha y ubicación de colección. Los frascos que contienen a los invertebrados que no son Carábidos permitirán

tener la referencia de sus posibles presas que se encuentran conviviendo en el mismo hábitat, por lo que se identificó morfotipos de todos los individuos. Se utilizó un estereomicroscopio marca Leica para poder identificar las diferentes especies y los morfotipos utilizando la Clave de identificación simplificada de las especies de Carabidae presentes en páramos de la provincia de Pichincha (Moret, 2016) . Después de finalizar todos los análisis, el material fue enviado al museo QCAZ para conservarlo adecuadamente y utilizarlo en futuros estudios.

4.3. IDENTIFICACIÓN DE DIETA

Para la identificación de contenidos intestinales se siguió la metodología utilizada por Matta et al., 2017. De esta manera se realizará una disección a las especies de Carabidae de cada ensamblaje en una caja petri bajo estereomicroscopio. Para esto se utilizaron tijeras de punta fina, con las que se removió patas, alas y cabeza. Posteriormente se realizaron cortes laterales del abdomen y del torax y se separó la región dorsal denominada tergum de la región ventral llamada sternum. Se tuvo que extraer el tubo digestivo, para luego realizar el corte en zona del esófago y en la zona del intestino medio posterior para obtener finalmente el buche, el proventrículo y el intestino medio anterior, que están entre las zonas cortadas. Obtenido el material del tubo digestivo se realizó una abertura para la extracción del contenido interno el cual se colocó en portaobjetos con una gota de agua destilada y se colocó el cubreobjetos. Se realizó la observación en microscopio óptico con el lente de 5x, 10x, 40x y 100x. Finalmente se guardó algunas muestras de contenido estomacal en alcohol al 96% para futuras revisiones y análisis moleculares. Además, se guardó algunas las placas preparadas que se encontraban en mejores condiciones. Fue necesario realizar las identificaciones comparando partes claves del contenido estomacal con las muestras obtenidas de las trampas Pitfall, de esta manera se reconocieron secciones del exoesqueleto de artrópodos como patas, antenas, restos bucales, entre otros (Holopainen & Helenius, 1992).

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se generó una base de datos en el programa Excel con la información recopilada de nuestro muestreo y de los artículos necesarios de acuerdo a las especies identificadas y al número de individuos en cada punto altitudinal. Se realizó la transformación de datos necesaria para que los datos sigan una distribución normal. El tipo de transformación de datos, ya sea por raíz cuadrada, arcoseno, logarítmica o inversa, será establecido al tener los datos, puesto que de esta manera se comprobará cuál es la más adecuada. Posteriormente a la transformación, de ser

necesaria, se combinarán los resultados de todas las localidades en un solo análisis de varianza (Corral, 2019).

Se utilizó el complemento Real Statistics de Excel para realizar análisis ANOVA de dos factores con los datos obtenidos del número de individuos.

Inicialmente se realizaron gráficos de columnas apiladas para entender la variación de diversidad y abundancia de especies en los diferentes puntos altitudinales mencionados. Por otro lado, para entender cómo son los ensamblajes propios de la región estudiada (Sur occidental) e identificar las diferencias con otros ensamblajes, se realizó una comparación con los registros de carábidos de otros autores encontrados en otras zonas del Antisana (oriental o al norte). Para la realización de estos gráficos de dispersión fue necesario utilizar el programa estadístico Jamovi que es uno de los programas más amigables para el manejo de datos. Se decidió realizar gráficos de dispersión porque se presenta de manera sencilla y visualmente la variación de las especies que forman parte de los ensamblados de las diferentes altitudes y de las diferentes zonas.

5. RESULTADOS

5.1. ESPECIES IDENTIFICADAS DE CARÁBIDOS

Se identificó que la composición y abundancia de las especies de Carabidae varió significativamente con respecto a la altitud (Tabla 1) (Figura 3). En total se colectaron 933 individuos, de los cuales se identificaron 10 especies. El género predominante fue *Dyscolus*. Por otro lado, se encontró una larva en el punto 5, de la cual no se logró identificar su especie. La especie más abundante fue *Dyscolus orthomus*, con 552 individuos recolectados a lo largo de todas las altitudes estudiadas. Esta especie mostró una preferencia notable por la altitud de 4400 m.s.n.m, donde se encontraron 516 individuos. La segunda especie más abundante fue *Dyscolus oopterooides*, con 175 individuos recolectados, siendo 4600 m la altitud donde se encontró la mayor cantidad de individuos. Por otro lado, se identificaron otras tres especies *Blennidus antisanae*, *Dyscolus orthomus* y *Dyscolus megacephalus*, en al menos tres de las cinco altitudes estudiadas. Las especies *Oxytrechus* sp. y *Pelmatellus columbianus* solo fueron encontradas en una única altitud. Las diferencias significativas se observaron mediante un análisis ANOVA de dos factores. Después de una transformación de datos logarítmica se obtuvo un valor p de 0,077 con respecto a las filas y un valor p de 0,542 con respecto a las columnas (Tabla 3).

5.2. MORFOTIPOS IDENTIFICADOS DE LAS TRAMPAS PITFALL

Se identificó la composición y abundancia de otros invertebrados encontrados en las mismas trampas pitfall (Tabla 2). Se puede observar que el morfotipo 1 de Staphylinidae tuvo la mayor cantidad de individuos recolectados, 70 en total, encontrados principalmente en la altitud de 4200 m.s.n.m y en menor cantidad en 4300 y 4400 m.s.n.m. Hemiptera 1 fue el segundo morfotipo más recolectado, con 62 individuos en total. La mayoría de ellos se encontraron a una altitud de 4200 m. Por otro lado, el morfotipo 1 de Collembola (M1) se encontró principalmente en la altitud de 4200 m, con 36 individuos recolectados allí de un total de 43. El morfotipo 2 de Curculionidae (M2) fue otro morfotipo notable, pues se encontraron 38 individuos recolectados en total. Algo importante de estos individuos es que se encontraron en casi todas las altitudes, aunque la mayoría se recolectó a 4400 m.s.n.m (16 individuos) y 4300 m (7 individuos). Otro grupo que se destaca es el de Dípteros 2, pues se distribuyó en todas las altitudes excepto en 4300 m.s.n.m, con el mayor número de individuos encontrados a 4600 m.s.n.m. Los siguientes morfotipos no son tan abundantes, pero es necesario destacar que Chrysomelidae (M1) se recolectó en su mayoría a una altitud de 4300 m, Hymenoptera y

Curculionidae (M5) se encontraron principalmente a una altitud de 4200 y 4300 m respectivamente.

5.3. CONTENIDO DIGESTIVO

Se realizó la disección de al menos un individuo de la mayoría de las especies identificadas en cada punto. Cabe aclarar que no todos los tractos digestivos pudieron ser analizados por diversas razones, como el tamaño pequeño de la especie, limitado número de individuos o por la ausencia de contenido al interior del tracto digestivo (Tabla 3).

6. DISCUSIÓN

Es importante destacar que la cantidad total de individuos de carábidos recolectados por cada punto altitudinal no sigue ningún patrón o tendencia, pues se esperaría que a medida que la altitud aumente, disminuya la diversidad y abundancia debido a las temperaturas extremas que hay en el superpáramo. Sin embargo, a 4600 m.s.n.s se encontraron siete especies, mientras que en los demás puntos fueron disminuyendo. Si hablamos de abundancia, el número de individuos no presenta una tendencia dependiendo de la altitud.

En el caso de los demás organismos invertebrados que cayeron en las trampas, se puede observar que la abundancia disminuyó a medida que la altitud aumentaba, con la mayor cantidad de individuos recolectados a 4200 m.s.n.m. (193 individuos), seguido de 4300 m (104 individuos), 4400 m (85 individuos), 4600 m (52 individuos) y la menor cantidad a 4500 m (11 individuos). En los 4600 m hubo un aumento en el número de individuos. El punto que presenta mayor diversidad de especies es el punto más alto (P1), con 7 especies. La ausencia de ciertas especies en algunas altitudes podría ser el resultado de limitaciones en el muestreo más que una verdadera ausencia de la especie. En futuros estudios, sería beneficioso aumentar el esfuerzo de muestreo y abarcar un rango más amplio de altitudes para obtener una imagen más precisa de la distribución altitudinal de las especies de Carabidae en la región del Antisana.

El análisis Anova presenta información importante sobre el efecto de las filas. El factor de las filas mostró una diferencia significativa en los datos transformados, con un valor p de 0,077. Esto indica que hay una variación significativa entre los diferentes puntos de muestreo en términos del número de individuos de carábidos. Esto implica que la altitud o ubicación geográfica de los puntos de muestreo puede tener un impacto en la abundancia de las especies de carábidos. Por otro lado, al analizar el efecto de las columnas, se observa que el factor de las columnas no mostró una diferencia significativa en los datos transformados, con un valor p de 0,542. Esto indica que no hay una variación significativa entre las diferentes especies de carábidos en términos de su distribución en los puntos de muestreo. En general, los resultados sugieren que la altitud o ubicación geográfica de los puntos de muestreo tiene un impacto significativo en la abundancia de las especies de carábidos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las especies de carábidos en su distribución en los puntos de muestreo.

Hay que tomar en cuenta algunas limitaciones de la transformación de datos. Aunque la transformación de los datos pudo haber mejorado la normalidad y otros supuestos del análisis,

es importante tener en cuenta que es posible que la transformación no haya eliminado completamente todas las violaciones de los supuestos y que aún existan ciertos sesgos o patrones en los datos.

El tubo digestivo de los insectos se compone de tres partes principales: el intestino anterior, el intestino medio y el intestino posterior. El intestino anterior consta del esófago, el buche y el proventrículo. El buche es una bolsa grande de paredes delgadas ubicada luego del esófago y el proventrículo, que tiene forma de barril, se encuentra en el primer segmento abdominal. El intestino anterior desempeña un papel importante de filtración y de almacenamiento temporal del alimento. Por otro lado, el intestino medio, la zona anterior, es un tubo ancho curvado en el que se encuentran ciegos gástricos que contienen glándulas digestivas (Candan, Özyurt Koçakoğlu & Serttaş, 2020). Estas tres zonas: buche, proventrículo e intestino medio anterior, mostradas en la figura 3, fueron analizadas en búsqueda del alimento del carábido. La Tabla 3 muestra la lista detallada de elementos encontrados en el tracto digestivo por cada especie en cada punto altitudinal. El número de insectos diseccionados en algunos casos se encuentra acompañado de uno o dos asteriscos. Un asterisco representa que no hubo disección debido al tamaño pequeño de la especie, lo que limitó la manipulación del organismo, la disección y la visualización del contenido en microscopio. Dos asteriscos representan que no hubo disección por la presencia de un solo individuo, en este caso se da preferencia a que el contenido digestivo del individuo pase por análisis moleculares.

Para la identificación de la dieta se logró comparar algunos elementos encontrados con los diferentes morfotipos encontrados en las trampas. Cabe mencionar que un número considerable de fragmentos no pudieron ser identificados. Iniciando como lo más encontrado, fragmentos de quitina, éstos se dividieron en tres grupos: Masa amorfa, masa sólida y quitina dispersa (Figura 4). Esto nos podría brindar información significativa sobre la rigidez o suavidad de los tejidos consumidos por el carábido y por ende las posibles presas. En base a lo observado en microscopio y estereomicroscopio se podría tener una idea de que los fragmentos sólidos de quitina podrían ser partes de élitros o patas de coleópteros, por ejemplo. Es necesario tomar en cuenta, que esta información por sí sola no nos permite sacar conclusiones, por lo que se observó los demás elementos de las muestras.

Otro hallazgo importante son las setas o pelos encontrados, brindan una información más detallada de la posible presa. Al observar las potenciales presas en microscopio, se diferenciaron las setas compuestas translúcidas de las setas simples color café claro o café oscuro (Figura 6).

Las primeras se encontraron similares a los pelos de los organismos del grupo collembola debido al tamaño reducido, al color y a las microsetas presentes en el mismo. Investigaciones sobre la quetotaxia de collembola identifican que este tipo de setas están en la zona apical y en los empodios de estos individuos (Godeiro & Bellini, 2015). Los demás pelos encontrados eran de color café, más grandes que los mencionados anteriormente y completamente lisos (sin microsetas). Algunos eran rectos y otros curvos con apariencia de gancho, esto podría indicar que son de morfotipos diferentes como también de un mismo morfotipo pero de regiones del cuerpo diferentes. Los pelos en forma de gancho se podían encontrar en curculionidae y staphylinidae, sin embargo, los más pequeños se pudieron encontrar en las antenas de la segunda familia. En la especie *D. oopterooides* del punto del punto 2 se encontró un conjunto de ocelos del ojo compuesto de algún insecto. En el tracto digestivo de *D. megacephalus* del punto 3 se identificó con facilidad un exoesqueleto rugoso con pelos rectos cafés y con un posible ojo. Revisando las potenciales presas se determinó que es casi igual al exoesqueleto de un opilión (Figura 6).

Otros elementos que se encontraron repetitivamente fueron segmentos de tubos con apariencia de tejidos digestivos de invertebrados. Esto solo nos da paso para afirmar que parte de la dieta principal de los carábidos son invertebrados. Por otro lado también se lograron identificar posibles fibras vegetales en poca cantidad, lo que nos podría sugerir que los carábidos se alimentaron de alguna planta, o que se alimentaron de un herbívoro que tenía fibras vegetales en su intestino.

Otro hallazgo interesante se dio en *P. colombianus*, que está presente en el punto 5. Se encontró en su tracto digestivo dos granos de polen y además se encontró fragmentos de musgo, específicamente el bulbo de un musgo (Figura 5 y 6). Esto se pudo comparar con el contenido estomacal del carábido *Amara quenseli* en otras investigaciones (Hågvar & Pedersen, 2015). Este resultado se relaciona con que *P. colombianus* es la única especie macroptera de las encontradas en este estudio, esto quiere decir que presenta alas funcionales (Muñoz-Tobar & Caterino, 2019), lo que le podría facilitar a estar cerca de las flores y plantas para alimentarse de estas.

Algo interesante de destacar es que se encontró huevos de posibles parásitos nemátodos únicamente en la especie *D. oopterooides* de los puntos 1 y 3 (Figura 6). Se sugiere que son huevos de nemátodos debido al parecido con los huevos de otros parásitos como *Ascaris spp* y *Primasubulura spp*. (Obanda et al. 2019; Faskol & Racoviteanu, 2019).

Otra observación que llama la atención es la del contenido intestinal de *D. megacephalus* en el punto 2. Inicialmente en el estereomicroscopio se observó una pequeña masa esférica blanca alrededor de quitina dispersa y aceite. Al realizar la placa para ver al microscopio, dicha bola se rompió en tres fragmentos. El primero se quedó bastante compacto, el segundo se hizo muchos fragmentos pequeños con formas triangulares y finalmente el tercero que se esparció más hasta destruir los triángulos y quedar fragmentos en forma de aguja que parecen cristales. No existe nada parecido en las potenciales presas, pero mediante bibliografía se puede ver que estos fragmentos son exactamente iguales a cristales de oxalato de calcio mejor conocidos como rafidios (Jáuregui-Zuñiga,2004). Esto no brinda una respuesta clara del posible alimento del carábido debido a que los cristales de oxalato de calcio se encuentran en plantas, en mamíferos y hasta en conchas de caracoles.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación de la diversidad y abundancia de las especies de Carabidae a lo largo de un gradiente altitudinal en el volcán Antisana reveló patrones interesantes. Se encontró una alta diversidad de especies de carábidos en todas las altitudes estudiadas, aunque un poco mayor en los 4600 m.s.n.m. lo que indica una adaptación exitosa de estos insectos a diferentes condiciones ambientales.

Por otro lado, se observaron diferencias significativas en los ensamblajes de Carabidae entre las altitudes estudiadas. Algunas especies fueron más abundantes en altitudes más bajas como *P. colombianus*, mientras que otras fueron más predominantes en altitudes más altas como *D. diopsis*. Estos resultados sugieren una fuerte influencia de la altitud en la composición y estructura de las comunidades de carábidos.

La dieta de los carábidos también mostró variaciones significativas a lo largo del gradiente altitudinal. Se identificaron diferentes tipos de posibles presas consumidas por las especies de carábidos en base a los invertebrados también presentes en cada punto altitudinal. Se identificó masas de quitina, tejido interno de insectos, huevos de nemátodos, fibras vegetales, polen, entre otros, en los diferentes individuos. Estas diferencias en la dieta pueden reflejar la disponibilidad de recursos alimentarios en cada altitud y las preferencias alimentarias de las especies de carábidos. En los meses que vienen se enviarán las muestras para hacer análisis moleculares y tener una mejor resolución taxonómica.

El análisis estadístico de los datos reveló que la altitud tuvo un efecto significativo en la composición de las especies de carábidos y en su dieta. Estos resultados respaldan la hipótesis de que la altitud puede desempeñar un papel crucial en la distribución y selección de alimentos de los carábidos en el volcán Antisana.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bouchard, P., Smith, A. B. T., Douglas, H., Gimmel, M. L., Brunke, A. J., & Kanda, K. (2017). Biodiversity of Coleoptera. *Insect Biodiversity*, 337–417. doi:10.1002/9781118945568.ch11
- Candan, S., Özyurt Koçakoğlu, N., & Serttaş, A. (2020). Histoanatomy of Malpighian tubules and the digestive tract of adult of biocontrol agent *Calosoma sycophanta* L. (Coleoptera: Carabidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(2), 1373–1386. doi:10.1007/s42690-020-00331-4
- Carrillo, R., Alarcón, R., & Neira, M. (2007). The effects of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) on the arthropod fauna of wheat fields in Chile. *Revista de biología tropical*, 55(1), 101-111.
- Corral, L. (2019). Estadísticas y técnicas experimentales para la investigación biológica. Editorial Universitaria Abya Yala.
- Delgado, E. (2021). Los Carabidae (coleóptera) del altiplano de los andes del Perú. [Tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Díaz-Granados Ortiz, M. A., Navarrete González, J. D., & Suárez López, T. (2005). Páramos: hidrosistemas sensibles. *Revista de ingeniería*, (22), 64-75. <https://doi.org/10.16924/revinge.22.8>
- Faskol, A. S., & Racoviteanu, G. (2019). Determine the Required Log Reductions of Human Intestinal Helminth Eggs by Waste Stabilization Pond: A Simulation for Wastewater Recycling in Agriculture. *Modelling in Civil Environmental Engineering*, 15(1), 11-25.
- Gobbi, M., Barragán, Á., Brambilla, M., Moreno, E., Pruna, W. & Moret, P. (2018). Hand searching versus pitfall trapping: how to assess biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in high altitude equatorial Andes?. *Journal of Insect Conservation*. 22, 533–543. <https://doi.org/10.1007/s10841-018-0082-8>
- Godeiro, N. N., & Bellini, B. C. (2015). Two new species and two detailed chaetotaxy descriptions of *Seira* (Collembola: Entomobryidae) from Brazil. *Zootaxa*, 3972(2), 208-230.

- Hågvar, S., & Pedersen, A. (2015). Food choice of invertebrates during early glacier foreland succession. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 47(3), 561-572.
- Holopainen, J. K., & Helenius, J. (1992). Gut Contents of Ground Beetles (Col., Carabidae), and Activity of these and other Epigeal Predators during an Outbreak of *Rhopalosiphum padi* (Hom., Aphididae). *Acta Agriculturae Scandinavica*, 42(1), 57–61. doi:10.1080/09064719209410199
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, (s.f). Antisana. Recuperado de: <https://www.igepn.edu.ec/antisana>
- Instituto Nacional de Biodiversidad de Ecuador. (s.f.). "Antisana." Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.ec/areas-protegidas/patrimonio-natural/patrimonio-natural-ecuador/antisana/>.
- Jáuregui-Zuñiga, D. A. V. I. D., & Moreno, A. (2004). La biomineralización del oxalato de calcio en plantas: retos y potencial. *REB*, 23(1), 18-23.
- Kotze, D. J., Brandmayr, P., Casale, A., Dauffy-Richard, E., Dekoninck, W., Koivula, M., Zetto Brandmayr, T. (2011). Forty years of carabid beetle research in Europe – from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *ZooKeys*, 100, 55–148. doi:10.3897/zookeys.100.1523
- Matta, D. H., Cividanes, F. J., Silva, R. J., Batista, M. N., Otuka, A. K., Correia, E. T., & Matos, S. (2017). Feeding habits of Carabidae (Coleoptera) associated with herbaceous plants and the phenology of coloured cotton. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39(2), 135–142. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i2.32593>
- Moret, P. (2005). Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador. Sistemática, ecología y biogeografía. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Moret, P., Arauz, M.A., Gobbi, M., Barragán, A. (2016). Climate warming effects in the tropical Andes: first evidence for upslope shifts of Carabidae (Coleoptera) in Ecuador. *Insect Conservation and Diversity*, 9 (4): 342-350. 10.1111/icad.12173
- Moret, P., Barragán, Á., Moreno, E., Cauvy-Fraunié, S., & Gobbi, M. (2020). When the Ice Has Gone: Colonisation of Equatorial Glacier Forelands by Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Neotropical Entomology*. 10.1007/s13744-019-00753-x

- Muñoz-Tobar, S. I., & Caterino, M. S. (2019). The role of dispersal for shaping phylogeographical structure of flightless beetles from the Andes. *PeerJ*, 7, e7226.
- Noboa, S. (2016). *Cuantificación de Carbono en Biomasa Aérea y Necromasa en zonas quemadas dentro de la reserva ecológica los Illinizas*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana. Quito Ecuador. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13064/1/UPS%20-%20ST002304.pdf>
- Obanda, V., Maingi, N., Muchemi, G., Ng'ang'a, C. J., Angelone, S., & Archie, E. A. (2019). Infection dynamics of gastrointestinal helminths in sympatric non-human primates, livestock and wild ruminants in Kenya. *PloS one*, 14(6), e0217929.
- Rainio, J., & Niemelä, J. (2003). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12(3), 487–506. doi:10.1023/a:1022412617568
- Varela, J. P., Villacrés, P. M., & Carriel, P. M. E. (2021). Análisis de la diversidad de aves en la Reserva Ecológica Antisana como recurso turístico para la propuesta de rutas de Aviturismo: Analysis of the Diversity of Birds in the Antisana Ecological Reserve for the Proposal of Birthwatching Routes. *Kalpana-Revista de Investigación*, (20), 50-71.
- Venn, S. (2016) To fly or not to fly : Factors influencing the flight capacity of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae), *European Journal of Entomology*, vol. 113, pp. 587-600. <https://doi.org/10.14411/eje.20>

9. FIGURAS

Figura 1. Especies encontradas en los distintos puntos altitudinales con trampas Pitfall.

A. *Oxytrechus* sp., **B.** *Bembidion fulvocinctum*; **C.** *Dyscolus oopterooides*; **D.** *Blennidus antisanae*; **E.** *Pelmatellus columbianus*; **F.** *Dyscolus rontundiceps*; **G.** *Dyscolus orthomus*; **H.** *Dyscolus diopsis*; **I.** *Dyscolus denigratus*; **J.** *Dyscolus megacephalus*

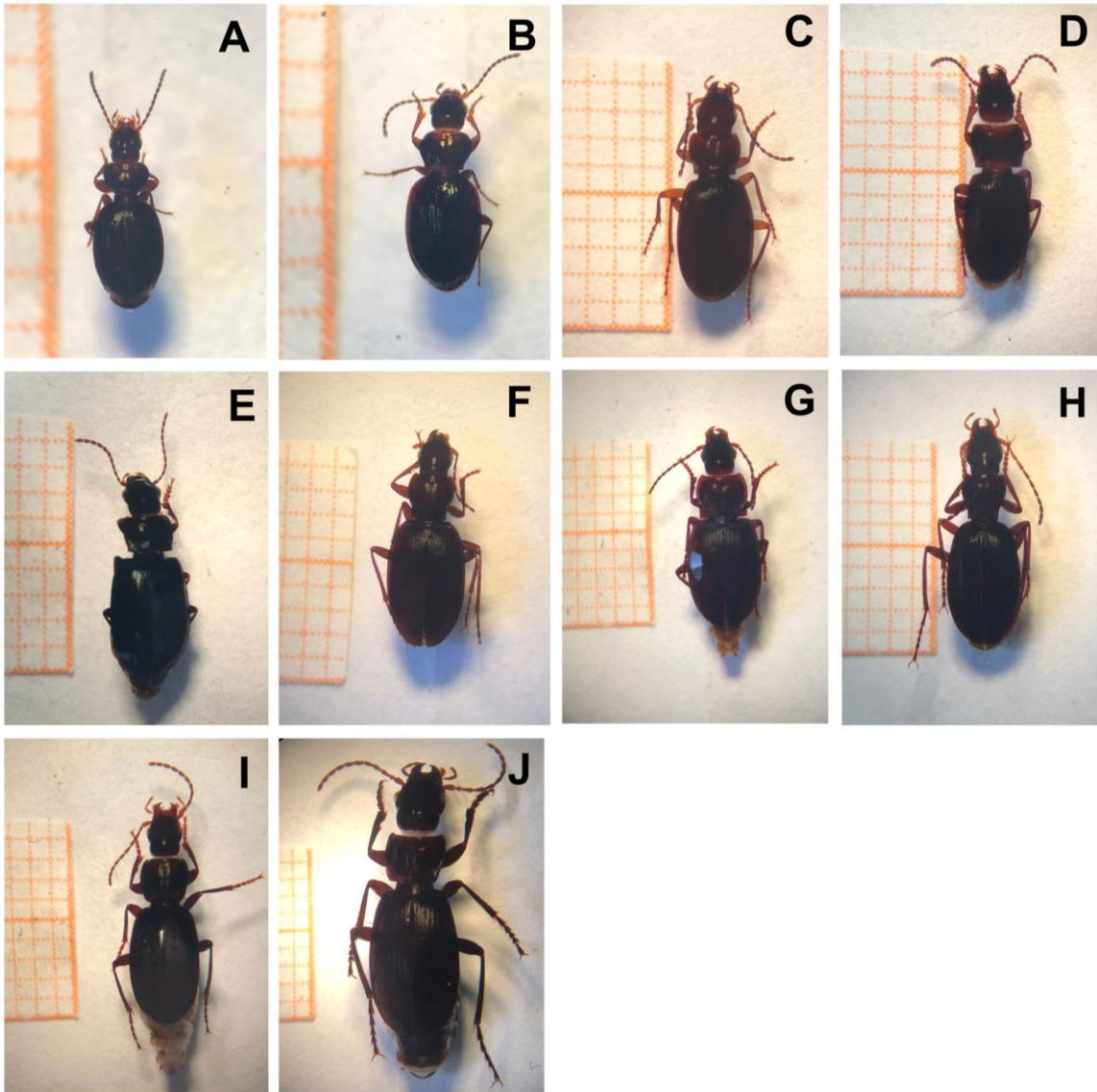


Figura 2. Abundancia de especies de Carabidae encontradas en cada punto altitudinal.

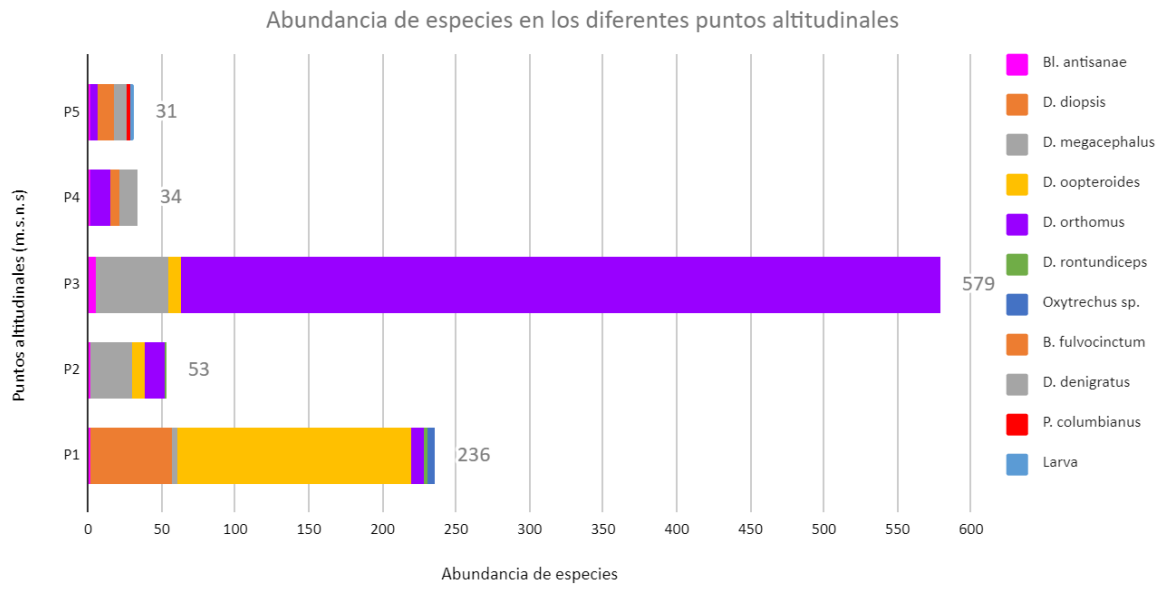


Figura 3. Tracto digestivo de individuo de la familia Carabidae visto en estereomicroscopio. Intestino medio posterior (imp), intestino medio anterior (ima), proventrículo (pv), buche (bc).



Figura 4. Contenido digestivo quitinoso encontrado en el intestino de los carábidos.

A. Masa amorfa de quitina. B. Masa sólida de quitina. D. Quitina dispersa

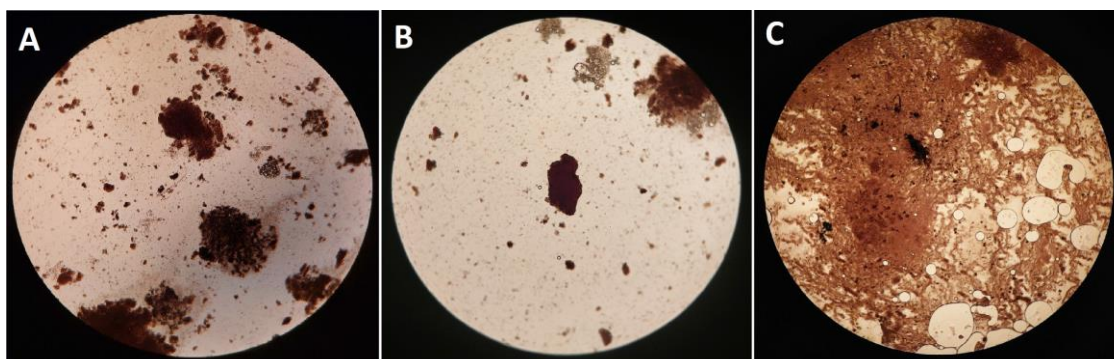


Figura 5. Contenido digestivo observado en 100x.

A. Posible fragmento de un quelícero. **B.** Polen. **C.** Restos de exoesqueleto poroso.

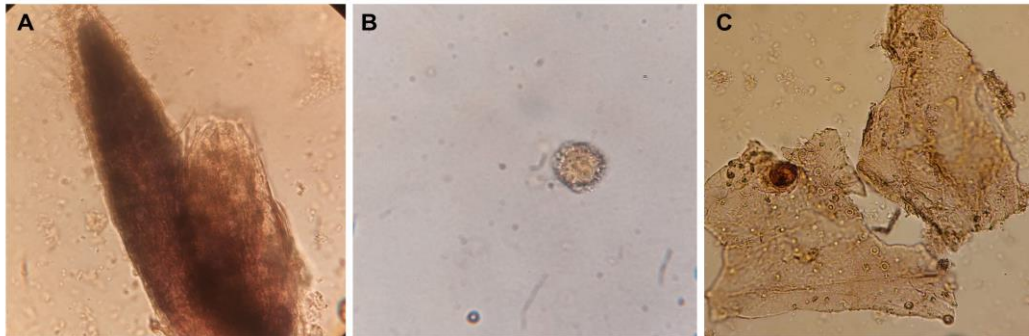
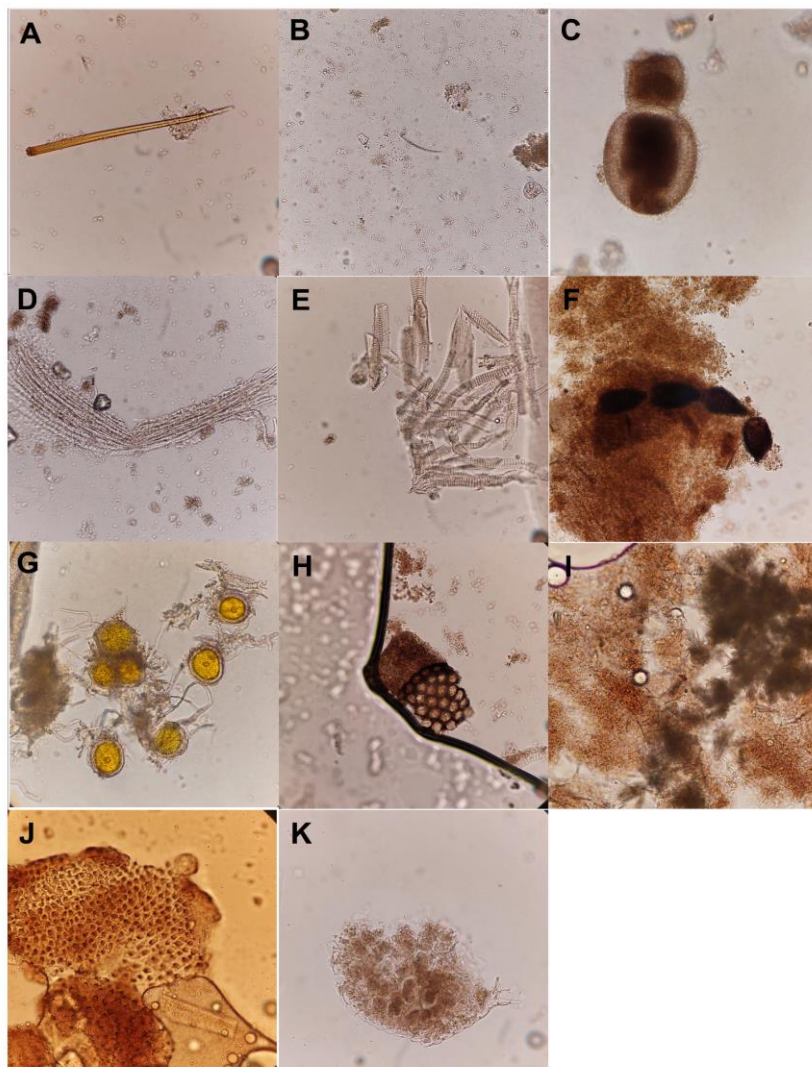


Figura 6. Contenido digestivo observado en 40x.

A. Seta o pelo simple recto. **B.** Pelo compuesto color translúcido. **C.** Posible base de antena aristada. **D.** Fibras vegetales. **E.** Tejido interno de insectos. **F.** Segmento de antena. **G.** Huevos de nemátodos. **H.** Conjunto de ocelos. **I.** Cristales liberados de masa blanca. **J.** Exoesqueleto rugoso. **K.** Bulbo de musgo.



10. TABLAS

Tabla 1. Suma total de especies de Carabidae identificadas en cada punto altitudinal.

Especie	P1	P2	P3	P4	P5	Total
<i>Bl. antisanae</i>	2	1	5	1	2	11
<i>D. diopsis</i>	55	0	0	0	0	55
<i>D. megacephalus</i>	4	29	50	0	0	83
<i>D. oopterooides</i>	159	8	8	0	0	175
<i>D. orthomus</i>	8	14	516	14	4	556
<i>D. rontundiceps</i>	3	1	0	0	0	4
<i>Oxytrechus sp.</i>	5	0	0	0	0	5
<i>B. fulvocinctum</i>	0	0	0	6	11	17
<i>D. denigratus</i>	0	0	0	13	9	22
<i>P. columbianus</i>	0	0	0	0	3	3
Larva	0	0	0	0	2	2
Total	236	53	579	34	31	933

Tabla 2. Morfotipos de invertebrados más abundantes en cada punto altitudinal.

Morfotipo	Zona de muestreo					Suma total
	P1	P2	P3	P4	P5	
Ácaros		2	7			9
Araña M1	1		4	3	3	11
Araña M2			1			1
Arañas pequeñas					1	1
Blatodea					1	1
Chrysomelidae			1			1
Chrysomelidae M1				23	2	25
Chrysomelidae M2				9	0	9
Chrysomelidae M3					1	1
Clitellata				1		1
Colembola M1	3		6	8	36	53
Colembola M2		1				1
Colembola M3			11	0		11
Colembola M4				1		1
Corylophidae				1		1
Curculionidae M1	3			1	1	5
Curculionidae M2	13		16	7	2	38
Curculionidae M3	2		4	0	0	6
Curculionidae M4	1		3	0	1	5
Curculionidae M5		1	1	10	3	15
Curculionidae M6			5	3		8
Curculionidae M7			2			2
Dípteros grandes	1					1
Dípteros M1	7	0		4	4	15
Dípteros M2	18	5	5	0	4	32
Dípteros M3	2	2		1	0	5
Dípteros M4	1			0	0	1
Dípteros M5				1	0	1
Dípteros M5				1	0	1
Dípteros M6				8	2	10
Dípteros M7				2		2
Dípteros M8				1		1
Dípteros M9				1		1
Elateridae			1			1
Hemíptero				3	59	62
Hilodactylidae				1		1
Hymenoptera			1	5	10	16
Larva			1	5		6
Leioididae				1	1	2
Opilion				1	5	6
Phasmida					2	2
Philosciidae			1		1	2
Quilopoda					1	1
Staphylinidae			13	3	54	70
Suma total	52	11	83	104	194	444

Tabla 3. Dieta de especies Carabidae en cada punto altitudinal.

<i>Especies</i>	<i>Individuos disectados</i>	<i>Contenido digestivo</i>					<i>Posible presa</i>
<i>Blennidus antisanae</i>	1 Masa amorfa quitinosa	-	-	-	-	-	Poca información
<i>Dyscolus diopsis</i>	4 Masa amorfa quitinosa	Tejido interno insectos	Inicio de antena aristada	-	-	-	Díptero
<i>Dyscolus megacephalus</i>	2 Masa amorfa quitinosa	Tejido interno insectos	-	-	-	-	Poca información
P1 <i>Dyscolus oopterooides</i>	4 Masa amorfa quitinosa	-	Pelos compuestos translúcidos	Huevos de nemátodo	Esporas fúngicas	-	Collembola
<i>Dyscolus orthomus</i>	1 Masa amorfa quitinosa	Tejido interno insectos	Fibras vegetales	-	-	-	Coleoptero
<i>Dyscolus rontundiceps</i>	1 -	-	-	-	-	-	Vacío
<i>Oxytrechus sp.</i>	*0 -	-	-	-	-	-	-
<i>Blennidus antisanae</i>	**0 -	-	-	-	-	-	-
<i>Dyscolus megacephalus</i>	3 Quitina dispersa	-	Masa blanca (cristales)	Grasa	-	-	Poca información
P2 <i>Dyscolus oopterooides</i>	2 Masa sólida quitinosa	-	Pelos simples rectos oscuros	Ocelos	Antena	-	Staphilinidae
<i>Dyscolus orthomus</i>	3 Masa sólida quitinosa	Tejido interno insectos	Pelos simples rectos oscuros	Pelos simples curvos oscuros	-	-	Coleoptero
<i>Dyscolus rontundiceps</i>	**0 -	-	-	-	-	-	-
<i>Blennidus antisanae</i>	2 -	-	-	-	-	-	Vacíos
P3 <i>Dyscolus megacephalus</i>	2 Masa amorfa quitinosa	-	Pelos simples rectos oscuros	Posibles ojos	Exoesqueleto rugoso	-	Opilión
<i>Dyscolus oopterooides</i>	2 Masa amorfa quitinosa	-	Fibras vegetales	Huevos de nemátodo	Exoesqueleto escamoso	-	Poca información
<i>Dyscolus orthomus</i>	2 Masa amorfa quitinosa	Tejido interno insectos	Pelos simples rectos oscuros	-	-	-	Poca información
<i>Bembidion fulvocinctum</i>	*0 -	-	-	-	-	-	-
P4 <i>Blennidus antisanae</i>	**0 -	-	-	-	-	-	-
<i>Dyscolus denigratus</i>	3 Masa amorfa quitinosa	Tejido interno insectos	-	-	-	-	Poca información
<i>Dyscolus orthomus</i>	3 Masa amorfa quitinosa	-	-	-	-	-	Poca información
<i>Bembidion fulvocinctum</i>	*0 -	-	-	-	-	-	-
P5 <i>Blennidus antisanae</i>	1 -	-	-	-	-	-	Vacíos
<i>Dyscolus denigratus</i>	3 Masa sólida quitinosa	-	-	-	Posible pedipalpo	-	Poca información
<i>Dyscolus orthomus</i>	2 Masa amorfa quitinosa	-	Fibras vegetales	-	Exoesqueleto: poros	-	Collembola
<i>Pelmatellus columbianus</i>	1 Polen	Bulbo de musgo	-	-	-	-	Plantas
<i>Larva</i>	***0 -	-	-	-	-	-	-