



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA



Estructura del ensamblaje de escarabajos
coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) en
un bosque primario y secundario del Bosque
de Protección Pagaibamba, Querocoto,
Chota, Cajamarca, Perú, 2018.

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología

Autores

Br. Vélez Quesquén, Marco Antonio Martin

Br. Saavedra Chávez, Joscwalt Isaac

Asesora

Dra. Calderón Arias, Carmen Patricia

Lambayeque – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA



Estructura del ensamblaje de escarabajos
coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) en
un bosque primario y secundario del Bosque
de Protección Pagaibamba, Querocoto,
Chota, Cajamarca, Perú, 2018.

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología

Autores

Br. Vélez Quesquén, Marco Antonio Martin

Br. Saavedra Chávez, Joscwalt Isaac

Aprobado por:

Dr. Eduardo Julio Tejada Sánchez

PRESIDENTE

.....

M. Sc. Jorge Chanamé Céspedes

SECRETARIO

.....

Ing. Manuel Bravo Calderón

VOCAL

.....

Dra. Carmen Patricia Calderón Arias

ASESORA

.....

DEDICATORIA

A todos los amantes de los insectos.

Marco Antonio Martin Vélez Quesquén.

A Dios, mi Padre, Salvador y Señor, el guía y amor de mi vida. A mis maravillosos padres, Jorge y Margarita, mis motivadores en la tierra. A mi hermana, Diana, mi gran compañera de vida. A mis grandes amigos y hermanos, Roger y Edith, grande apoyo para mí. Y a todos los que buscan la verdad sin desmayar.

Josswalt Isaac Saavedra Chávez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo y a mi familia.

Marco Antonio Martin Vélez Quesquén.

Gracias, Dios, por la vida eterna, por tu constante amor, por cuidar mis decisiones conforme a tu perfecto plan, y por tu ayuda y fortaleza en todo aspecto de mi vida. Gracias, Jorge y Margarita, por su permanente ánimo e incondicional apoyo, los cuales me impulsaron siempre y lo seguirán haciendo. Gracias, Diana, por compartir gratos momentos conmigo. Gracias, señores profesores, quienes me enseñaron grandes cosas durante mi formación profesional, especialmente a Carmen Calderón, por asesorarnos en todo el proyecto, a Jorge Fupuy, Jorge Chanamé, Roger Alván y Jorge Noriega, quienes en distintos momentos dieron de sí mismos para que este trabajo sea consumado.

Josswalt Isaac Saavedra Chávez.

RESUMEN

Las perturbaciones antrópicas han ocasionado fuertes alteraciones a los bosques andinos, aumentando la fragmentación y pérdida de su biodiversidad, así como el deterioro de sus recursos. Este es el caso del Bosque de Protección Pagaibamba (BPP), una de las áreas naturales protegidas en el norte peruano. A pesar de su importante papel en la región se desconoce la fauna de escarabajos coprófagos en este bosque, pese a su trascendental rol en la regeneración de los bosques y pastizales ganaderos. A raíz de esto, se planteó determinar la estructura del ensamblaje de estos insectos en un bosque primario (BP) y secundario (BS) del BPP. Se colectaron los escarabajos coprófagos presentes en ambos hábitats entre los meses de mayo y agosto de 2018, obtenidos mediante trampas de interceptación de vuelo, trampas *pitfall* y captura manual, ubicadas en dos transectos por hábitat, muestreándose una vez por mes durante 48 h. Se capturaron un total de 95 individuos pertenecientes a 5 especies, teniendo como dominante a *Cryptocanthon* sp (74%). La estructura del ensamblaje presentó su mayor riqueza y diversidad en BS durante mayo; mientras que, durante agosto se obtuvo la mayor abundancia y dominancia en BP. La dinámica espacial del grupo se vio influenciada por la perturbación del hábitat, la ecorregión y el tipo de cebo utilizado para la captura, encontrándose un 40% de similitud en la composición de especies entre ambos hábitats. Su dinámica temporal estuvo relacionada con la precipitación fluvial, hecho que afectó a los patrones de abundancia de *Cryptocanthon* sp. y *Homocopris* sp. La humedad ejerció efecto sobre la diversidad y dominancia en bosque secundario; mientras que la temperatura no tuvo influencia alguna sobre el ensamblaje de escarabajos coprófagos; por lo tanto su estructura está relacionada a factores como la ecorregión, la perturbación del hábitat, la precipitación y la humedad. Se recomienda incluir un gradiente altitudinal, el uso de otros cebos y comparar entre diferentes años en próximos estudios en el Bosque de Protección Pagaibamba.

Palabras clave: Bosque andino, Bosque primario, Bosque secundario, Diversidad, *Scarabaeidae*.

ABSTRACT

Anthropic disturbances have caused strong alterations to the Andean forests, increasing the fragmentation and loss of their biodiversity, as well as the deterioration of their resources. This is the case of the Pagaibamba Protection Forest (BPP), one of the natural protected areas in northern Peru. In spite of its important role in the region, the fauna of coprophages beetles in this forest is unknown, despite its transcendental role in the regeneration of livestock forests and pastures. Because that, it was proposed to determine the assemblage structure of these insects in a primary (BP) and secondary (BS) forest of the BPP. The coprophages beetles present in both habitats were collected between the months of May and August 2018, obtained by means of flight interception traps, pitfall traps and manual capture, located in two transects per habitat, sampling once a month for 48 hours. Ninety-five individuals belonging to five species were captured, with *Cryptocanthon* sp (74%) as dominant. The structure of the assemblage presented its greatest richness and diversity in BS during May; while, during August, the greatest abundance and dominance in BP was obtained. Spatial dynamics of the group was influenced by habitat disturbance, ecoregion and the type of bait used for capture, with 40% similarity in the composition of species between both habitats. Its temporal dynamics was related to river precipitation, a fact that affected the abundance patterns of *Cryptocanthon* sp. and *Homocopris* sp. Humidity had an effect on diversity and dominance in secondary forest; while the temperature had no influence on the assemblage of coprophages beetles, therefore its structure is related to factors such as the ecoregion, habitat disturbance, precipitation and humidity. It is recommended to include an altitudinal gradient, the use of other baits and compare between different years in future studies in the Pagaibamba Protection Forest.

Keywords: Andean forest, Primary forest, Secondary forest, Diversity, *Scarabaeidae*.

ÍNDICE GENERAL

| | | |
|--------|---|----|
| I. | INTRODUCCIÓN..... | 11 |
| II. | ANTECEDENTES..... | 14 |
| III. | BASES TEÓRICAS | 19 |
| 3.1 | ESTRUCTURA DEL ENSAMBLAJE DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (<i>Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae</i>)..... | 19 |
| 3.1.1 | Taxonomía de los escarabajos coprófagos..... | 19 |
| 3.1.2 | Comportamiento general de los escarabajos coprófagos..... | 19 |
| 3.1.3 | Rasgos morfológicos de los escarabajos coprófagos..... | 20 |
| 3.1.4 | Ciclo de vida de los escarabajos coprófagos..... | 21 |
| 3.1.5 | Gremios de escarabajos coprófagos. | 22 |
| 3.1.6 | Riqueza y diversidad de los escarabajos coprófagos..... | 23 |
| 3.1.7 | Importancia de los escarabajos coprófagos..... | 23 |
| 3.1.8 | Su papel en los estudios de impacto ambiental. | 24 |
| 3.1.9 | Definición del término «Ensamblaje». | 24 |
| 3.1.10 | Estructura de un ensamblaje de <i>Scarabaeinae</i> , y propósito de su estudio..... | 25 |
| 3.2 | BOQUES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS EN EL BOSQUE DE PROTECCIÓN PAGAIBAMBA | 25 |
| 3.2.1 | Bosques primarios y secundarios. | 25 |
| 3.2.2 | El Bosque de Protección Pagaibamba. | 25 |
| IV. | MATERIALES Y MÉTODOS | 29 |
| 4.1 | Tipo de investigación..... | 29 |
| 4.2 | Material..... | 29 |
| 4.2.1 | Área de estudio..... | 29 |
| 4.2.2 | Instrumentos de recolección de datos. | 29 |
| 4.3 | Población y muestra | 32 |
| 4.3.1 | Población..... | 32 |
| 4.3.2 | Muestra. | 32 |
| 4.3.3 | Unidad de análisis..... | 33 |
| 4.4 | Metodología | 33 |
| 4.4.1 | Selección del área de estudio. | 33 |
| 4.4.2 | Diseño y aplicación del muestreo..... | 34 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.4.3 | Identificación de los escarabajos coprófagos..... | 34 |
| 4.4.4 | Análisis de índices ecológicos de comunidad..... | 35 |
| 4.4.5 | Análisis estadístico para la determinación del ensamblaje de los escarabajos coprófagos..... | 36 |
| V. | RESULTADOS..... | 37 |
| 5.1 | Descripción del Área de Estudio..... | 37 |
| 5.2 | Temperatura y humedad ambientales del BPP durante el muestreo..... | 38 |
| 5.3 | Biodiversidad de <i>Scarabaeinae</i> en el BPP durante mayo – agosto de 2018..... | 38 |
| 5.4 | Estructura del ensamblaje en función del hábitat..... | 41 |
| 5.5 | Estructura del ensamblaje en función del tiempo..... | 42 |
| 5.6 | Estructura del ensamblaje en relación a la temperatura ambiental..... | 44 |
| 5.7 | Estructura del ensamblaje en relación a la humedad atmosférica..... | 45 |
| 5.8 | Estructura general del ensamblaje en el BPP..... | 46 |
| VI. | DISCUSIÓN..... | 50 |
| 6.1 | Área de Estudio..... | 50 |
| 6.2 | Temperatura y humedad ambientales del BPP..... | 50 |
| 6.3 | Biodiversidad de <i>Scarabaeinae</i> en el BPP..... | 51 |
| 6.4 | Estructura del ensamblaje de <i>Scarabaeinae</i> en función del hábitat..... | 52 |
| 6.5 | Estructura del ensamblaje de <i>Scarabaeinae</i> en función del tiempo y la humedad..... | 53 |
| VII. | CONCLUSIONES..... | 55 |
| VIII. | RECOMENDACIONES..... | 56 |
| IX. | BIBLIOGRAFÍA..... | 57 |
| X. | ANEXOS..... | 67 |
| | Anexo N° 1 Definición de ensamblaje y otros términos ecológicos de comunidad..... | 67 |
| | Anexo N° 2 Mapa de Zona de Amortiguamiento del Bosque de Protección Pagaibamba..... | 68 |
| | Anexo N° 3 Mapa de zonificación del Bosque de Protección Pagaibamba..... | 69 |
| | Anexo N° 4 Superficie de las zonas del Bosque de Protección Pagaibamba..... | 70 |
| | Anexo N° 5 Ficha de observación de datos de muestreo..... | 71 |
| | Anexo N° 6 Esquema de la disposición espacial de las trampas por muestreo..... | 72 |
| | Anexo N° 7 Transectos de muestreo en el Bosque de Protección Pagaibamba..... | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabla 1. | Organización espacio-temporal de la muestra. | 33 |
| Tabla 2. | Promedios de la temperatura y humedad registradas en el BPP durante el muestreo. | 38 |
| Tabla 3. | Riqueza, abundancia, diversidad y dominancia específicas, del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados en el BPP, por hábitat..... | 42 |
| Tabla 4. | Abundancia de las especies capturadas en el BPP, por tiempo. | 43 |
| Tabla 5. | Riqueza, abundancia, diversidad y dominancia específicas, del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados en el BPP, por tiempo. | 43 |
| Tabla 6. | Similitud de la composición de especies del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados, por tiempo. | 43 |
| Tabla 7. | Coficiente de correlación entre los índices comunitarios y la temperatura ambiental. | 44 |
| Tabla 8. | Coficiente de correlación entre los índices comunitarios y la temperatura ambiental, por hábitat. | 45 |
| Tabla 9. | Coficiente de correlación entre los índices comunitarios y la humedad atmosférica..... | 45 |
| Tabla 10. | Coficiente de correlación entre los índices comunitarios y la humedad atmosférica, por hábitat. | 46 |
| Tabla 11. | Abundancia espacio-temporal de las especies capturadas..... | 47 |
| Tabla 12. | Riqueza, abundancia, diversidad y dominancia espacio-temporales del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados en el BPP. | 47 |
| Tabla 13. | Similitud de la composición espacio-temporal de especies del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados. | 48 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Anatomía externa de una especie de escarabajo coprófago (<i>Scarabaeinae</i>)..... | 20 |
| Figura 2. Gremios de escarabajos coprófagos. | 22 |
| Figura 3. Trampa <i>pitfall</i> modificada. | 30 |
| Figura 4. Trampa de interceptación de vuelo modificada. | 31 |
| Figura 5. Paisaje del área de estudio en el BPP. | 37 |
| Figura 6. Comportamiento promedio de la temperatura y la humedad en el BPP durante el muestreo..... | 38 |
| Figura 7. <i>Cryptocanthon</i> sp. | 39 |
| Figura 8. <i>Homocopris</i> sp. | 39 |
| Figura 9. <i>Uroxys</i> sp. 1 | 40 |
| Figura 10. <i>Uroxys</i> sp. 2 | 40 |
| Figura 11. <i>Dichotomius</i> sp..... | 41 |
| Figura 12. Abundancia de las especies capturadas en el BPP, por hábitat. | 42 |
| Figura 13. Dendograma de similitud de la composición de especies del ensamblaje, durante los cuatro eventos de muestreo. | 44 |
| Figura 14. Dendograma de similitud de la composición espacio-temporal de especies del ensamblaje. | 49 |

I. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica es garante de bienestar y equilibrio en la tierra, asegurando la conservación de la vida y la supervivencia del hombre. En el Perú, la biodiversidad es uno de los principales pilares de la economía nacional; solo en sus áreas naturales protegidas (ANPs), aporta anualmente mil millones de dólares y brinda a la sociedad un valor incalculable de beneficios. La creciente amenaza a la que están expuestos los ecosistemas, por actividades como el incremento de las tierras de cultivo, la deforestación y la extracción ilegal de fauna silvestre, ponen en riesgo la contribución de las ANPs a la sociedad y a la economía ([Perú – Presidencia del Consejo de Ministros – Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI,] 2013). Esta situación genera fragmentación de paisajes, disminución de hábitats y pérdida de biodiversidad (Murillo-Ramos, Ayazo y Medina, 2016). Una amenaza similar sufre los Andes del Norte, una de las 237 regiones biogeográficas más importantes del mundo, peligrando el alto endemismo y la biodiversidad de sus fragmentos de bosque (Castro, Vergara y Arellano, 2008).

En los Andes peruanos se encuentra el Bosque de Protección Pagaibamba (BPP), un ANP ubicada en el distrito Querocoto, provincia de Chota, región de Cajamarca. Este fue creado para garantizar el normal abastecimiento de agua para uso agrícola y consumo humano de los distritos de Querocoto, Llama y Huambos, albergando una gran diversidad de recursos naturales importantes para tales poblaciones (Perú. Ministerio del Ambiente – MINAM. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP, 2017). En el BPP se han registrado especies que incluyen pteridofitas, angiospermas basales, monocotiledóneas, eudicotiledóneas, mamíferos, reptiles y aves. No obstante, no se reportan listado de insectos, a pesar de que estos representan el 66% de todos los animales (Zootaxa, 2011), y ocupan una amplia variedad de hábitats (Villarreal et al., 2004), y se sitúan en los diferentes niveles de las cadenas tróficas (Padilla y Cuesta, 2003).

Los insectos son uno de los grupos de organismos más diversos en los ecosistemas terrestres (Villarreal et al., 2004), de los cuales el orden más exitoso, *Coleoptera*, representa aproximadamente el 38% de todas las especies (Zootaxa, 2011). De este orden, la subfamilia *Scarabaeinae* (perteneciente a la familia *Scarabaeidae*), conocida comúnmente como escarabajos coprófagos (Ratcliffe et al., 2015), cumple una actividad estrechamente ligada a procesos naturales importantes para el funcionamiento de los ecosistemas (Villarreal et al., 2004).

Scarabaeinae es considerado en la región Neotropical como el principal grupo reciclador del excremento de mamíferos omnívoros y herbívoros, cuyos nutrientes son reincorporados a la cadena trófica (Villarreal et al., 2004). Esta acción contribuye al bienestar del suelo, la flora, la fauna, las cadenas tróficas y las micorrizas, jugando un papel importante en la regeneración de los bosques y pastizales ganaderos. Los ensamblajes de estos escarabajos dependen del tipo de vegetación, es decir, son sensibles a perturbaciones de su hábitat (Ruiz, 2008). Por tanto, se utilizan como parámetro en la medida de la diversidad, la evaluación de los efectos de la actividad humana y la planificación de áreas para la conservación (Villarreal et al., 2004).

La subfamilia *Scarabaeinae* incluye más de 5000 especies descritas en 234 géneros (Ratcliffe et al., 2015); solo en la región Neotropical se han registrado aprox. 1230 especies (Figueroa, Edmonds y Martínez, 2014) y 70 géneros (Villarreal et al., 2004); mientras que, en el Perú, según Ratcliffe et al. (2015), se han reportado 278 especies descritas en 40 géneros. Además, ha sido objeto de estudio de investigadores en Francia, España, Finlandia, Estados Unidos de América, Sudáfrica, Australia (Martínez, Cruz, Montes de Oca, y Suárez, 2011), y en países latinoamericanos como Colombia, México, Bolivia, Costa Rica, Ecuador, Argentina y Perú. Entre los reportes a nivel nacional se pueden citar los estudios de Figueroa y Alvarado (2011) y Larsen & Génier (2008a y 2008b), en Madre de Dios; Sulca y Huamantínco (2016), en Loreto; y Girón (2015), en Lambayeque. Sin embargo, en la región de Cajamarca no se reportan estudios de este tipo, y menos aún en el BPP.

Por ello se planteó el problema «¿Cuál es la estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) en un bosque primario y secundario del Bosque de Protección Pagaibamba, distrito Querocoto, provincia Chota, región Cajamarca, Perú (mayo – agosto 2018)?», cuya hipótesis fue que la estructura del ensamblaje de los escarabajos coprófagos (*Scarabaeinae*) mostraría diferencias respecto a los hábitats y a los meses de muestreo, siendo más rico, abundante y diverso en el bosque primario, en mayo; y siendo dominante en el bosque secundario.

En función a lo mencionado, se propuso determinar la estructura del ensamblaje de los escarabajos coprófagos (*Scarabaeinae*) en un bosque primario y un bosque secundario del BPP, durante mayo – agosto de 2018, para lo cual se planteó: Registrar las especies de escarabajos coprófagos del BPP en los hábitats y el tiempo propuestos; y Explicar la relación de la temperatura, humedad, hábitats y tiempo con la riqueza, abundancia, diversidad, dominancia, composición y distribución de los escarabajos coprófagos capturados en el BPP en los hábitats y el tiempo propuestos.

Esta investigación incrementará el conocimiento de la diversidad entomológica existente en el BPP, sirviendo de base a futuros estudios de conservación y monitoreo ambiental de sus ecosistemas; además contribuirá a generar un adecuado manejo de los recursos del área, lo cual redundará en la preservación de las especies (en especial los escarabajos coprófagos), el incremento del interés de los beneficiarios, más oportunidades de trabajo para las comunidades locales, y una economía sostenible para Cajamarca y el Perú.

II. ANTECEDENTES

En Latinoamérica, Colombia es el país que más ha publicado en cuanto a los escarabajos coprófagos. Las investigaciones en su mayoría se centran en el análisis de la riqueza, abundancia, diversidad, biomasa, composición y distribución de especies y otros índices ecológicos que ayudan a determinar la estructura de los ensamblajes estudiados. Existen estudios espaciales, que evalúan la sensibilidad de estas especies al hábitat y las variables relacionadas con él, como investigaciones que incluyen la variable tiempo, con la que se generan estudios más completos acerca del comportamiento y distribución de los *Scarabaeinae*, dilucidando así la estructura de sus ensamblajes. A continuación se citan las investigaciones relevantes organizadas sistemáticamente.

Los efectos de la perturbación antrópica sobre estas especies han sido estudiados en Bosque Seco y Bosque Húmedo Premontano de Colombia por Orozco y Pérez (2008), quienes registraron diferencias en la riqueza y abundancia de escarabajos coprófagos en sitios con distintos grados de intervención; sumándose a esto la información provista por Pardo-Locarno y Camero (2014) para la Pluviselva del mismo país, quienes afirman que la composición de las especies de *Scarabaeinae* es afectada por el uso y la explotación de los recursos naturales.

Noriega, Realpe y Fagua (2007) estudiaron de qué manera afecta el entresacado de árboles maderables sobre estos escarabajos en bosques de galería colombianos, examinando fragmentos con distinto tiempo de alteración; sin embargo no hallaron relación entre la conservación del bosque y la diversidad de *Scarabaeinae*. No obstante, el Instituto de Ciencias naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2014), reportan una investigación similar hecha por Castillo-L., Garcia-Q. y Noriega, quienes concluyeron que la actividad de remoción de excremento por parte de los escarabajos coprófagos es perjudicada por la tala selectiva y el entresacado de árboles en bosques secos.

Ruiz (2008) reportó en un bosque seco colombiano que el ensamblaje de *Scarabaeinae* se ve perjudicado por la presencia de rellenos sanitarios, mientras que García y Pardo (2004) demostraron que la riqueza y abundancia de estos escarabajos se relacionan positivamente con el grado de cobertura vegetal y negativamente con la perturbación, encontrando los más bajos valores en un pastizal, lo cual también atribuyeron a la ausencia de vacunos. La influencia de la cobertura vegetal como variable que determina la abundancia de esta subfamilia ha sido

encontrada también por Rangel-Acosta y Martínez-Hernández (2017), y Martínez-H. et al. (2010) en la misma ecorregión, y en un palmar inundable boliviano por Vidaurre, Gonzáles y Ledezma (2008).

Otras investigaciones en bosques secos y bosques húmedos premontanos colombianos encontraron que la riqueza, diversidad y —en algunos casos— biomasa de los escarabajos coprófagos se incrementan por ciertas perturbaciones, como el pastoreo y producción de carbón (Barraza, Montes, Martínez y Deloya, 2010), las fincas cafetaleras, probablemente por una mayor oferta alimenticia para estos escarabajos (Noriega, Palacio, Monroy-G y Valencia, 2012), o los sistemas silvopastoriles, catalogados como una alternativa que favorece el establecimiento y conservación de *Scarabaeinae* (Vargas-Pérez, Linares-Arias y Ayazo-Berrocal ([2013]). Igualmente en un bosque subhúmedo montano mexicano, Arellano y Castillo-Guevara (2014) encontraron que los incendios forestales también pueden beneficiar a estos ensamblajes, pues reportaron los mayores valores de riqueza, abundancia y diversidad en sitios quemados que en sitios no quemados.

Asimismo se ha estudiado el efecto de borde sobre estos ensamblajes. Montes (2010) indicó que los bordes de los fragmentos de bosque constituyen complejos gradientes de luz, temperatura, humedad, etc., los cuales ocasionan variación en la biogeografía, el comportamiento, la distribución y las relaciones ecológicas de especies sensibles. Él registró diferencias en el tamaño promedio de los escarabajos y en la estructura y biomasa del ensamblaje entre el borde y el interior de bosques húmedos. Parada, Vargas y Noriega (ICN–UNAL e Instituto Humboldt, 2014) hallaron que la riqueza y abundancia se relacionan positivamente con la distancia hacia el interior del bosque. Sin embargo, Villada-Bedoya, Cultid-Medina, Zurita y Gutiérrez-Cárdenas (ICN–UNAL e Instituto Humboldt, 2014) reportaron en un bosque andino que la distribución de las especies estuvo determinada por sus preferencias de hábitat y no por el efecto de borde.

Según algunas investigaciones, el tamaño del fragmento de hábitat también afecta a los ensamblajes de *Scarabaeinae*. En un bosque de galería colombiano, Rangel-Acosta, Martínez-Hernández, Gutierrez-Rapalino, Gutierrez-Moreno y Borja-Acuña (2016) determinaron que el tamaño de la ronda hidráulica influye positivamente sobre la diversidad de especies; mientras que Vargas-Pérez y Martínez-Revelo (2016) hallaron que el tamaño de los fragmentos de bosque influye sobre la composición de sus especies, alegando además que la proximidad entre fragmentos puede generar similitud entre el número de sus especies.

También se ha analizado el comportamiento de los escarabajos coprófagos según aspectos no relacionados con la intervención antrópica. Algunos estudios han confirmado la preferencia de *Scarabaeinae* por la coprofagia (comer heces) antes que la necrofagia (comer tejidos muertos), comparando heces humanas frente a carroña de pescado, como el caso de García y Pardo (2004) en el bosque seco, y como Pardo-Locarno (2007) y Sulca y Huamantínco (2016) en el bosque húmedo tropical; frente a carne en descomposición, tal como Figueroa y Alvarado (2011) en la misma ecorregión; o frente a calamar en descomposición, como Ibarra-Polesel, Damborsky y Porcel (2015) en un bosque subtropical. Incluso se demostró que el excremento humano de dos personas distintas puede presentar diferencias en la abundancia de los escarabajos que atraen (Noriega, Cubillos, Castañeda y Sánchez, 2008).

Otros estudios reportan los horarios de actividad de estas especies, mencionando que la mayoría de ellas son diurnas antes que crepusculares y los nocturnas (Pardo-Locarno, 2007), y que algunas tienen horas de actividad muy específicas (Noriega et al., 2008).

La altitud ha sido objeto de investigación como variable que determina la estructura de estos ensamblajes. Esparza-León y Amat-García (2007) en un bosque húmedo tropical colombiano, encontraron que una localidad baja (200 msnm) fue más rica y abundante que otras con mayor altitud (600 y 800 msnm); sin embargo, Martínez, García, Pulido, Ospino y Narváez (2009) en otros bosques del mismo país, y Domínguez (2012) en un bosque subtropical ecuatoriano, hallaron que la altitud no explicaba la estructura comunitaria de esta subfamilia. Por otro lado, un estudio realizado en Perú por Girón (2015) determinó que el ensamblaje de *Scarabaeinae* en el bosque seco presenta un patrón altitudinal, condicionado al tipo de hábitat y otras variables, como la presencia y tipo de vegetación, tipo de suelo y grado de humedad, encontrando que en un gradiente de 300 a 1800 msnm los valores óptimos en riqueza y abundancia se encuentran entre 1100 y 1400 msnm.

En cuanto al patrón temporal de estos escarabajos, las investigaciones de Escobar (1997), Vidaurre et al. (2008), Barraza et al. (2010), Martínez et al. (2010), Martínez-H. et al. (2010), Figueroa y Alvarado (2011), Sulca y Huamantínco (2016) y Rangel-Acosta y Martínez-Hernández (2017), desarrolladas en palmar inundable, bosque seco, bosque húmedo tropical y bosque de galería, hallaron que la riqueza y/o abundancia de estos escarabajos aumenta en épocas lluviosas debido a la precipitación, sumándose así a estudios desarrollados en bosque subhúmedo montano y bosque seco, los cuales confirmaron que esta variable meteorológica se rela-

ciona directamente con la riqueza (Navarro, Román, Gómez y Pérez, 2011), abundancia (Arellano y Castillo-Guevara, 2014) y diversidad de escarabajos, y que la composición de especies varía según las épocas de lluvia o sequía (Delgado, 2012).

Contrariamente hay investigaciones que reportan un beneficio de la sequía sobre los escarabajos coprófagos. Rangel-Acosta et al. (2016) hallaron que en bosques ribereños la precipitación produce un descenso en la riqueza y diversidad, al provocar el lavado del excremento, disminuyendo así la disponibilidad del recurso alimenticio. Los mismos resultados se han encontrado en un bosque subtropical y un bosque seco, en cuanto a la riqueza (Noriega et al., 2016), abundancia y diversidad, aunque acotaron que la temperatura máxima explica mejor los cambios en la composición del ensamble (Ibarra-Polesel et al., 2015).

Muy diferente a aquellos, Montes (2010) encontró que en bosques húmedos la mayor biomasa y riqueza ocurre durante la época de transición entre sequía y lluvia; mientras que algunas otras investigaciones no hallaron relación entre las variables meteorológicas y los ensamblajes de escarabajos, como la de Martínez et al. (2009) respecto a temperatura y humedad, o la de Domínguez (2012) en relación a temperatura y precipitación.

Por otro lado se ha analizado la influencia del hábitat sin asociarlo a la perturbación. Delgado (2012) (artículo de investigación escrito por Delgado-Gómez, Lopera y Rangel-Ch, s.f.) registró mayor riqueza y abundancia en un bosque seco plano que en dos bosques secos en pendiente y un palmar inundable. Escobar (1997) halló mayor riqueza y abundancia en un bosque seco de cerro que en otro de cañada. Rangel-Acosta et al. (2016) a lo largo de la ribera de un río hallaron mayor diversidad en los fragmentos de bosque que en los potreros. Murillo-Ramos et al. (2016) reportaron mayor diversidad de escarabajos en un remanente ribereño que un bosque húmedo.

Carmela, Garcia-Q. y Noriega (en: ICN–UNAL e Instituto Humboldt, 2014) encontraron diferencias significativas en la riqueza y abundancia de los ensamblajes entre cinco subregiones de Sucre (Colombia), hecho que ellos asociaron a la heterogeneidad en la topografía, clima y uso del suelo para el departamento en estudio. Ibarra-Polesel et al. (2015) registraron similitudes entre los ensamblajes del bosque de quebracho y de la selva en galería. Por otro lado, Pulido (2009) halló que entre dos áreas de conservación costarricenses, el suelo arcilloso tuvo una relación positiva con la riqueza y abundancia de especies.

De las investigaciones reportadas, algunas han encontrado como especies dominantes en bosques secos a *Canthidium* sp., *Canthon lituratus*, *Onthophagus curvicornis*, *O. taurus*, en bosque de galería a *Canthidium cupreum*, en bosque húmedo premontano a *O. curvicornis* y *Oxysternon conspicillatum*, en bosque húmedo tropical a *Onthophagus haematopus*, *Canthon quinque maculatus* y, en la misma ecorregión en Perú, a la tribu *Canthonini* como la más rica y abundante (Sulca y Huamantínco, 2016). Por otro lado, Esparza-León y Amat-García (2007) en Colombia encontró que la técnica de trampa *pitfall* fue más efectiva que las necrotrampas y las trampas colgantes.

A nivel nacional se han reportado estudios en bosque seco y en bosque húmedo tropical, citándose la investigación de Girón (2015) en el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa (Lambayeque), quien examinó el ensamblaje según un gradiente altitudinal; la de Figueroa y Alvarado (2011) en la Reserva Nacional Tambopata (Madre de Dios), quienes reportaron la tribu más rica y abundante, y al igual que Sulca y Huamantínco (2016) en Sarayacu (Loreto), examinaron la variación estacional y las preferencias alimenticias de *Scarabaeinae*; y las de Larsen & Génier en las estaciones biológicas de Cocha Cashu (2008a) y Los Amigos (2008b) (Madre de Dios). Sin embargo, no se conocen reportes de este tipo en bosques montanos de la cordillera occidental de los Andes del Norte peruano, ni en Cajamarca, ecorregión y departamento a los cuales pertenece el Bosque de Protección Pagaibamba.

III. BASES TEÓRICAS

3.1 ESTRUCTURA DEL ENSAMBLAJE DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*)

3.1.1 Taxonomía de los escarabajos coprófagos.

La subfamilia *Scarabaeinae* (escarabajos coprófagos) es un grupo de especies perteneciente a la familia *Scarabaeidae*, dentro del orden *Coleoptera* (coleópteros), en la clase *Insecta* (insectos), la cual pertenece al filo *Arthropoda* (artrópodos), y este a su vez al reino *Animalia*.

3.1.2 Comportamiento general de los escarabajos coprófagos.

En las regiones tropicales, los escarabajos coprófagos (coprófago = que come excremento) constituyen uno de los grupos de insectos que explotan, de manera importante, el excremento de mamíferos omnívoros y herbívoros de tamaño grande y mediano. El excremento constituye el principal recurso alimenticio de adultos y larvas y es utilizado como sustrato para la nidificación, actividad que incluye el traslado y protección del excremento en galerías al interior del suelo y el cuidado parental de la cría (Villarreal et al., 2004). Algunas especies aprovechan otros sustratos de nidificación como el estiércol de otros vertebrados e invertebrados; también frutas podridas, otros materiales vegetales en descomposición, carroña y hongos (Martínez et al., 2011), las cuales son llamadas particularmente «necrófagos».

Existen especies de *Scarabaeinae* diurnas y nocturnas. Los adultos se alimentan ordinariamente de la suspensión líquida del excremento que contiene microorganismos como bacterias y hongos, mientras que las larvas comen los restos vegetales sólidos no digeridos del excremento. Los adultos generalmente salen cuando caen las primeras lluvias del año, y van buscando alimento mediante los quimiorreceptores de sus antenas. Pueden volar varias decenas de metros y aterrizar en la masa de excremento para comer o encontrar pareja (Martínez et al., 2011).

3.1.3 Rasgos morfológicos de los escarabajos coprófagos.

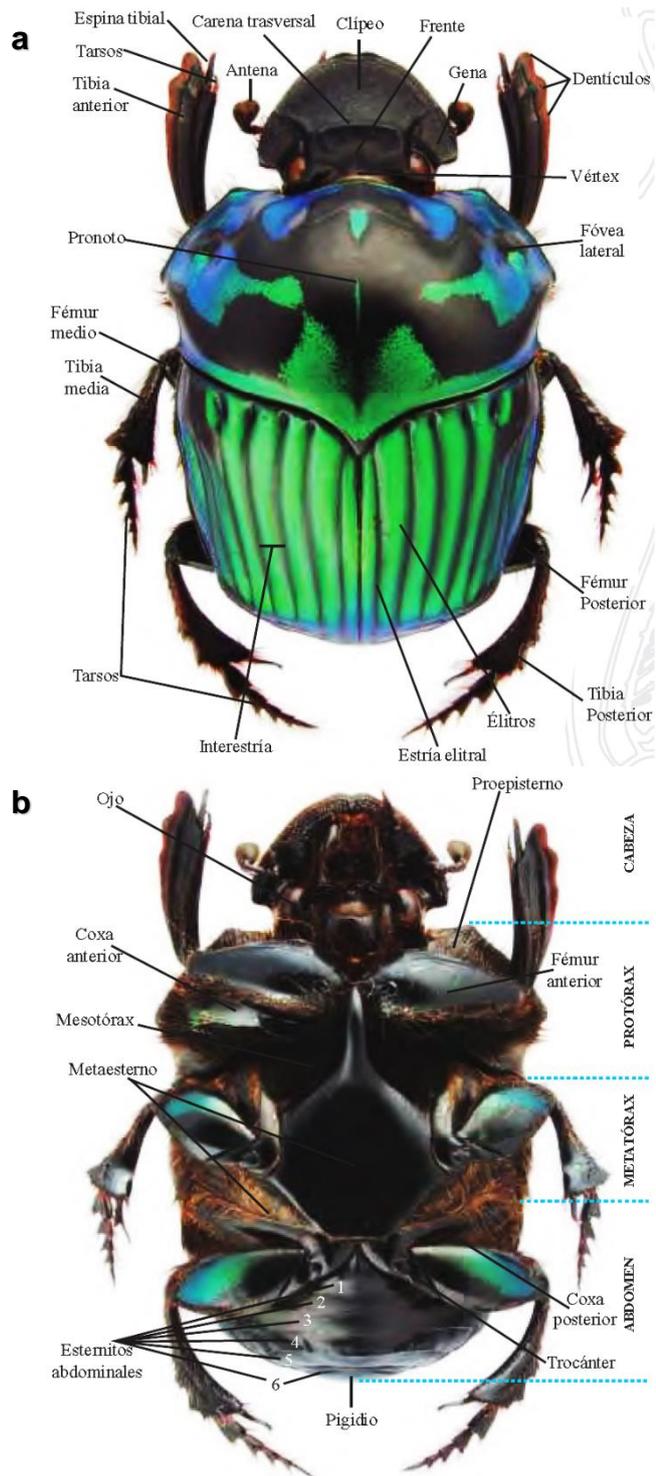


Figura 1. Anatomía externa de una especie de escarabajo coprófago (*Scarabaeinae*). Se muestra: (a) Vista dorsal o superior y (b) vista ventral o inferior del animal. Fuente: Cultid Medina et al (2012).

En general el cuerpo tiene tres regiones: cabeza, tórax y abdomen (Figura 1). La cabeza tiene aparato bucal masticador, antenas lameladas y ojos compuestos. El clipeo está expandido, soldado a las genas, formando una estructura uniforme; esta y el tórax —que es grande— presentan en ocasiones ornamentaciones, tubérculos y fóveas. Tienen el primer par de alas muy endurecido que forma un estuche protector para las alas membranosas y partes blandas del dorso del abdomen; a ese tipo de alas endurecidas se le llama *élitro*. Respecto a las patas, tienen las coxas medias ampliamente separadas; mientras que las tibias posteriores casi siempre con una espuela apical. En el abdomen se aloja la genitalia, estructura importante para la determinación taxonómica.

Hay especies que presentan dimorfismo sexual, en las que generalmente los machos presentan vistosos cuernos y en ocasiones son muy largos (Martínez et al., 2011).

3.1.4 Ciclo de vida de los escarabajos coprófagos.

El ciclo de vida de los escarabajos incluye la formación de una pareja de macho y hembra para hacer bolas o masas nido de estiércol o galerías con éste, ambos la cuidan para que la hembra introduzca un huevo, del cual emergerá una larva que se nutrirá con el excremento, después se transformará en pupa, y finalmente en adulto, mediante el proceso de metamorfosis. A partir de los adultos comienza otro ciclo de vida (Martínez et al., 2011).

La fecundidad de los *Scarabaeinae* es la más baja de los insectos. La especie de más «alta» fecundidad, *Digithonthophagus gazella*, puede poner de 80 a 90 huevos en su vida, mientras que el *Cephalodesmius armiger* pone un sólo huevo en su vida. Sin embargo, debido al comportamiento reproductor tan elaborado y cuidado que presentan estos escarabajos, todos los huevos cumplen su objetivo, es decir se desarrollan hasta adulto (Martínez et al., 2011).

En general, su existencia está limitada a un periodo anual de reproducción; esta etapa se presenta en la mayoría de las especies durante el verano cálido y húmedo; el resto del año los estados en desarrollo o los adultos jóvenes permanecen enterrados en diapausa, hasta la siguiente temporada de lluvias. Emergen del suelo con las primeras lluvias, maduran, se reproducen y mueren dejando la descendencia para el siguiente año (Martínez et al., 2011).

3.1.5 Gremios de escarabajos coprófagos.

Los *Scarabaeinae* tienen un comportamiento para nidificación que se relaciona con la posición recíproca entre la fuente de alimento, el nido pedotrófico y las modalidades de abastecimiento de este último (Zunino y Palestrini, 1986). Por lo cual manipulan el estiércol de tal manera que se agrupan en tres grandes gremios: endocópridos, paracópridos y telecópridos (Ruiz, 2008).

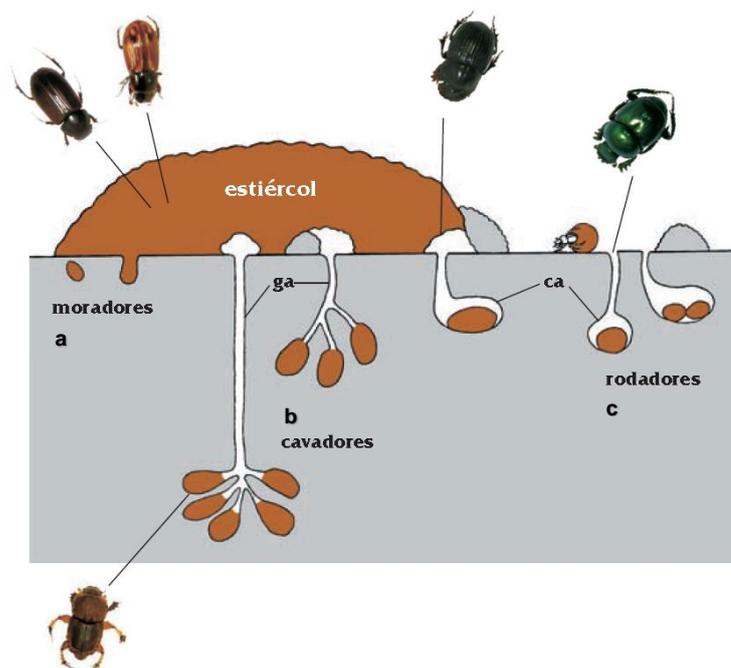


Figura 2. Gremios de escarabajos coprófagos. (a) Los *moradores* se quedan en el estiércol, (b) los *cavadores* hacen cámaras subterráneas bajo el estiércol y lo entierran, y (c) los *rodadores* hacen bolas de estiércol y las llevan a enterrar aparte. Fuente: Martínez et al (2011).

- Los endocópridos (*moradores* o residentes) (Figura 2a) desarrollan su huevo, larva y pupa en la pila de excremento, dentro de una cámara. Los adultos tienen afinidad por el excremento fresco, mientras que las larvas se presentan en excrementos con semanas de antigüedad, cuando ya la mayoría de insectos se han ido (Ruiz, 2008).
- Los paracópridos (*cavadores*) (Figura 2b) elaboran túneles en el suelo cerca de la boñiga, en los cuales introducen bolas de excremento para evitar la competencia, predación. Los túneles varían en distancia, y suelen presentar una o varias ramificaciones (Martínez et al., 2011).

- Los telecópridos (rodadores) (Figura 2c) ruedan una bola de excremento con las patas traseras, alejándola de la pila de excremento e introduciéndola en túneles subterráneos, para evitar la competencia y predación (Martínez et al., 2011; Ruiz, 2008).

3.1.6 Riqueza y diversidad de los escarabajos coprófagos.

Su fauna mundial incluye más de 5000 especies descritas en 234 géneros, con alrededor de 1800 especies sólo en el género *Onthophagus*. Solo en la región Neotropical se han reportado 1230 especies descritas en 70 géneros. Perú es increíblemente rico en escarabajos coprófagos, y hasta ahora se han reportado en este país 278 especies de *Scarabaeinae* pertenecientes a 40 géneros, y más de 150 especies han sido colectadas de un solo bosque en la región Madre de Dios (Ratcliffe et al., 2015; Figueroa et al., 2014; Villarreal et al., 2004).

3.1.7 Importancia de los escarabajos coprófagos.

Martínez et al. (2011) resumen los servicios ambientales que brindan los *Scarabaeinae* por consumir la materia fecal, de manera siguiente:

- ***Dispersión secundaria de semillas.*** Junto con el estiércol, pueden ser enterradas de 6 a 95% de las semillas presentes, lo que es importante en áreas tropicales convertidas en pastizales inducidos o en potreros. La actividad de los *Scarabaeinae* contribuye a la movilización, germinación y regeneración de ciertas especies vegetales propias de las selvas.
- ***SopORTE y mantenimiento del suelo de los pastizales.*** Los escarabajos de los pastizales ganaderos promueven la higiene del pasto. Al acelerarse el metabolismo y desintegración de las heces, se liberan más rápidamente compuestos ricos en carbono, nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales además de enriquecer el suelo, mantienen su composición, estructura y capacidad de retención de aire y agua, haciéndolo más fértil.
- ***Regulación y supresión de plagas y de vectores de enfermedades.*** Al descomponerse el estiércol se exponen y/o destruyen los huevecillos de organismos patógenos como nemátodos y otros helmintos, que perjudicarían al ganado o

desarrollo de flora u otro tipo de fauna; y se impide que las moscas ovipositen, evitándose incluso que el ser humano sea afectado.

- ***Mantenimiento del equilibrio ecológico de los pastizales ganaderos.*** La provisión de un ambiente más saludable para los herbívoros en los pastizales, se refleja en una mejor calidad de carne y leche para el consumo humano. Eso convierte a los *Scarabaeinae* en elementos muy importantes para la economía en las áreas ganaderas.

3.1.8 Su papel en los estudios de impacto ambiental.

A parte de su gran importancia biológica, económica y cultural, lo que hace de los escarabajos coprófagos un grupo ideal para estudios de diversidad es que están relacionados estrechamente con otros taxones —especialmente con mamíferos—, presentan una amplia distribución geográfica y han conquistado una gran variedad de hábitats, son muy sensibles a los cambios del hábitat, muchas especies tienden a especializarse —en un rango altitudinal, tipo de suelo y tipo de bosque—, son abundantes y sencillos de muestrear, se atraen fácilmente a los cebos —lo que permite tener una muestra representativa del grupo por localidad—, son un grupo diversificado taxonómica y ecológicamente—, y su taxonomía es bien conocida y clara (Villarreal et al., 2004).

3.1.9 Definición del término «Ensamblaje».

Para establecer la definición de «ensamblaje», Fauth et al. (1996) representaron en un diagrama de Venn algunos grupos de especies definidos por factores; entre ellos, uno por taxones (especies emparentadas taxonómicamente) y otro por comunidades (especies que habitan en un mismo lugar y tiempo); y establecieron que un ensamblaje se encuentra definido en la intersección de ambos factores (Anexo 1).

De esa manera, el término «ensamblaje» es usado para definir un grupo de especies filogenéticamente relacionadas dentro de una comunidad (Cultid Medina et al., 2012) o, como dice Ruiz (2008), un grupo de especies emparentadas que conviven en un espacio y tiempo.

3.1.10 Estructura de un ensamblaje de *Scarabaeinae*, y propósito de su estudio.

La estructura de un ensamblaje es determinada por la interrelación de los índices ecológicos evaluados en él, por ejemplo, riqueza, abundancia, diversidad, dominancia y composición. Cuando se trata de escarabajos coprófagos, estos índices son útiles para definir un posible desequilibrio en la comunidad por disturbios antrópicos. Por tanto, el propósito de estudiar la estructura de un ensamblaje de escarabajos coprófagos es hacer un pre estudio para predecir el grado de conservación de los bosques, identificar zonas prioritarias, sitios más afectados por actividades humanas y distribución de especies bajo gradientes altitudinales (Girón, 2015).

3.2 BOQUES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS EN EL BOSQUE DE PROTECCIÓN PAGAIBAMBA

3.2.1 Bosques primarios y secundarios.

Un bosque, según su estado de conservación, puede catalogarse de dos maneras: primario o secundario. Se considera *bosque primario* a aquel que ha existido sin perturbaciones significativas u otros disturbios durante períodos que exceden el largo normal de la vida de los árboles maduros (de 60 a 80 años) (Los Bosques Primarios y su Productividad, s.f.). Cualquier modificación hecha por los seres humanos en un bosque primario anula su condición de «primario». *Bosque secundario* es un crecimiento forestal que se produce naturalmente después de una modificación drástica de un bosque primario (por ejemplo, tala rasa, incendios graves o ataques de insectos) (Los Bosques Secundarios y su Manejo, s.f.).

3.2.2 El Bosque de Protección Pagaibamba.

El BPP es un ANP peruana, ubicada en el distrito Querocoto, provincia Chota, región Cajamarca, en la Cordillera de los Andes; y tiene una extensión de 2078,38 hectáreas (Anexo 2). Esta ANP fue creada el 19 de junio de 1987, mediante Resolución Suprema N.º 0222-87-AG/DGFF, por albergar una gran diversidad de recursos naturales importantes para la población del distrito de Querocoto, Llama y Huambos; siendo su objetivo principal, garantizar el normal abastecimiento de agua para uso agrícola y consumo humano de tales distritos (Perú. MINAM. SERNANP, 2017).

- **Situación.** El BPP está situado entre 2400 y 3511 msnm. Las coordenadas y altitudes de sus puntos extremos son: (1) Norte, 715636 E, 9295652 S, a 2521 msnm, (2) Sur, 713992 E, 9287117 S, a 3114 msnm, (3) Oeste, 711347 E, 9292312 S, a 3297 msnm, y (4) Este, 717511 E, 9289848 S, a 2496 msnm. Tiene tres sectores: San Luis (norte), Cashipampa (centro) y Ocshahuilca (sur). La zona de amortiguamiento —que lo rodea casi por completo— limita por el norte con el distrito de Querocoto; por el este, con Querocoto y Huambos; por el sur, con Huambos y Llama; y por el oeste, con Llama y Querocoto (Anexo 2) (Roncal et al., 2018).
- **Acceso geográfico.** La ruta al ANP desde la ciudad de Chiclayo incluye la carretera asfaltada Chiclayo – Chongoyape – Llama – Huambos y luego la trocha carrozable Huambos – Querocoto, en un tiempo total de 5 h (Roncal et al., 2018). Se puede acceder fácilmente al BPP por los sectores San Luis (por el puente San Luis) o Cashipampa (por el puente Chorro Blanco) desde la trocha carrozable.
- **Meteorología.** El SERNANP (Perú. MINAM. SERNANP, 2017) afirma que la temperatura anual máxima del BPP es de 10,9° C y la media mínima de 6,5 °C; además indica que el promedio máximo de precipitación anual es 1722 mm y el mínimo 834 mm. Según Roncal et al. (2018), en la zona predomina el clima lluvioso, semifrío y húmedo, con deficiencia de lluvias en invierno; que las temperaturas máximas tienen promedios de 19,7-20,4 °C, y las mínimas, promedios de 12-12,9 °C, y que no existe un régimen marcado para temperaturas máximas y mínimas durante el año. Y respecto a la precipitación, indican que el período de lluvia va de octubre hasta inicios de mayo; y el periodo seco, de fines de mayo hasta setiembre.
- **Hidrología.** El aporte hídrico del BPP y su zona de amortiguamiento permite la captación de canales para el riego, que sustentan la actividad agropecuaria, beneficiando directamente a los pobladores de los 3 distritos: (1) el Canal Atahualpa abastece de agua a los de Querocoto; (2) el Canal Coloche-Ocshahuilca, a los de Llama; y (3) el Canal Obraje Coloche, a los de Huambos. Además, el recurso hídrico del BPP llega hasta las cuencas Chamaya (vertiente del Atlántico) y Chancay Lambayeque (vertiente del Pacífico). Por último, las

características hidrogeológicas del BPP son: acuífero fisurado volcánico, acuitardo volcánico sedimentario y acuitardo sedimentario (Roncal et al., 2018).

- **Suelos y ecorregiones presentes.** Las características de los suelos del BPP son variadas, existiendo suelos de tipo Andosol (T), Andosol – Leptosol (T-L), Andosol – Regosol (T-R), Leptosol – Regosol (L-R), Páramo Andosol – Leptosol (PA-L) y Paramosol (PS). A parte, sus ecorregiones son: (1) Bosques montanos de la Cordillera Occidental de los Andes del Norte, (2) Bosques secos del Marañón y (3) Pajonal de Jalca (Roncal et al., 2018).
- **Biodiversidad reportada.** El registro de biodiversidad reportado por el libro de estudio de línea base del BPP (Roncal et al., 2018) incluye especies de flora y fauna: 37 criptógamas agrupadas en 11 familias, 343 fanerógamas agrupadas en 68 familias, 110 aves agrupadas en 33 familias, 14 anfibios agrupados en 2 familias, 3 reptiles agrupados en 3 familias, 13 mamíferos agrupados en 10 familias y 12 hongos.
- **Zonificación.** El SERNANP (2017) ha zonificado el territorio del BPP en zona silvestre (ZS, 24,38%), zona de recuperación (ZREC, 40,49%) y zona de aprovechamiento directo (ZAD1 y ZAD2, 35,13%) (Ver Anexo 3 y 4). Además, La Ley de Áreas Naturales Protegidas (Perú. Congreso de la República, 1997) ayuda a definir estos términos. A continuación, se describen los tres tipos de zonas en el BPP.
 - a) **Zona Silvestre (ZS).** Zonas que han sufrido poca o nula intervención humana y en las que predomina el carácter silvestre, manteniendo su cobertura boscosa en buen estado de conservación. Ahí se ha registrado el oso de anteojos y el tapir de altura, y existe un camino de herradura de tránsito eventual, y se permiten la investigación científica, educación y la recreación sin infraestructura permanente ni vehículos motorizados.
 - b) **Zona de Aprovechamiento Directo (ZAD).** Espacios modificados por la acción humana, previstos para llevar a cabo la utilización directa de flora o fauna silvestre, incluyendo la pesca, y actividades para la educación, investigación y recreación. Allí se realizan actividades agrícolas y pecuarias, recolección de leña, y se aprovecha el recurso pino. Existen caminos que son usados por los pobladores locales para actividades ganaderas. Actualmente

los habitantes de esta zona se encuentran en calidad de titulados por COFOPRI.

- c) **Zona de Recuperación (ZREC).** Aplicable transitoriamente a ámbitos que han sufrido daños importantes y requieren un manejo especial para recuperar su calidad y estabilidad ambiental. Esta zona ha sufrido modificación de los ecosistemas de pajonal y bosques húmedos debido a un incendio forestal ocurrido el año 2016, además presenta parches de bosque natural, y la actividad agrícola y ha sobrepasado sus límites en algunos sectores, además de fuertes presiones de tala y caza en algunas zonas. Aunque también hay zonas donde se realizan actividades de reforestación.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Tipo de investigación

Esta es una investigación de tipo básica respecto al fin que se persigue. El diseño de contrastación es descriptivo analítico. Debido a que se basa en un estudio de observación, análisis y descripción de las variables, no existe ningún tipo de manipulación de estas.

4.2 Material

4.2.1 Área de estudio.

Estuvo basada en los bosques primarios y secundarios del BPP, que están acordes a las características de su zonificación establecidas por el SERNANP (2017) (Anexos 3 y 4). Teniendo en cuenta lo anterior, el área de estudio constó de:

- **Un bosque primario.** Ubicado en ZS (zona silvestre).
- **Un bosque secundario.** Ubicado en ZREC (zona de recuperación), ZAD1 y ZAD2 (zonas de aprovechamiento directo 1 y 2, respectivamente).

4.2.2 Instrumentos de recolección de datos.

Para el desarrollo de la presente investigación se recabó información mediante los siguientes instrumentos

- **Dispositivo GPS:** Instrumento que, mediante el sistema de posicionamiento global, estandarizó la ubicación geográfica del área de muestreo de los escarabajos coprófagos, dentro de la zona de estudio.
- **Instrumentos de captura de la muestra de Escarabajos Coprófagos.** Fueron tres instrumentos: (a) trampa *pitfall* con atrayente, (b) trampa de interceptación de vuelo y (c) captura manual; que obtuvieron la muestra de escarabajos coprófagos para realizar el estudio de la estructura de su ensamblaje. Según Villarreal et al. (2004), los tres son eficientes y sencillos de aplicar en el campo. A continuación, se describe cada uno de estos instrumentos.
 - a) **«Trampa *pitfall* con atrayente» modificada:** Es una trampa de caída. Una trampa *pitfall* tiene el objetivo de atrapar los insectos que pasan sobre ella

y caen en su interior; el atrayente que se adiciona hace que los insectos lleguen con mayor rapidez.

Se usaron trampas *pitfall* modificadas por los autores. El atrayente fue una mezcla de excremento fresco de cerdo y de res (se tomaron ambos excrementos en partes iguales, se añadió agua destilada hasta conformar una pasta y se envolvió con gasas). A la vez se usó una mezcla tóxica (etanol al 96%, formol al 10% y agua destilada) embebida en un trozo de algodón, envuelto este en una gasa; esta mezcla sirvió como tóxico para provocar la muerte de los escarabajos que caigan y para evitar la proliferación de moscas debido al atrayente.

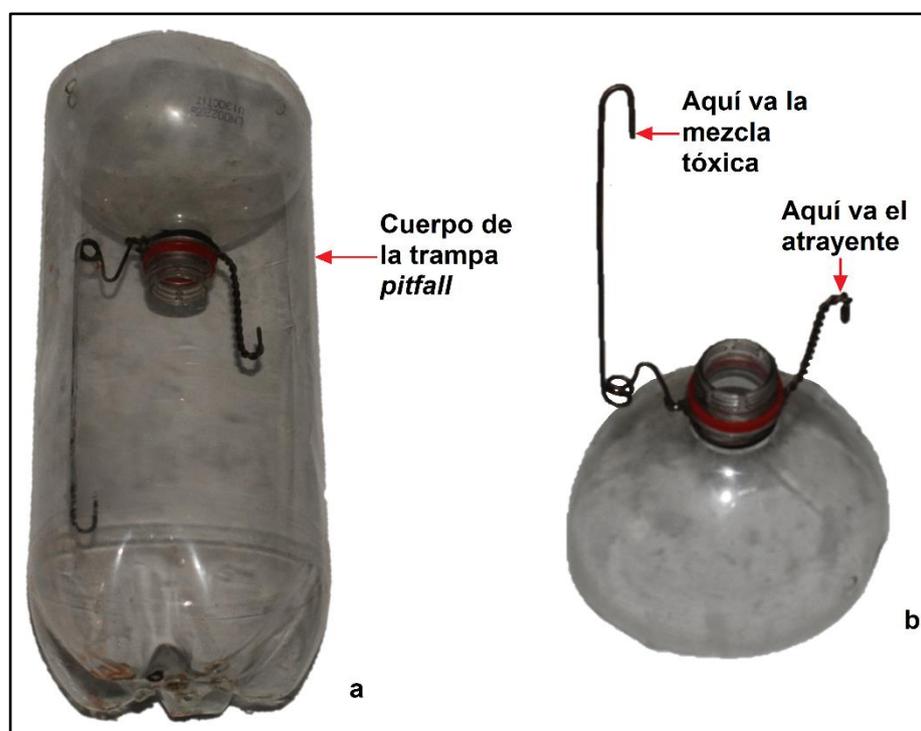


Figura 3. Trampa *pitfall* modificada. Se muestra (a) la trampa armada (sin atrayente ni mezcla tóxica) y (b) la posición del atrayente y la mezcla tóxica.

A favor de la sostenibilidad ecológica, las trampas estuvieron hechas en base a material reciclado: botellas de gaseosa de 3 L. Para cada trampa, se cortó el tercio superior de una botella y se lo adaptó en posición inversa, con el pico dispuesto hacia adentro, a manera de embudo (Figura 3a). En el pico del embudo se amarró una tira de alambre dulce, la cual sujetó al atrayente, por un lado, y a la mezcla tóxica por el otro (Figura 3b). El hecho de que el atrayente no estuvo fuera del recipiente fue para evitar que alguna

persona o animal grande se tope con él y dañe la trampa. Se hicieron 11 orificios de 3 mm de diámetro en la base de la trampa, para evitar que este se inunde a causa de las lluvias. Cada trampa estuvo puesta en un hoyo del mismo tamaño y quedó al ras del suelo.

- b) «*Trampa de interceptación de vuelo*» *modificada*: Permite capturar especies raras, con baja densidad poblacional o con períodos de actividad muy cortos, que en muchas ocasiones no son capturados en las trampas *pitfall*. El principio de esta trampa consiste en atrapar a los insectos que pasan volando, cuando chocan con ella y caen al suelo.

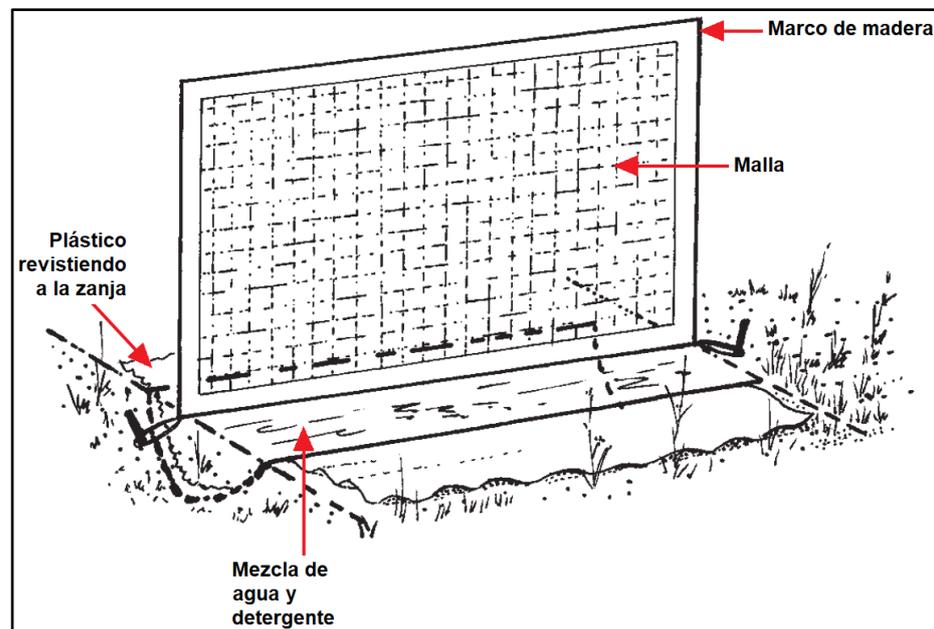


Figura 4. Trampa de interceptación de vuelo modificada. Figura adaptada de Villarreal et al (2004).

Cada trampa estuvo conformada por una tela de malla verde, de 1,5 m de base por 1 m de altura, en posición erguida, templada de tal manera que su borde largo esté ubicado a 4-6 cm del suelo; los marcos de madera tuvieron 1,5 m de ancho por 1,2 m de alto (1 m sobre el suelo y 0,2 m enterrados bajo la superficie, para darle soporte a la trampa). En el mismo sitio y en la misma disposición, se cavó una zanja de 1,2 m de largo por 0,5 m de ancho y 0,1 m de profundidad, revistiéndola con plástico, en el cual se vertió una mezcla de detergente y agua para la captura y preservación de los individuos (en la proporción de 100 g/3 L) (Figura 4).

- c) «*Pinzas entomológicas*»: Esta fue utilizada para la colecta directa, capturando manualmente —en bolsas herméticas—, los individuos que estuvieron fuera de las trampas en un radio máximo de 5 m.
- *Termohigrómetro HTC-2*: Mediante este instrumento se midió la temperatura y la humedad en ambos hábitats, durante el muestreo.
- *Estéreo-microscopios (estereoscopios)*: Este instrumento facilitó la observación de la morfología del animal, su medición, su disección y su identificación.
- *Cámaras digitales*: Se utilizaron como complemento de los estereoscopios, facilitando la observación e identificación de los ejemplares.
- *Ficha de observación de datos*. Este instrumento tuvo como objetivo registrar todos los datos asociados a cada individuo. La ficha fue elaborada en el software Excel (de Microsoft); se tomó en cuenta: la fecha, la temperatura y humedad, el hábitat, el transecto, la técnica de muestreo —en el caso de las trampas *pitfall*, se consideró el número de trampa—, entre otros (Anexo 5).
- *Softwares de procesamiento y análisis de datos*. Fueron (a) MICROSOFT EXCEL, (b) PRIMER 6 y (c) MEGASTAT (complemento de Excel). Mediante estos se obtuvieron los valores de riqueza, abundancia, diversidad, dominancia y composición y distribución de los escarabajos coprófagos, además del análisis estadístico (de bloques y de correlación) de los datos.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población.

La población estuvo constituida por todos los escarabajos coprófagos, pertenecientes a la subfamilia *Scarabaeinae* del orden *Coleoptera*, que habitan en el BPP.

4.3.2 Muestra.

La muestra estuvo constituida por los escarabajos coprófagos (*Scarabaeinae*) adultos presentes en el bosque primario y el bosque secundario entre los meses de mayo y agosto de 2018, que fueron obtenidos mediante los tres instrumentos de captura mencionados anteriormente.

Para seleccionar la muestra se tuvieron en cuenta las variables *Hábitat* y *Tiempo*.

- La variable «Hábitat» constó de dos (2) dimensiones: *Bosque Primario* (BP) y *Bosque Secundario* (BS).
- La variable «Tiempo» constó de cuatro (4) dimensiones: *Mayo* (MAY), *Junio* (JUN), *Julio* (JUL), y *Agosto* (AGO). *MAY* corresponde a la época lluviosa y el resto de meses pertenece a la época seca (Roncal et al., 2018).

Las dimensiones determinaron la organización de la muestra (Tabla 1).

Tabla 1.
Organización espacio-temporal de la muestra.

| VARIABLES Y SUS DIMENSIONES | | Tiempo | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | <i>Mayo</i> | <i>Junio</i> | <i>Julio</i> | <i>Agosto</i> |
| Hábitat | <i>Bosque Primario</i> | <i>MAY BP</i> | <i>JUN BP</i> | <i>JUL BP</i> | <i>AGO BP</i> |
| | <i>Bosque Secundario</i> | <i>MAY BS</i> | <i>JUN BS</i> | <i>JUL BS</i> | <i>AGO BS</i> |

4.3.3 Unidad de análisis.

La unidad de análisis estuvo constituida por cada espécimen de *Scarabaeinae* adulto capturado y/o partes incompletas del cuerpo (p.ej. una pata).

4.4 Metodología

4.4.1 Selección del área de estudio.

Se hizo un recorrido al BPP, por la ruta que parte del puente Chorro Blanco (sector Cashipampa) y finaliza aproximadamente 2 km después de pasar la captación del canal Atahualpa. En tal ruta se seleccionó el *Área de estudio*, la cual constó de *Bosque Primario* (BP) y *Bosque Secundario* (BS).

Luego se establecieron los puntos geográficos en los que se dispondrían los instrumentos de captura, en transectos lineales, y se midieron las coordenadas UTM de estos.

4.4.2 Diseño y aplicación del muestreo.

Los instrumentos de captura se aplicaron según las variables *Hábitat* (BP, BS) y *Tiempo* (MAY, JUN, JUL y AGO), quedando diseñado como sigue a continuación.

Instalación de las Trampas *Pitfall*: Por cada *Hábitat* se establecieron dos (02) transectos lineales de trampas *pitfall*, cada uno con 270 m de longitud, y paralelos, separados entre sí por una distancia de 300 m. En cada transecto se instalaron 10 trampas *pitfall*, separadas entre sí por una distancia de 30 m. En total se utilizaron cuarenta (40) trampas *pitfall*, distribuidas en cuatro (04) transectos y dos (02) hábitats.

Instalación de las Trampas de Interceptación de Vuelo: Por cada *Hábitat* se instalaron dos (02) trampas de interceptación de vuelo, cada una a un extremo de un transecto, distanciada de las trampas *pitfall* por 30 m. En total se utilizaron cuatro (04) trampas de interceptación de vuelo, distribuidas en cuatro (04) transectos y dos (02) hábitats.

Muestreo: La disposición espacial de las trampas por hábitat está esquematizada en el Anexo 6. El muestreo se realizó acordes a la variable *Tiempo*, en una jornada mensual de 48 h cada una, con la misma metodología: se activaron las trampas y se tomaron datos de *Humedad* y *Temperatura* ambiental; luego del tiempo establecido se procedió a recoger los ejemplares y cerrar las trampas, y se aplicó la colecta directa en los puntos de muestreo. Los especímenes se colocaron en bolsas herméticas ZIPLOC®, debidamente rotulada. Los atrayentes de las trampas fueron renovados en cada etapa.

4.4.3 Identificación de los escarabajos coprófagos.

Curaduría de los ejemplares: Los *Scarabaeinae* colectados fueron montados en seco, de acuerdo a las técnicas de montaje propuestas por Villareal et al (2004).

Determinación taxonómica de los escarabajos: Los escarabajos fueron identificados siguiendo la clave de géneros de Medina y Lopera-Toro (2000), el artículo de la reclasificación del género *Homocopris* (Vaz-de-Mello, Génier & Smith, 2010), y corroboradas por la opinión de especialistas en *Scarabaeinae*.

A continuación, se procedió a llenar las Fichas de Observación de Datos (Anexo 5), consignándose todos los datos asociados a cada ejemplar. Este registro y los ejemplares respectivos serán ingresados al Museo de Historia Natural Víctor F. Baca Aguinaga, de la UNPRG.

4.4.4 Análisis de índices ecológicos de comunidad.

Estuvo basada en las técnicas propuestas por Girón (2015) y Cultid Medina et al. (2012), mediante las cuales se obtuvo la riqueza, abundancia, biodiversidad, dominancia, composición y distribución de la comunidad de escarabajos coprófagos. Se utilizaron MICROSOFT EXCEL, el complemento MEGASTAT, y el software PRIMER 6; los resultados, obtenidos a nivel espacial, temporal, y espacio-temporal, se consignaron en tablas digitalizadas.

- **Riqueza (S):** Hace referencia al número de especies capturadas (Girón, 2015).
- **Abundancia (N):** Es el número de individuos capturados (Girón, 2015). A partir de las abundancias se obtuvieron frecuencias. La frecuencia es el número que indica la proporción entre una abundancia en particular respecto a otra más grande, de la que forma parte.
- **Diversidad:** Es la equitatividad o uniformidad de las especies. Fue obtenida mediante el índice de Shannon-Wiener (H'), el cual contempla la riqueza y la abundancia de las especies. Existe diversidad nula ($H' = 0$) cuando hay solo una especie, baja diversidad ($0 < H' < 2$) cuando hay especies muy dominantes, y alta diversidad ($3 < H'$) cuando la comunidad es equitativa (Gelambi, s.f.). Se calcula a partir de la ecuación

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i, \text{ donde:}$$

S es la riqueza,

i es una especie en particular,

p_i es la frecuencia de la especie i , y

la sumatoria indica que se han de considerar todas las especies (Girón, 2015).

- **Dominancia:** Revela lo opuesto de la diversidad Shannon-Wiener. Fue obtenida mediante el índice de Simpson (D), el cual muestra la probabilidad de que

dos individuos que han sido sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie. Se calcula con la fórmula

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}{N(N-1)} = \sum p_i^2, \text{ donde:}$$

S es la riqueza,

N es la abundancia,

i es una especie en particular,

n_i es la abundancia de la especie i , y

la sumatoria indica que se han de considerar todas las especies (Girón, 2015).

- **Composición y distribución de especies:** es la proporción de similitud entre dos hábitats, respecto a la presencia-ausencia de especies en común. Fue obtenida mediante el índice de Jaccard (I_J), En este sentido, un resultado cero (0) significa que los hábitats no presentan especies en común, y tiende a 1 a medida que aumenta el número de especies compartidas. Se calcula mediante la fórmula

$$I_J = \frac{c}{a+b-c}, \text{ donde:}$$

a es el número de especies presentes en el hábitat A,

b es el número de especies presentes en el hábitat B, y

c es el número de especies presentes en ambos hábitats, A y B (Girón, 2015).

Los resultados obtenidos del índice de Jaccard se representaron además (convertidos a porcentaje) en dendogramas.

4.4.5 Análisis estadístico para la determinación del ensamblaje de los escarabajos coprófagos.

El análisis estadístico se hizo a un nivel de confianza del 95%. Primero se establecieron las diferencias significativas entre las temperaturas y humedades medidas mediante el análisis de bloques, en MICROSOFT EXCEL. También se analizó la correlación de los índices comunitarios con estas dos variables, mediante MEGASTAT, a nivel general y por hábitat.

Finalmente, en base a la correcta interpretación de los análisis de datos, se determinó la estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos en el bosque primario y secundario del BPP, durante mayo-agosto de 2018.

V. RESULTADOS

5.1 Descripción del Área de Estudio.

Se ubicó en el Bosque de Protección Pagaibamba, dividiéndose en dos hábitats: Bosque Primario y Bosque Secundario. En **Bosque Primario** (Figura 5a) se observó una vegetación de tipo boscosa, tupida; con algunos deslizamientos de tierra y troncos caídos; y una quebrada principal con agua corriente de poca profundidad. En **Bosque Secundario** (Figura 5b) hubo predominancia de matorrales y pastizales; con caminos de herradura muy demarcados, algunos parches de suelo en recuperación tras el incendio forestal ocurrido con anterioridad, presencia eventual de ganado bovino y personas aledañas a la zona, y la captación del Canal Atahualpa. El mapa del BPP con los transectos de muestreo se muestra en el Anexo 7.



Figura 5. Paisaje del área de estudio en el BPP: (a) Bosque Primario y (b) Bosque Secundario.

5.2 Temperatura y humedad ambientales del BPP durante el muestreo.

En la Tabla 2, se observan los promedios de temperatura y humedad en el BPP durante el muestreo de *Scarabaeinae*. Respecto a los hábitats, *BS* tuvo la mayor temperatura (14,18 °C); mientras que *BP* fue el hábitat más húmedo (80,94%), existiendo diferencias significativas entre la temperatura ($p\text{-valor} < \alpha$, esto es: $0,020 < 0,500$) y la humedad ($0,002 < 0,500$) en ambos hábitats.

Respecto al tiempo, la mayor temperatura promedio fue registrada en *JUN* (15,61°C), disminuyendo progresivamente a partir de este, presentando entonces un comportamiento decreciente durante la época seca del BPP (Figura 6a). La humedad promedio fue mayor en *MAY* (94,5%), pero tuvo un comportamiento irregular (Figura 6b). El análisis de bloques mostró diferencias significativas entre la temperatura ($0,0100 < 0,5000$) y la humedad ($0,0004 < 0,5000$) mensuales.

Tabla 2.

Promedios de la temperatura y humedad registradas en el BPP durante el muestreo.

| | Hábitat | | Tiempo | | | |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| | <i>BP</i> | <i>BS</i> | <i>MAY</i> | <i>JUN</i> | <i>JUL</i> | <i>AGO</i> |
| \bar{X} T (°C) | 12,86 | 14,18 | 12,50 | 15,61 | 13,55 | 12,43 |
| \bar{X} Hu (%) | 80,94 | 69,88 | 94,50 | 63,38 | 84,50 | 59,25 |

Donde: BP=Bosque Primario; BS=Bosque Secundario; T=temperatura; Hu=humedad; \bar{X} =promedio.

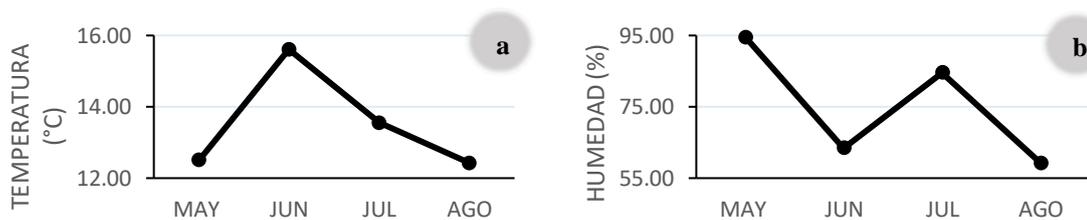


Figura 6. Comportamiento promedio de (a) la temperatura y (b) la humedad en el BPP durante el muestreo.

5.3 Biodiversidad de *Scarabaeinae* en el BPP durante mayo – agosto de 2018.

Se colectaron un total de 95 escarabajos coprófagos pertenecientes a 4 géneros y 5 especies: *Homocopris* sp. (12 individuos), *Cryptocanthon* sp. (70), *Dichotomius* sp. (2), *Uroxys* sp. 1 (8), y *Uroxys* sp. 2 (3). *Cryptocanthon* sp. dominó sobre la muestra con una frecuencia

del 74%; además, el grupo más grande de esta especie, capturado por una sola trampa, tuvo 26 individuos, que cayeron en una *pitfall* situada a 2 m de una corriente de agua, con coordenadas **17M 712625 UTM 9292326**. Mientras tanto, la especie menos abundante, *Dichotomius* sp., tuvo una frecuencia del 2%.

En cuanto a la descripción morfológica, los ejemplares de *Cryptocanthon* sp. (Figura 7) tuvieron un tamaño pequeño, de 4 mm (sin medir patas), con ojos posteriores al vertex, poco o no visibles cuando retraían la cabeza; pronoto globoso con presencia de poros sobre toda la superficie, y élitros redondos con presencia de estrías. Por su parte, *Homocopris* sp. (Figura 8) fue de tamaño grande, de 20 mm de longitud (sin patas); se caracterizó por tener la carina suplementaria lateral pronotal por encima de la carina que separa el pronoto y el hipomérón, además de un espolón metatibial aplanado y truncado apicalmente (bifurcado o subapicalmente dentado).



Figura 7. *Cryptocanthon* sp.



Figura 8. *Homocopris* sp.

Los individuos de *Uroxys* sp. 1 (Figura 9) presentaron una longitud de 6 mm sin medir patas, mientras que *U.* sp. 2 (Figura 10), de 5 mm. Ambas especies tuvieron forma ovalada y alargada, coloración dorsal y ventral negra o café, ápice del clípeo dentado; región frontoclipeal aplanada, convexa o con una carina transversa; el pronoto tiene la fóvea lateral

en forma de surco longitudinal: margen posterior pronotal con puntos alargados; ángulos anteriores protorácicos cóncavos, y cada élitro con 8 estrías. La característica que diferencia ambas especies es la gran longitud de las patas en el caso de *U. sp. 2*.



Figura 9. *Uroxys sp. 1*



Figura 10. *Uroxys sp. 2*

Dichotomius sp. (Figura 11) fue de 25 mm de longitud sin las patas, y tuvo un cuerpo robusto, ovalado, con una coloración café; la antena con nueve artejos, el clípeo dorsalmente muy desarrollado, la cabeza y el pronoto generalmente armados de cuernos, carinas o protuberancias; el tercer segmento del palpo labial es conspicuo, el escutelo no visible, los élitros tienen ocho estrías, las coxas anteriores son cortas, cónicas y prominentes; las mesocoxas no contiguas; las meso y metatibias se expanden gradualmente hacia su ápice, sin una carina transversa y evidente hacia el tercio o parte media apical, los tarsos tienen uñas en todas las patas; mesosternón ancho; abdomen con seis esternitos, de los cuales cinco de ellos no se estrechan considerablemente en su parte media.



Figura 11. *Dichotomius* sp.

5.4 Estructura del ensamblaje en función del hábitat.

De la biodiversidad de *Scarabaeinae* reportada en el BPP, en *BP* se encontraron 68 individuos pertenecientes a 3 especies, de las cuales dominó *Cryptocanthon* sp. (64 ejemplares) con un 94%, registrándose aquí el mayor grupo colectado en una sola trampa (coordenadas 17M 712625 UTM 9292326) mencionado en el subtítulo anterior. El resto de especies fueron raras en *BP*, teniendo como exclusiva a *Uroxys* sp. 2 (Figura 12). Las abundancias específicas de este hábitat originaron una alta dominancia ($D = 0,89$) y una baja diversidad o equitatividad de especies ($H' = 0,37$), debido a *Cryptocanthon* sp. (Tabla 3).

En contraste con lo anterior, en *BS* se registraron 27 ejemplares agrupados en 4 especies, siendo la dominante *Homocopris* sp. (11 individuos) con una frecuencia de 41%, y teniendo como especies exclusivas a *Dichotomius* sp. y *Uroxys* sp. 1. Por lo cual, *BS* fue el hábitat menos abundante aunque, a la vez, el más rico y diverso ($H' = 1,81$).

Las especies comunes a ambos hábitats sumaron los 82 ejemplares. Sin embargo, en términos de composición-distribución de especies, hubo baja similitud entre ellos: $I_j = 0,4 = 40\%$, debido a que solo comparten 2 de las 5 especies registradas.

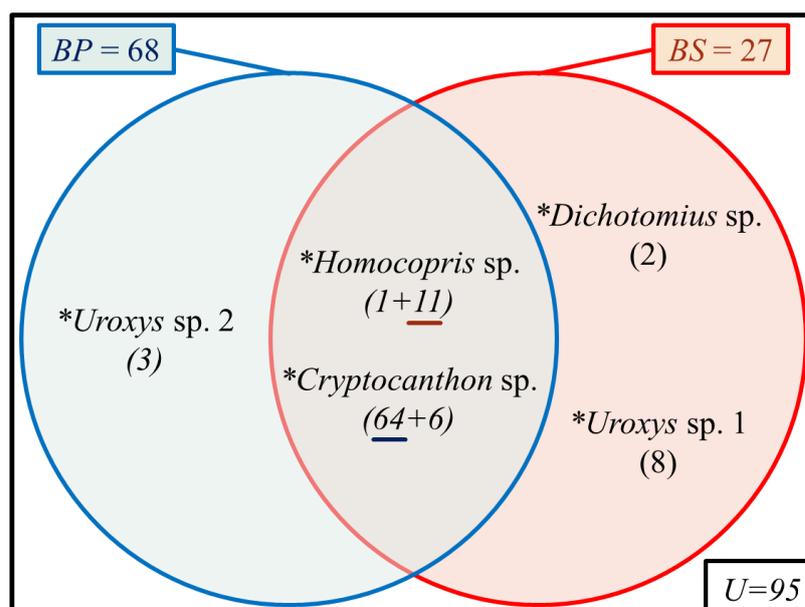


Figura 12. Abundancia de las especies capturadas en el BPP, por hábitat.

Tabla 3.

Riqueza, abundancia, diversidad y dominancia específicas, del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados en el BPP, por hábitat.

| HÁBITAT | Riqueza | Abundancia | Diversidad | Dominancia |
|---------|---------|------------|------------|------------|
| BP | 3 | 68 | 0,37 | 0,89 |
| BS | 4 | 27 | 1,81 | 0,31 |

Donde: BP=Bosque Primario; y BS=Bosque Secundario.

5.5 Estructura del ensamblaje en función del tiempo.

En la Tabla 4 se observa que, durante el muestreo (mayo-agosto de 2018), *Cryptocanthon* sp. estuvo siempre presente, siendo creciente a través del tiempo, y dominante en todos los meses excepto en MAY, en el cual dominó *Homocopris* sp. Mientras tanto, las especies raras se restringieron a MAY (*Dichotomius* sp.) y JUN (*Uroxys* sp. 2).

Además, el ensamblaje presentó mayor riqueza ($S = 4$) y diversidad ($H' = 1,83$) en MAY, comportándose estas de manera decreciente en el tiempo; por lo cual obtuvo en AGO su mayor dominancia ($D = 0,92$) —, la cual se incrementó durante el muestreo—. Se observó, además, una regularidad entre las abundancias mensuales, obteniéndose la mayor abundancia ($N = 27$) en JUL (Tabla 5). El I_j reveló que la mayor similitud en la composición de especies se dio entre MAY y JUL ($I_j = 0,75 = 75\%$) debido a la presencia de tres especies

en común; y la menor, entre *JUN* y *AGO* ($I_j = 0,25 = 25\%$), lo cual es compatible con la coincidencia de una sola especie en ambos (Tabla 6, Figura 13).

Tabla 4.

Abundancia de las especies capturadas en el BPP, por tiempo.

| ESPECIES | <i>MAY</i> | <i>JUN</i> | <i>JUL</i> | <i>AGO</i> | TOTAL |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| <i>Homocopris</i> sp. | 9 | 0 | 2 | 1 | 12 |
| <i>Cryptocanthon</i> sp. | 5 | 18 | 23 | 24 | 70 |
| <i>Dichotomius</i> sp. | <u>2</u> | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Uroxys</i> sp. 1 | 5 | 1 | 2 | 0 | 8 |
| <i>Uroxys</i> sp. 2 | 0 | <u>3</u> | 0 | 0 | 3 |
| TOTAL | 21 | 22 | 27 | 25 | 95 |

Tabla 5.

Riqueza, abundancia, diversidad y dominancia específicas, del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados en el BPP, por tiempo.

| TIEMPO | Riqueza | Abundancia | Diversidad | Dominancia |
|---------------|----------|------------|-------------|-------------|
| <i>MAY</i> | 4 | 21 | 1,83 | 0,31 |
| <i>JUN</i> | 3 | 22 | 0,83 | 0,69 |
| <i>JUL</i> | 3 | 27 | 0,75 | 0,74 |
| <i>AGO</i> | 2 | 25 | 0,24 | 0,92 |

Tabla 6.

Similitud de la composición de especies del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados, por tiempo.

| Comparación | | Coefficiente de Jaccard |
|--------------------|-------------------|--------------------------------|
| <i>MAY</i> | <i>JUN</i> | 0,40 |
| <i>MAY</i> | <i>JUL</i> | 0,75 |
| <i>MAY</i> | <i>AGO</i> | 0,50 |
| <i>JUN</i> | <i>JUL</i> | 0,50 |
| <i>JUN</i> | <i>AGO</i> | <u>0,25</u> |
| <i>JUL</i> | <i>AGO</i> | 0,66 |

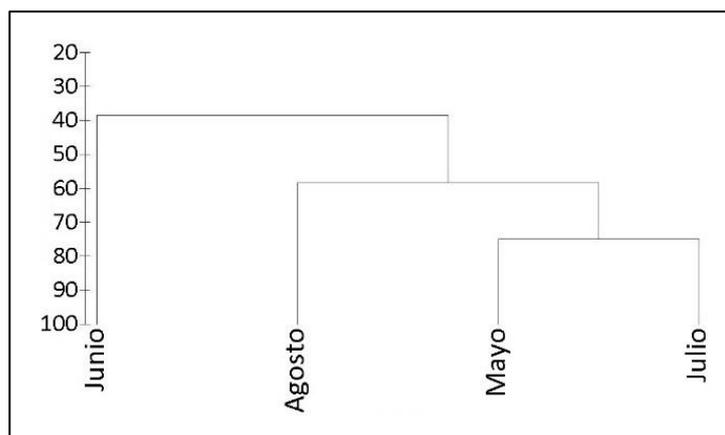


Figura 13. Dendrograma de similitud de la composición de especies del ensamblaje, durante los cuatro eventos de muestreo.

5.6 Estructura del ensamblaje en relación a la temperatura ambiental.

Se muestra en la Tabla 7 que, a un 95% de confianza, los coeficientes de correlación entre la temperatura y los índices comunitarios no fueron significativos, sucediendo lo mismo para el análisis de correlación por cada hábitat por separado (Tabla 8); lo cual evidenció que, tanto a nivel general como a nivel de *BP* y *BS*, la temperatura no ejerció efecto sobre la comunidad de escarabajos coprófagos.

Tabla 7.

Coeficiente de correlación entre los índices comunitarios y la temperatura ambiental.

| | T (°C) |
|------------|---------------|
| Riqueza | 0,154 |
| Abundancia | -0,294 |
| Diversidad | 0,216 |
| Dominancia | -0,250 |

Tamaño de la muestra: 8
 $\pm 0,707$ valor crítico 0,050 (dos-colas).

Tabla 8.

Coeficiente de correlación entre los índices comunitarios y la temperatura ambiental, por hábitat.

| | T (°C) | |
|------------|---------------|-----------|
| | BP | BS |
| Riqueza | 0,375 | -0,161 |
| Abundancia | 0,100 | -0,151 |
| Diversidad | 0,353 | -0,102 |
| Dominancia | -0,345 | 0,055 |

Tamaño de la muestra: 4
 $\pm 0,950$ valor crítico 0,050 (dos-colas).

5.7 Estructura del ensamblaje en relación a la humedad atmosférica.

A un 95% de confianza, no hubo correlación significativa entre la humedad y los índices comunitarios del ensamblaje general de *Scarabaeinae* (Tabla 9). Con la misma confianza, en la Tabla 10 se observa que para cada hábitat por separado, el efecto de la humedad sobre los índices comunitarios no fue significativo; sin embargo, en *BS*, la correlación fue muy cercana al valor crítico (0,950) en el caso de la diversidad (0,931) y la dominancia (-0,938), lo cual evidencia que en ese hábitat, el incremento de humedad logró un aumento de la diversidad, teniendo un efecto contrario sobre la dominancia.

Tabla 9.

Coeficiente de correlación entre los índices comunitarios y la humedad atmosférica.

| | Hu (%) |
|------------|---------------|
| Riqueza | 0,409 |
| Abundancia | 0,213 |
| Diversidad | 0,431 |
| Dominancia | -0,426 |

Tamaño de la muestra: 8
 $\pm 0,707$ valor crítico 0,050 (dos-colas).

Tabla 10.

Coefficiente de correlación entre los índices comunitarios y la humedad atmosférica, por hábitat.

| | Hu (%) | |
|------------|-----------|---------------|
| | <i>BP</i> | <i>BS</i> |
| Riqueza | 0,266 | 0,845 |
| Abundancia | -0,634 | 0,763 |
| Diversidad | 0,285 | 0,931 |
| Dominancia | -0,291 | -0,938 |

Tamaño de la muestra: 4
 $\pm 0,950$ valor crítico 0,050 (dos-colas).

5.8 Estructura general del ensamblaje en el BPP.

El análisis espacio-temporal de la muestra revela importantes detalles adicionales sobre la estructura del ensamblaje de los *Scarabaeinae* capturados. En la Tabla 11 se observa que la especie dominante, la cual se presentó durante todos los meses, estuvo ausente en Bosque Secundario durante julio y agosto y, paradójicamente, al mismo tiempo en Bosque Primario presentó sus más altas abundancias. Además, aunque en mayo no dominó a nivel del BPP, sí lo hizo en el bosque conservado; esto implica que en el bosque perturbado durante ese mes dominó *Homocopris* sp.

Los índices comunitarios mostrados en la Tabla 12 corroboran además que, la mayor riqueza y diversidad del muestreo se presentaron en Bosque Secundario durante mayo, y que la mayor abundancia y dominancia se vieron expresadas en Bosque Primario durante agosto. Asimismo, durante julio en el bosque conservado y durante agosto en ambos hábitats por separado, se presentó total dominancia por la presencia de una sola especie, lo cual originó la nula diversidad en tales casos.

La similitud en la composición de especies de Bosque Primario durante julio y agosto fue la más alta ($I_j = 1 = 100\%$) (Tabla 13); no obstante, hubo total diferencia ($I_j = 0$) en siete comparaciones distintas, que indican una total ausencia de especies en común. Además, la mayoría de comparaciones arrojan valores de I_j entre 0 y 50 %, indicando una nula o baja similitud en la composición de especies, lo cual también se observa en la Figura 14.

Tabla 11.
Abundancia espacio-temporal de las especies capturadas.

| ESPECIES | MAY BP | MAY BS | JUN BP | JUN BS | JUL BP | JUL BS | AGO BP | AGO BS | TOTAL |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Homocopris</i> sp. | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 12 |
| <i>Cryptocanthon</i> sp. | 4 | 1 | 13 | 5 | 23 | 0 | 24 | 0 | 70 |
| <i>Dichotomius</i> sp. | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Uroxys</i> sp. 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 8 |
| <i>Uroxys</i> sp. 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| TOTAL | 5 | 16 | 16 | 6 | 23 | 4 | 24 | 1 | 95 |

Tabla 12.
Riqueza, abundancia, diversidad y dominancia espacio-temporales del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados en el BPP.

| MUESTRA | Riqueza | Abundancia | Diversidad | Dominancia |
|---------------|----------|------------|-------------|-------------|
| <i>MAY BP</i> | 2 | 5 | 0,72 | 0,68 |
| <i>MAY BS</i> | 4 | 16 | 1,65 | <u>0,37</u> |
| <i>JUN BP</i> | 2 | 16 | 0,70 | 0,70 |
| <i>JUN BS</i> | 2 | 6 | 0,65 | 0,72 |
| <i>JUL BP</i> | <u>1</u> | 23 | <u>0,00</u> | 1,00 |
| <i>JUL BS</i> | 2 | 4 | 1,00 | 0,50 |
| <i>AGO BP</i> | <u>1</u> | 24 | <u>0,00</u> | 1,00 |
| <i>AGO BS</i> | <u>1</u> | <u>1</u> | <u>0,00</u> | 1,00 |

Tabla 13.

Similitud de la composición espacio-temporal de especies del ensamblaje de escarabajos coprófagos capturados.

| <i>Comparación</i> | | <i>Coefficiente de Jaccard</i> |
|--------------------|---------------|--------------------------------|
| MAY BP | MAY BS | 0,50 |
| MAY BP | JUN BP | 0,33 |
| MAY BP | JUN BS | 0,33 |
| MAY BP | JUL BP | 0,50 |
| MAY BP | JUL BS | 0,33 |
| MAY BP | AGO BP | 0,50 |
| MAY BP | AGO BS | 0,50 |
| MAY BS | JUN BP | 0,20 |
| MAY BS | JUN BS | 0,50 |
| MAY BS | JUL BP | 0,25 |
| MAY BS | JUL BS | 0,50 |
| MAY BS | AGO BP | 0,25 |
| MAY BS | AGO BS | 0,25 |
| JUN BP | JUN BS | 0,33 |
| JUN BP | JUL BP | 0,50 |
| JUN BP | JUL BS | <u>0,00</u> |
| JUN BP | AGO BP | 0,50 |
| JUN BP | AGO BS | <u>0,00</u> |
| JUN BS | JUL BP | 0,50 |
| JUN BS | JUL BS | 0,33 |
| JUN BS | AGO BP | 0,50 |
| JUN BS | AGO BS | <u>0,00</u> |
| JUL BP | JUL BS | <u>0,00</u> |
| JUL BP | AGO BP | 1,00 |
| JUL BP | AGO BS | <u>0,00</u> |
| JUL BS | AGO BP | <u>0,00</u> |
| JUL BS | AGO BS | 0,50 |
| AGO BP | AGO BS | <u>0,00</u> |

VI. DISCUSIÓN

El BPP fue creado para garantizar el normal abastecimiento de agua para uso agrícola y consumo humano de los distritos de Querocoto, Llama y Huambos. La biodiversidad de tal bosque ha sido registrada en su plan maestro, sin reportarse estudios con insectos, menos con *Scarabaeinae* (Perú. MINAM. SERNANP, 2017). Estos juegan un papel importante en la regeneración de los bosques y pastizales ganaderos, contribuyendo al bienestar del suelo, las plantas, las cadenas tróficas y las micorrizas (Ruiz, 2008). En función a esto, se ha determinado la estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos en un bosque primario y secundario del Bosque de Protección Pagaibamba, durante mayo – agosto de 2018.

6.1 Área de Estudio.

El bosque primario de la actual investigación fue reportado con una cobertura boscosa y tupida, algunas perturbaciones naturales sin influencia humana significativa, salvo un estrecho camino de herradura de uso eventual; todo lo cual concuerda con el criterio, las condiciones y las normas de uso que el SERNANP (2017) ha establecido para la Zona Silvestre del BPP.

Mientras tanto, en el bosque secundario predominaron los matorrales y pastizales, presentando modificaciones antropogénicas para el tránsito y la captación del agua, presencia eventual de ganado y comuneros para aprovechamiento de los recursos, así como algunas zonas recuperándose tras el incendio forestal, coincidiendo también con lo normado por SERNANP para la Zona de Aprovechamiento Directo y la Zona de Recuperación del BPP. Se observa hasta aquí que actualmente, en 2019, dos años después de la elaboración del Plan Maestro de esta área natural, las condiciones establecidas para ella están siendo respetadas.

6.2 Temperatura y humedad ambientales del BPP.

Cabe resaltar que los datos de temperatura y humedad no fueron obtenidos a partir de estaciones climatológicas establecidas (como sí lo hacen Roncal et al., 2018), sino de la medición *in situ* con el termohigrómetro digital; lo que no permite reportar un valor fidedigno de tales variables en el BPP. Sin embargo, los promedios de la temperatura y la humedad en los hábitats y el tiempo propuestos en la presente investigación, con un rango

respectivo de 12,43–15,61 °C y 59,25–94,50 % (Tabla 2), se sujetan a la información reportada por Roncal et al. para el BPP, quienes datan una temperatura con rango 12,00–20,40 °C y un clima predominantemente semifrío y, además, húmedo.

6.3 Biodiversidad de *Scarabaeinae* en el BPP.

En cuanto a la biodiversidad de *Scarabaeinae* en el BPP, los cuatro géneros registrados han sido ya reportados para el Perú por Ratcliffe et al. (2015) y Girón (2015). Los valores de riqueza y abundancia, 5 especies con 95 especímenes, fueron acordes con la investigación de Arellano y Castillo-Guevara (2014) en México, quienes mediante 17 muestreos obtuvieron 4 especies y 180 escarabajos; por el lado contrario, en Colombia, Martínez-H. et al. (2010), Martínez et al. (2010) y Delgado (2012), con 4 muestreos obtuvieron en promedio 22 especies y 5250 individuos. Estas diferencias se deberían a la ecorregión y al tipo de cebo utilizado para la captura; pues en primer lugar, el BPP pertenece al *bosque montano de la cordillera occidental de los Andes del Norte*, en el cual se hizo uso de coprocebos (a partir de excremento) de origen porcino; mientras que la investigación mexicana fue hecha en el *bosque subhúmedo montano*, a 2268 msnm, en un área con temperatura media anual de 15,3 °C, condiciones similares al BPP, en donde se utilizaron como cebo heces de conejo y caballo; y por último, las áreas de estudio colombianas se ubicaron en el *bosque seco tropical*, utilizándose en ellas coprocebos de origen humano y, adicionalmente en el caso de Delgado, necrocebos (a partir de tejidos en descomposición) de pescado.

La investigación de Navarro et al. (2011), en Colombia, quienes obtuvieron 7496 individuos pertenecientes a 26 especies, mediante las mismas técnicas de captura usadas en la presente investigación (trampas *pitfall*, trampas de interceptación de vuelo y captura manual), discreparía de la misma manera con esta debido a los argumentos ya expuestos, pues la ecorregión que investigaron fue *bosque seco*, donde hicieron uso de coprocebos de origen humano y bovino, y necrocebos de pescado. Se observa, por tanto, que las condiciones ambientales de la ecorregión y el origen del cebo utilizado influyeron sobre la riqueza y abundancia del ensamblaje de escarabajos coprófagos en el BPP.

Cryptocanthon sp. fue la especie dominante del muestreo, por lo cual podría ser considerada como el emblema de *Scarabaeinae* en el BPP, y no solo allí sino también en zonas aledañas en la misma ecorregión. En cuanto a su presencia fundamental en este bosque montano de los Andes del Norte ubicado entre 2400 y 3511 msnm, se observa coincidencia

con la clave de géneros hecha recientemente para Ecuador por Chamorro, Marín-Armijos, Granda y Vaz-De-Mello (2018), la cual establece que las especies de *Cryptocanthon* en ese país se distribuyen en bosques húmedos y páramos; también hay coincidencia con Arias y Medina (2014), quienes describieron tres especies de este género para Colombia, mencionando que el tal se distribuye en la región Neotropical, principalmente en bosques de alta montaña, y que 23 de sus especies lo hacen estrechamente por encima de los 1000 msnm, por lo cual tienen una distribución limitada a bosques, haciendo que el conocimiento de este género esté aún subestimado.

A diferencia de Arias y Medina (2014), quienes dijeron que los ejemplares de *Cryptocanthon* spp. «son poco colectados en trampas con coprocebos, pudiendo estar asociados a otro tipo particular de alimento», la presente investigación registra muchos especímenes de tal género capturados mediante este tipo de trampas. El hecho de que *Cryptocanthon* sp. registre su mayor abundancia cerca a una quebrada del BPP, que no sucedió con las demás especies, evidencia que su rango ecológico está estrechamente ligado a los cuerpos de agua, por lo cual ellos aprovecharían de que el líquido vital atrae a muchos vertebrados, aumentando así la densidad de excremento en el lugar (Martínez-H. et al., 2010).

6.4 Estructura del ensamblaje de *Scarabaeinae* en función del hábitat.

El ensamblaje de escarabajos coprófagos obtuvo la mayor riqueza y diversidad en Bosque Secundario, el cual ejerce efecto sobre tales índices gracias a sus condiciones ambientales. Por tanto, la perturbación del BPP, causada por la ganadería extensiva, la actividad agrícola, el incendio forestal producido en 2016 y la tala ilegal (Perú. MINAM. SERNANP, 2017), influyeron positivamente sobre la riqueza y diversidad del ensamblaje de *Scarabaeinae*. Mientras tanto Bosque Primario fue el hábitat más abundante y dominante a la vez, siendo *Cryptocanthon* sp. el actor clave, sin el cual ambos índices expresarían sus máximos en el bosque perturbado del BPP.

La relación entre perturbación y mayores índices de riqueza fue hallada también por Vargas-Pérez et al. ([2013]) y Barraza et al. (2010), en Colombia, y podría explicarse, según estos últimos autores, por la alta capacidad de estos escarabajos para conseguir su recurso alimenticio, ya que algunas especies penetran al bosque intervenido donde hay aporte de excremento a partir de fauna doméstica, la cual en el BPP se vería representada

por el ganado bovino. Por otro lado, la relación positiva entre ambientes conservados y altas abundancias ha sido observada por Ruiz (2008) en el mismo país.

No obstante, estas investigaciones no concuerdan con la presente sino solo en un índice ecológico, lo cual se explicaría por la ecorregión de sus muestreos, el *bosque seco tropical*. Esto se vería confirmado gracias al trabajo de Arellano y Castillo-Guevara (2014) en México, quienes habiendo muestreado en el *bosque subhúmedo montano*, con condiciones ambientales similares al BPP, hallaron que la riqueza y diversidad son influidas positivamente por la perturbación mientras que la dominancia quedaría relegada al ecosistema primario, relaciones que coinciden con las encontradas en esta investigación. Por tanto, se puede notar que en el BPP, la dinámica del ensamblaje a través de zonas conservadas y perturbadas depende de la ecorregión reinante; esto es no solo por sus variables físicas (altitud, temperatura, humedad, etc.), sino también la complejidad estructural de la vegetación y las condiciones microclimáticas que estos hábitats proporcionan a las especies (Ruiz, 2008).

En cuanto a la distribución de especies entre los hábitats, se observó que *Cryptocanthon* sp. estuvo asociado al bosque primario, siendo afectado negativamente por la perturbación del BPP; por lo tanto, esta especie podría ser utilizada como indicador de ecosistemas vírgenes en esta ecorregión. Esto, sumado a su afinidad por los cuerpos de agua, haría que *Cryptocanthon* sp. sea de fácil captura para futuros estudios biológicos. Por otro lado, *Homocopris* sp. estuvo más asociado a la perturbación del BPP, pudiendo ser utilizado como indicador clave para las zonas de aprovechamiento y de recuperación del área.

6.5 Estructura del ensamblaje de *Scarabaeinae* en función del tiempo y la humedad.

La riqueza y la diversidad del ensamblaje tuvieron un patrón descendente a través del tiempo (mayo-agosto), el cual podría deberse a la influencia de la precipitación pluvial, ya que mayo es el último mes de la época lluviosa, mientras que el resto de meses del muestreo corresponden a la época seca (Roncal et al., 2018); en contraste, la dominancia, un concepto biológico opuesto al de la diversidad, fue creciente durante estos meses; observándose así una relación positiva de la precipitación con la riqueza y diversidad, y negativa con la dominancia, coincidiendo con los estudios de Vidaurre et al. (2008), Figueroa y Alvarado (2011), Sulca y Huamantínco (2016), y otros que reportan que la precipitación incrementa la cobertura vegetal y humedad del suelo, proveyendo en primer lugar una mayor cantidad y calidad de recursos por parte del bosque para muchos mamíferos, y estos

a su vez suministrarían el alimento para los escarabajos coprófagos (Barraza et al., 2010; Rangel-Acosta y Martínez-Hernández, 2017); además se ha mencionado que muchas especies tienen sincronizada su emergencia y reproducción con las lluvias, pues estas humedecen la cámara de pupación, facilitando la emergencia de los escarabajos, el entierro del alimento y establecimiento de nidos en galerías (Martínez et al., 2010; Martínez-H. et al., 2010).

En base a lo anterior, se deduce que *Homocopris* sp., cuya abundancia disminuyó hacia la época seca, fue influenciado positivamente por la precipitación; mientras que *Cryptocant-hon* sp., al mostrar un comportamiento opuesto, tuvo preferencia por el déficit de este fenómeno meteorológico. Por lo tanto, se observa hasta aquí, que la precipitación es el factor que mejor explica la dinámica temporal de los *Scarabaeinae* en el BPP.

Por otro lado, la humedad también ejerció efecto en el ensamblaje en bosque secundario, aunque solo fue evidente sobre la diversidad y la dominancia. Esto hace suponer que la equitatividad de especies se hace más efectiva por un mayor porcentaje de vapor de agua en el ambiente, hecho que disminuye el índice de dominancia al mantener un número más equilibrado en las abundancias específicas.

VII. CONCLUSIONES

Se determinó que en el Bosque de Protección Pagaibamba, la estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos (*Scarabaeinae*) en Bosque Primario y Bosque Secundario, entre mayo y agosto de 2018, tiene una riqueza de 5 especies (*Cryptocanthon* sp., *Homocopris* sp., *Uroxys* sp. 1, *Uroxys* sp. 2, y *Dichotomius* sp.), teniendo como dominante a *Cryptocanthon* sp. (74%).

La estructura del ensamblaje presentó mayor riqueza y diversidad específicas en bosque secundario en mayo, en el cual dominó *Homocopris* sp.; mientras que, en bosque primario en agosto hubo mayor abundancia y dominancia, principalmente de *Cryptocanthon* sp. La dinámica espacial del ensamblaje se vio influenciada por la perturbación del hábitat, la ecorregión y el tipo de cebo utilizado para la captura, encontrándose un 40% de similitud en la composición de especies entre ambos hábitats. La dinámica temporal estuvo relacionada con la precipitación fluvial, hecho que afectó a los patrones de abundancia de *Cryptocanthon* sp. y *Homocopris* sp. La humedad ejerció efecto sobre la diversidad y dominancia en bosque secundario; mientras que la temperatura no tuvo influencia alguna sobre el ensamblaje de escarabajos coprófagos. Por lo tanto la estructura de este está relacionada a factores como la ecorregión, la perturbación del hábitat, la precipitación y la humedad.

VIII. RECOMENDACIONES

Considerando la importancia de los escarabajos coprófagos en la regeneración natural de los bosques, se recomienda implementar estrategias de conservación empleando a los escarabajos coprófagos como indicadores del estado de conservación del BPP.

Teniendo en cuenta la importancia de los *Scarabaeinae* en las cadenas tróficas, se debe considerar la protección y conservación de estos bosques como hábitats naturales en los cuales ellos se reproducen.

Profundizar las investigaciones de escarabajos coprófagos e insectos en general, en los bosques secos y nublados del Perú, debido a la poca información existente de estas especies en el país.

Implementar métodos de muestreo en los que se aplique el uso de otros atrayente (p.ej. coprocobos y necrocobos), y otras modificaciones en el diseño de las trampas *pitfall*.

Realizar estudios correlacionales en este campo entre la estructura de estos ensamblajes y las variables ambientales que lo afectan (p.ej. cobertura vegetal, tipo de ecosistema, precipitación, altitud).

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, L., y Castillo-Guevara, C. (2014). Efecto de los incendios forestales no controlados en el ensamble de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae*) en un bosque templado del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 854-865. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbio-div/v85n3/v85n3a15.pdf>
- Arias, J. A., y Medina, C. A. (2014). Tres nuevas especies de *Cryptocanthon* Balthasar, 1942 (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) para Colombia. *Caldasia*, 36(1), 165-180. Recuperado el 16 de setiembre de 2019, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/43898/45240>
- Barraza, J., Montes, J., Martínez, N., y Deloya, C. (2010). Ensamblaje de escarabajos coprófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) del Bosque Tropical Seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 36(2), 285-291. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de <http://www.scielo.unal.edu.co/pdf/rcen/v36n2/v36n2a19.pdf>
- Castro, S., Vergara, C., y Arellano, C. (2008). Distribución de la riqueza, composición taxonómica y grupos funcionales de hormigas del suelo a lo largo de un gradiente altitudinal en el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa, Lambayeque-Perú. *Ecología Aplicada*, 7(1, 2), 89-103. Recuperado el 17 de octubre de 2016, de http://www.lamina.edu.pe/ecolapl/Articulo_12_vol_7_Ecologia_aplicada.pdf
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., y Vaz-De-Mello, F. (enero-junio de 2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) presentes y presuntos para Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72-100. Recuperado el 16 de setiembre de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v44n1/0120-0488-rcen-44-01-00072.pdf>
- Cultid Medina, C., Medina Uribe, C., Martínez Quintero, B., Escobar Villa, A., Constantino Chuaire, L., y Betancur Posada, N. (2012). *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico*. Villa María, Caldas, Colombia. Recuperado el 18 de enero de 2018, de <https://www.researchgate.net/publica->

[tion/263280332_Escarabajos_coprofagos_Scarabaeinae_del_eje_cafetero Guia para el estudio ecologico Field Guide/link/0046353a788203ee8d000000/download](http://www.bdigital.unal.edu.co/263280332_Escarabajos_coprofagos_Scarabaeinae_del_eje_cafetero_Guia_para_el_estudio_ecologico_Field_Guide/link/0046353a788203ee8d000000/download)

Delgado, P. (2012). *Influencia del hábitat sobre el ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en bosques secos en el municipio de Chimichagua (Cesar)*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología, Bogotá D. C. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8771/1/1190345.2012.pdf>

Delgado-Gómez, P., Lopera, A., y Rangel-Ch, O. (s.f.). *Variación espacial del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en remanentes de Bosque Seco en Chimichagua (Cesar, Colombia)*. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de Academia: https://www.academia.edu/1751337/VARIACION_ESPA-CIAL_DEL_ENSAMBLAJE_DE_ESCARABAJOS_COPROFAGOS_SCARABAEIDAE_SCARABAEINAE_EN_REMANENTES_DE_BOSQUE_SECO_EN_CHIMICHAGUA_CESAR_COLOMBIA

Domínguez, D. (2012). *Ensamblaje de una comunidad de coprófagos (Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal, adaptaciones al cambio global, cantón Catamayo – Loja, Ecuador*. Tesis de licenciatura, Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias Biológicas y Ambientales, Loja. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2889/1/Diego_Dominguez_Tesis_Final.pdf

Escobar, F. (1997). Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (*Scarabaeidae*) en un remanente de Bosque Seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*, 19(3), 419-430. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/21150/1/17443-55462-1-PB.pdf>

Esparza-León, A., y Amat-García, G. (2007). Composición y riqueza de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) en un gradiente altitudinal de selva húmeda tropical del Parque Nacional Natural Catatumbo-Barí (norte de Santander), Colombia. *Actual Biol*, 29(87), 181-192. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v29n87/v29n87a3.pdf>

- Fauth, J. E., Bernardo, J., Camara, M., Resetarits, W. J., Jr., Van Buskirk, J., & McCollum, S. A. (febrero de 1996). Simplifying the Jargon of Community Ecology: A Conceptual Approach. *The American Naturalist*, 147(2), 282-286. Recuperado el 13 de febrero de 2019, de <https://www.sigaa.ufs.br/sigaa/verProducao?idProducao=585565&key=21c548a28c9ffc69c6508546ef1a47c4>
- Figuroa, L., y Alvarado, M. (agosto de 2011). Coleópteros coprófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Rev. peru. biol.*, 18(2), 209-212. Recuperado el 24 de agosto de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/262593059_Coleopteros_coprofagos_Scarabaeidae_Scarabaeinae_de_la_Reserva_Nacional_Tambopata_Madre_de_Dios_Peru/link/555ccf6a08ae86c06b5d40e0/download
- Figuroa, L., Edmonds, W., y Martínez, N. (2014). La tribu *Phanaeini* (*Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae*) en el Perú. *Revista peruana de biología*, 21(2), 125-138. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/9815/8608>
- García, J., y Pardo, L. (2004). Escarabajos *Scarabaeinae* saprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae*) en un bosque muy húmedo premontano de los andes occidentales colombianos. *Ecología Aplicada*, 3(1, 2), 59-63. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/341/34130208.pdf>
- Gelambi, M. (s.f.). *¿Qué es el índice de Shannon y para qué sirve?* Recuperado el 12 de agosto de 2019, de Lifered: <https://www.lifered.com/indice-de-shannon/>
- Girón, Y. (2015). *Estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) a lo largo de un gradiente altitudinal en el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa, Ferreñafe-Lambayeque, Perú*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ciencias Biológicas, Lambayeque. Recuperado el 17 de octubre de 2016, de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/59/BC-TES-3682.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ibarra-Polesel, M., Damborsky, M., y Porcel, E. (2015). Escarabajos copronecrófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 744-753. Recuperado el 19 de enero

de 2018, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v86n3/1870-3453-rmbiodiv-86-03-00744.pdf>

Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Colombia. (2014). Resúmenes. X Reunión Latinoamericana de Scarabaeoidología. *Reunión Latinoamericana de Scarabaeoidología Colombia 2014*. Recuperado el 24 de agosto de 2017, de <http://museum.unl.edu/research/entomology/RELAS/Colombia2/MEMORIAS-X-RELAS-COLOMBIA-2014.pdf>

Larsen, T., & Génier, F. (2008a). *Dung Beetles of Cocha Cashu Biological Station, Madre de Dios, Peru*. Reporte, Cocha Cashu Biological Station. Recuperado el 19 de agosto de 2017, de <http://cochacashu.sandiegozooglobal.org/wp-content/uploads/2012/02/Cocha-Cashu-dung-beetle-photo-guide.pdf>

Larsen, T., & Génier, F. (2008b). *Dung beetles of Los Amigos Biological Station (CICRA), Madre de Dios, Peru*. Reporte, Los Amigos Biological Station (CICRA). Recuperado el 19 de agosto de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/286457444_Dung_beetles_of_Los_Amigos_Biological_Station_CICRA_Madre_de_Dios_Peru_Rapid_Color_Guide_414_Version_1/link/566b028f08aea0892c4bc24b/download

Los Bosques Primarios y su Productividad. (s.f.). Recuperado el 23 de setiembre de 2018, de https://www.fs.fed.us/research/publications/producci%F3n_forestal_para_am%E9rica_tropical/cap.3.pdf

Los Bosques Secundarios y su Manejo. (s.f.). Recuperado el 23 de setiembre de 2018, de https://www.fs.fed.us/research/publications/producci%F3n_forestal_para_am%E9rica_tropical/cap.4.pdf

Martínez, I., Cruz, M., Montes de Oca, E., y Suárez, T. (2011). *La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos*. (S. d. Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, Ed.) México. Recuperado el 14 de julio de 2017, de http://www.sev.gob.mx/servicios/publicaciones/serie_paradocencia/escarabajos.pdf

Martínez, N., Cañas, L., Rangel, J., Barraza, J., Montes, J., y Blanco, O. (2010). Coleópteros coprófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) en un fragmento de bosque seco tropical en

el departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 11(1), 21-30. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de https://www.academia.edu/10197542/COLE%3%93PTEROS_COPR%3%93FAGOS_SCARABAEIDAE_SCARABAEINAE_EN_UN_FRAGMENTO_DE_BOSQUE_SECO_TROPICAL_EN_EL_DEPARTAMENTO_DEL_ATL%3%81NTICO_COLOMBIA

Martínez, N., García, H., Pulido, L., Ospino, D., y Narváez, J. (noviembre-diciembre de 2009). Escarabajos Coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeinae*) de la Vertiente Noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. (A. Freitas, Ed.) *Neotropical Entomology*, 38(6), 708-715. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/ne/v38n6/02.pdf>

Martínez-H., N., Cañas-M., L., Rangel-A., J., Blanco-R., O., Mendoza-P., J., y Cohen-B., S. (2010). Coleópteros coprófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) en la Reserva Natural Las Delicias (RND), Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 14(2), 187-200. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de https://www.academia.edu/10197587/COLE%3%93PTEROS_COPR%3%93FAGOS_SCARABAEIDAE_SCARABAEINAE_EN_LA_RESERVA_NATURAL_LAS_DELICIAS_RND_SIERRA_NEVADA_DE_SANTA_MARTA_SNSM_COLOMBIA

Medina, C., y Lopera-Toro, A. (2000). Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeinae*) de Colombia. *Caldasia*, 22(2), 299-315. Recuperado el 9 de enero de 2018, de <http://bdigital.unal.edu.co/21274/1/17603-56133-1-PB.pdf>

Montes, J. (2010). *Efecto de borde en ensamblajes de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en fragmentos de bosque en el nordeste antioqueño, Colombia*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de <https://core.ac.uk/download/pdf/11052408.pdf>

Murillo-Ramos, L., Ayazo, R., y Medina, C. (abril de 2016). Diversidad de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeinae*) en un remanente ribereño y un fragmento de bosque húmedo tropical en Córdoba, Colombia. *Ecología Austral*, 26, 17-26. Recuperado el 25

de agosto de 2017, de http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/200/111

Navarro, L., Román, K., Gómez, H., y Pérez, A. (2011). Variación estacional en escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae*) de la serranía de Coraza, Sucre (Colombia). *Rev. Colombiana cienc. Anim.*, 3(1), 102-110. Recuperado el 13 de julio de 2017, de <https://revistas.unisucra.edu.co/index.php/recia/article/view/330/372>

Noriega, J., Barranco, W., Hernández, J., Hernández, E., Castillo, S., Monroy, D., y García, H. (enero-marzo de 2016). Estructura estacional del ensamblaje de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeinae*) en una parcela permanente de bosque seco tropical. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, 40(154), 75-83. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/299610899_Estructura_estacional_del_ensamblaje_de_escarabajos_coprofagos_Coleoptera_Scarabaeinae_en_una_parcela_permanente_de_bosque_seco_tropical

Noriega, J., Cubillos, A., Castañeda, C., y Sánchez, A. (2008). Actividad diaria de colonización del recurso alimenticio en un ensamblaje de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae*) en la Amazonía colombiana. *Acta biol. Colomb.*, 13(3), 73-84. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/242134816_ACTIVIDAD_DIARIA_DE_COLONIZACION_DEL_RECURSO_ALIMENTICIO_EN_UN_ENSAMBLAJE_DE_ESCARABAJOS_COPROFAGOS_COLEOPTERA_SCARABAEIDAE_EN_LA_AMAZONIA_COLOMBIANA Daily colonization of food resources by Dung Beetle

Noriega, J., Palacio, J., Monroy-G, J., y Valencia, E. (2012). Estructura de un ensamblaje de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeinae*) en tres sitios con diferente uso del suelo en Antioquía, Colombia. *Actual Biol*, 34(96), 43-54. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v34n96/v34n96a04.pdf>

Noriega, J., Realpe, E., y Fagua, G. (enero-junio de 2007). Diversidad de escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae*) en un bosque de galería con tres estadios de alteración. *Universitas Scientiarum*, 12, 51-63. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/237035756_Diversidad_de_escarabajos_coprofagos_Coleoptera_Scarabaeidae_en_un_bosque_de_galeria_con_tres_estadios_de_alteracion

- Orozco, J., y Pérez, M. (marzo de 2008). Escarabajos coprófagos (*Coleoptera, Scarabaeoidea*) del Parque Nacional Los Estoraques (Norte de Santander, Colombia). *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(1), 36-40. Recuperado el 24 de agosto de 2017, de <http://www.scielo.br/pdf/rbent/v52n1/07.pdf>
- Padilla, F., y Cuesta, A. (2003). *Zoología aplicada*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado el 4 de octubre de 2016, de https://books.google.com.pe/books?id=is-qKkb_ujccC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true
- Pardo-Locarno, L. (2007). Escarabajos coprófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae*) de Lloró, departamento del Chocó, Colombia. *Boletín Científico - Centro de Museos - Museo de Historia Natural*, 11, 377-388. Recuperado el 14 de julio de 2017, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v11n1/v11n1a18.pdf>
- Pardo-Locarno, L., y Camero, E. (30 de junio de 2014). Escarabajos coprófagos (*Coleoptera-Scarabaeinae*) en siete microcuencas del río Dagua, Chocó biogeográfico de Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*(54), 207-224. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <http://sea-entomologia.org/PDF/Boletin54/207224BSEA54EscarabajoscopofagosColombia.pdf>
- Perú. Congreso de la República. (4 de julio de 1997). Ley de Áreas Naturales Protegidas. (D. O. Peruano, Ed.) *El Peruano*, XV(6215), págs. 150721-150725. Recuperado el 22 de noviembre de 2018, de <http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/26834.pdf>
- Perú. Ministerio del Ambiente. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2017). *Plan Maestro del Bosque de Protección Pagaibamba 2017 - 2021*. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 29 de octubre de 2018.
- [Perú. Presidencia del Consejo de Ministros. Instituto Nacional de Estadística e Informática]. (2013). Biodiversidad. En INEI, *Anuario de Estadísticas Ambientales 2013* (págs. 59-96). Perú. Recuperado el 15 de febrero de 2017, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/cap02.pdf
- Pulido, L. (2009). *Diversidad y distribución potencial de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) bajo escenarios de cambio climático en un paisaje frag-*

mentado al Sur de Costa Rica. Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Escuela de Posgrado, Turrialba. Recuperado el 24 de agosto de 2017, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3232E/A3232E.PDF>

Rangel-Acosta, J., y Martínez-Hernández, N. (2017). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 389-401. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de <https://www.redalyc.org/pdf/425/42551127013.pdf>

Rangel-Acosta, J., Martínez-Hernández, N., Gutierrez-Rapalino, B., Gutierrez-Moreno, L., y Borja-Acuña, R. (mayo de 2016). Efecto del tamaño de la ronda hidráulica sobre las comunidades de escarabajos coprófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) en la cuenca media y baja del río Cesar, Colombia. *ENTOMOTROPICA*, 31(15), 109-130. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/323182627_Rangel-Acosta_et_al_2016a_Efecto_del_tamano_de_la_ronda_hidraulica_sobre_las_comunidades_de_escarabajos_en_la_cuenca_media_y_baja_del_rio_Cesar

Ratcliffe, B., Jameson, M., Figueroa, L., Cave, R., Paulsen, M., Cano, E.,... Reyes-Castillo, P. (2015). Beetles (Coleoptera) of Peru: A Survey of the Families. Scarabaeoidea. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 88(2), págs. 186-207. Recuperado el 13 de julio de 2017, de <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1491&context=entomologyfacpub>

Roncal, M., Saldaña, I., Vallejos, M., Llompert, A., Alcántara, C., Montoya, ... Melgarejo, I. (2018). Línea base de flora y fauna del Bosque de Protección Pagaibamba, en el marco del proyecto “Recuperación del servicio ambiental hídrico de Área de Amortiguamiento del Bosque de Protección Pagaibamba, distrito de Querocoto, provincia de Chota, región Cajamarca” (G. R. Cajamarca, Ed.) Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado el 29 de octubre de 2018.

Ruiz, F. (2008). *Estudio del efecto de la presencia de un relleno sanitario sobre la estructura de un ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae)*. Tesis de li-

- cenciatura, Pontificia Universidad Javeriana, Carrera de Biología, Bogotá, D. C. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11860/RuizMosqueraFederico2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sulca, L., y Huamantínco, A. (2016). Variación estacional de la comunidad de escarabajos *Scarabaeinae* (Coleoptera: Scarabaeidae) de un bosque inundable amazónico de Perú. *Ecología Aplicada*, 15(1), 47-55. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/582/571>
- Vargas-Pérez, A., y Martínez-Revelo, D. (Julio-diciembre de 2016). Composición y estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) en dos fragmentos de bosque del departamento de Antioquía. *Revista de la Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia*, 5(2), 114-123. Recuperado el 16 de agosto de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/315595762_COMPOSICION_Y_ESTRUCTURA_DEL_ENSAMBLAJE_DE_ESCARABAJOS_COPROFAGOS_SCARABAEIDAE_SCARABAEINAE_EN_DOS_FRAGMENTOS_DE_BOSQUE_DEL_DEPARTAMENTO_DE_ANTIOQUIA
- Vargas-Pérez, A., Linares-Arias, J., y Ayazo-Berrocal, R. ([2013]). Ensamble de escarabajos coprófagos (*Coleoptera-Scarabaeinae*) asociados al bosque seco tropical y sistemas silvopastoriles en Córdoba Colombia. [*Revista de Entomología Mexicana*], 713-716. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de <http://www.entomologia.socmexent.org/revista/2013/EC/713-716.pdf>
- Vaz-de-Mello, F., Génier, F., & Smith, A. (20 de setiembre de 2010). Reclassification of *Homocopris* Burmeister as a Valid Genus to Accommodate Three Species Formerly in *Dichotomius* Hope (*Scarabaeidae: Scarabaeinae: Coprini*). *Coleopterists Bulletin*, 64(3), 192-192. Recuperado el 4 de febrero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/252320764_Reclassification_of_Homocopris_Burmeister_as_a_Valid_Genus_to_Accommodate_Three_Species_Formerly_in_Dichotomius_Hope_Scarabaeidae_Scarabaeinae_Coprini/link/54eca6ac0cf28f3e65347060/download
- Vidaurre, T., Gonzáles, L., y Ledezma, J. (2008). Escarabajos coprófagos (*Scarabaeidae: Scarabaeinae*) del Palmar de las Islas, Santa Cruz - Bolivia. *Kempffiana*, 4(1), 3-20.

Recuperado el 16 de agosto de 2017, de [http://museoelkempff.org/sitio/Informacion/KEMPPFIANA/Kempffiana%20\(1\)/3-20.pdf](http://museoelkempff.org/sitio/Informacion/KEMPPFIANA/Kempffiana%20(1)/3-20.pdf)

Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F.,... Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Informe técnico, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Programa de Inventarios de Biodiversidad, Bogotá. Recuperado el 5 de mayo de 2017, de https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/pdf/villareal_et_al_2004.pdf

Zootaxa. (2011). *Animal biodiversity: An introduction to higher-level classification and taxonomic richness*. (Z.-Q. Zhang, Ed.) Auckland, New Zealand: Magnolia Press. Recuperado el 2 de agosto de 2017, de https://books.google.es/books?id=r3_DVd5DtGEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q=insect&f=true

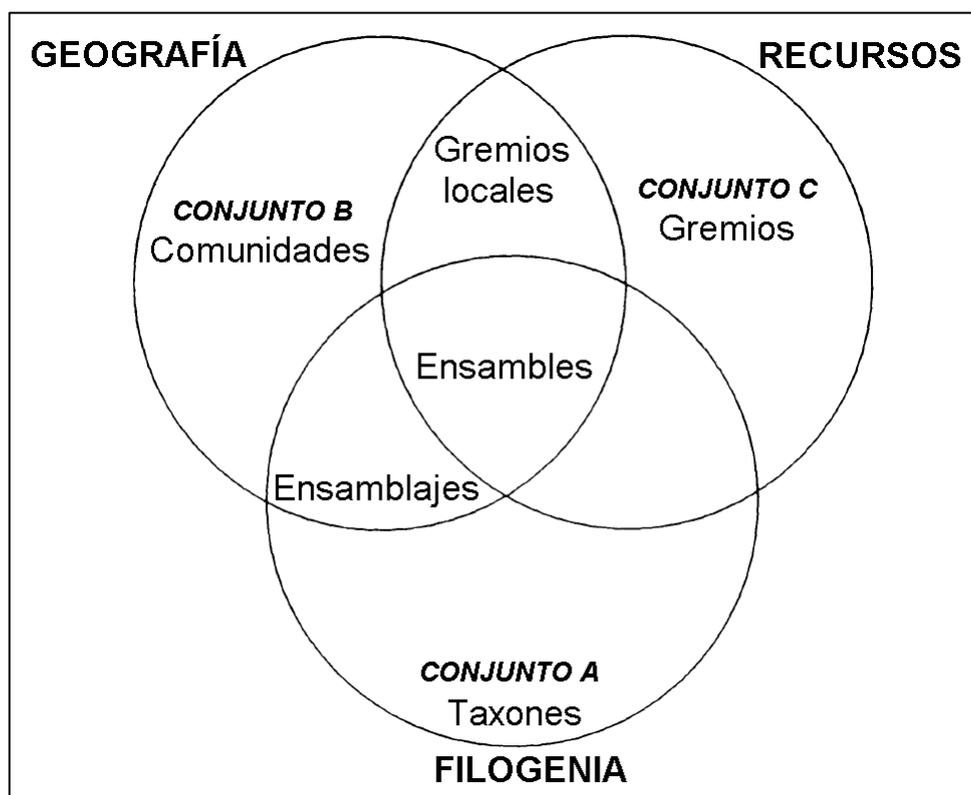
Zunino, M., y Palestrini, C. (enero de 1986). El comportamiento telefágico de *Trypocopris pyrenaicus* (Charp.) adulto (Coleoptera, Scarabaeoidea: Geotrupidae). *Graellsia*, XLII, 205-216. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de https://www.researchgate.net/publication/236840107_El_comportamiento_telefagico_de_Trypocopris_pyrenaicus_Charp_adulto_Col_Scar_Geotrupidae

X. ANEXOS

Anexo N° 1

Definición de ensamblaje y otros términos ecológicos de comunidad.

Fauth et al. (1996) se centraron en explicar los términos clave de la ecología de comunidad, usando un diagrama de *Venn*, similar al siguiente.

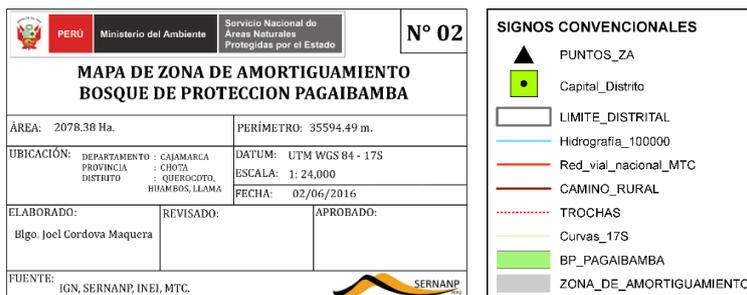
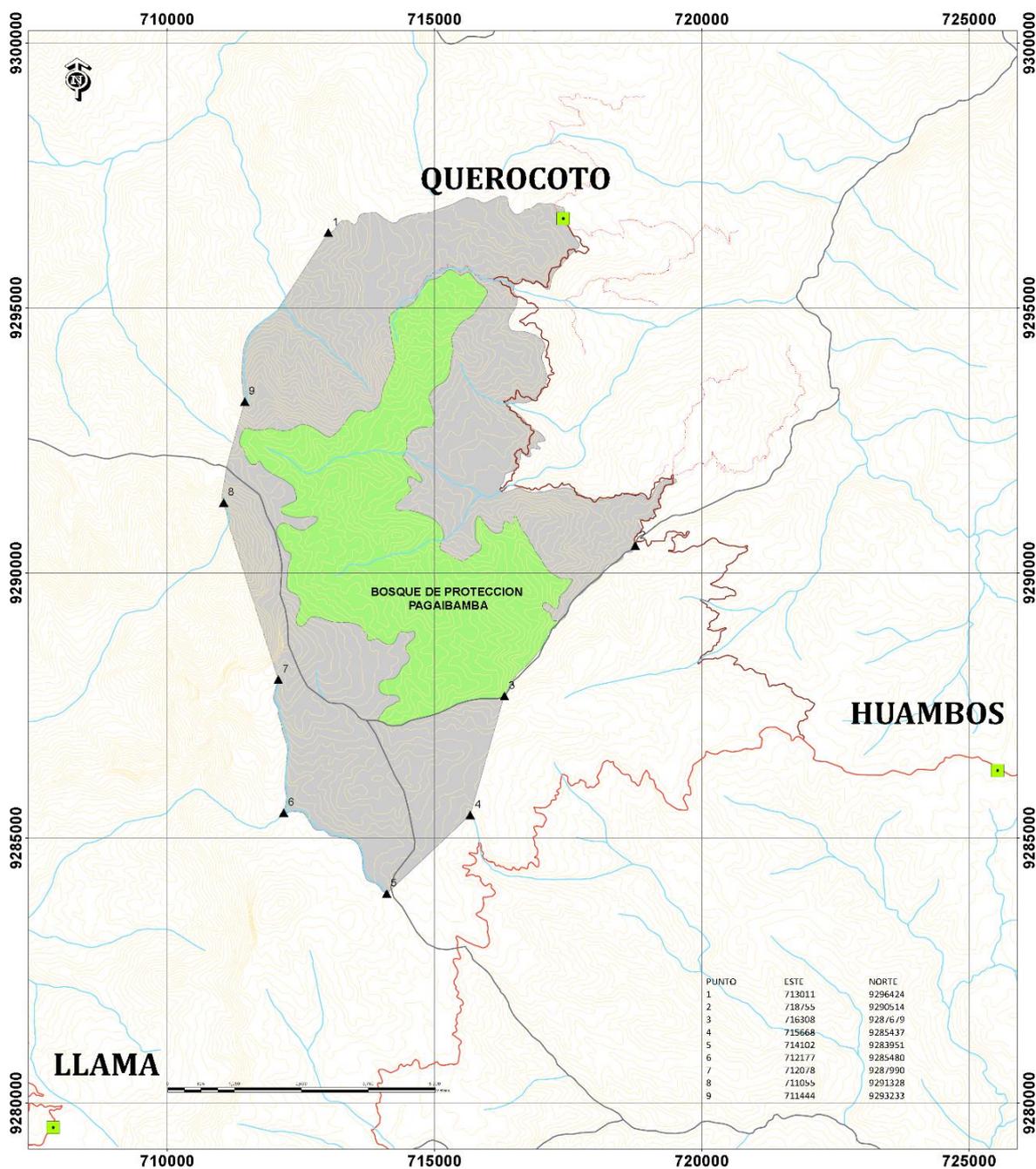


Las poblaciones en estudio se pueden dividir en tres conjuntos distintos: los definidos por la filogenia (CONJUNTO A), la geografía (CONJUNTO B) y los recursos (CONJUNTO C). En este modelo, las «comunidades» ecológicas son simplemente grupos de organismos que viven en el mismo lugar al mismo tiempo. Si aplicamos este significado de comunidad, las intersecciones de estos conjuntos proporcionan definiciones operativas para los términos «ensamblaje», «ensamble» y «gremio». Los grupos filogenéticamente relacionados dentro de una comunidad ($A \cap B$) se denominan apropiadamente «ensamblajes». Las especies que comparten un recurso común en la misma comunidad ($B \cap C$) constituyen un «gremio local». La intersección de gremios y taxones ($C \cap A$) denota una entidad para la cual no existen términos, pero a los que se hace referencia filogenéticamente por un descriptor compuesto que define el recurso y el taxón, p.ej. las salamandras criadas en estanques. Finalmente, si la característica de uso similar de recursos se aplica a grupos de especies taxonómicamente y geográficamente definidas ($A \cap B \cap C$), el grupo formado se denomina «ensamble».

Fuente: Traducido de Fauth et al (1996).

Anexo N° 2

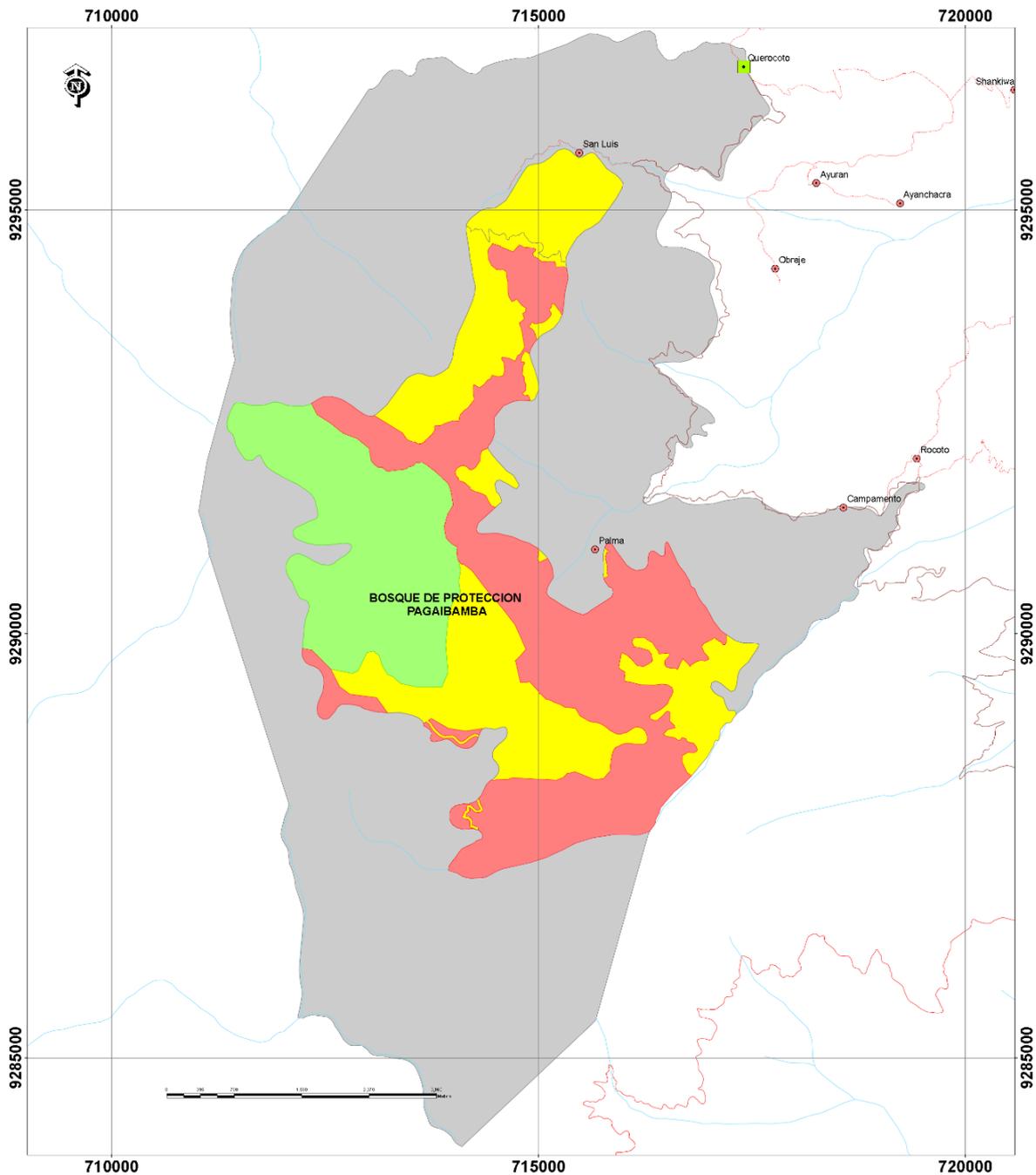
Mapa de Zona de Amortiguamiento del Bosque de Protección Pagaibamba



Fuente: Plan Maestro del Bosque de Protección Pagaibamba 2017-2021 (Perú. MINAM. SERNANP, 2017).

Anexo N° 3

Mapa de zonificación del Bosque de Protección Pagaibamba.



| | | | |
|---|-----------|---|--------------|
|  PERU Ministerio del Ambiente | | Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado | N° 01 |
| MAPA DE ZONIFICACION CON EL BOSQUE DE PROTECCION PAGAIBAMBA | | | |
| ÁREA: 2079.38 Ha. | | PERÍMETRO: | |
| UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: CAJAMARCA PROVINCIA: CHOTA DISTRITO: QUERCOTO, HUAMBOS LLAMA | | DATUM: UTM WGS 84 - 17S ESCALA: 1: 15.000 FECHA: 27/07/2016 | |
| ELABORADO: | REVISADO: | APROBADO: | |
| Blgo. Joel Cordova Maquera | | | |
| FUENTE: IGN, SERNANP, INEL, MTC. | | | |

| ZONIFICACION | |
|---|----------------------|
|  | ZREC |
|  | ZS |
|  | ZAD2 |
|  | ZAD1 |
|  | ZONA AMORTIGUAMIENTO |
|  | ZREC |

| SIGNOS CONVENCIONALES | |
|---|----------------------|
|  | Capital_Distrito |
|  | CCPP |
|  | Red_via_nacional_MTC |
|  | CAMINO_RURAL |
|  | TROCHAS |
|  | Hidrografia_100000 |
|  | BP_PAGAIBAMBA |

Fuente: Plan Maestro del Bosque de Protección Pagaibamba 2017-2021 (Perú. MINAM. SERNANP, 2017).

Anexo N° 4

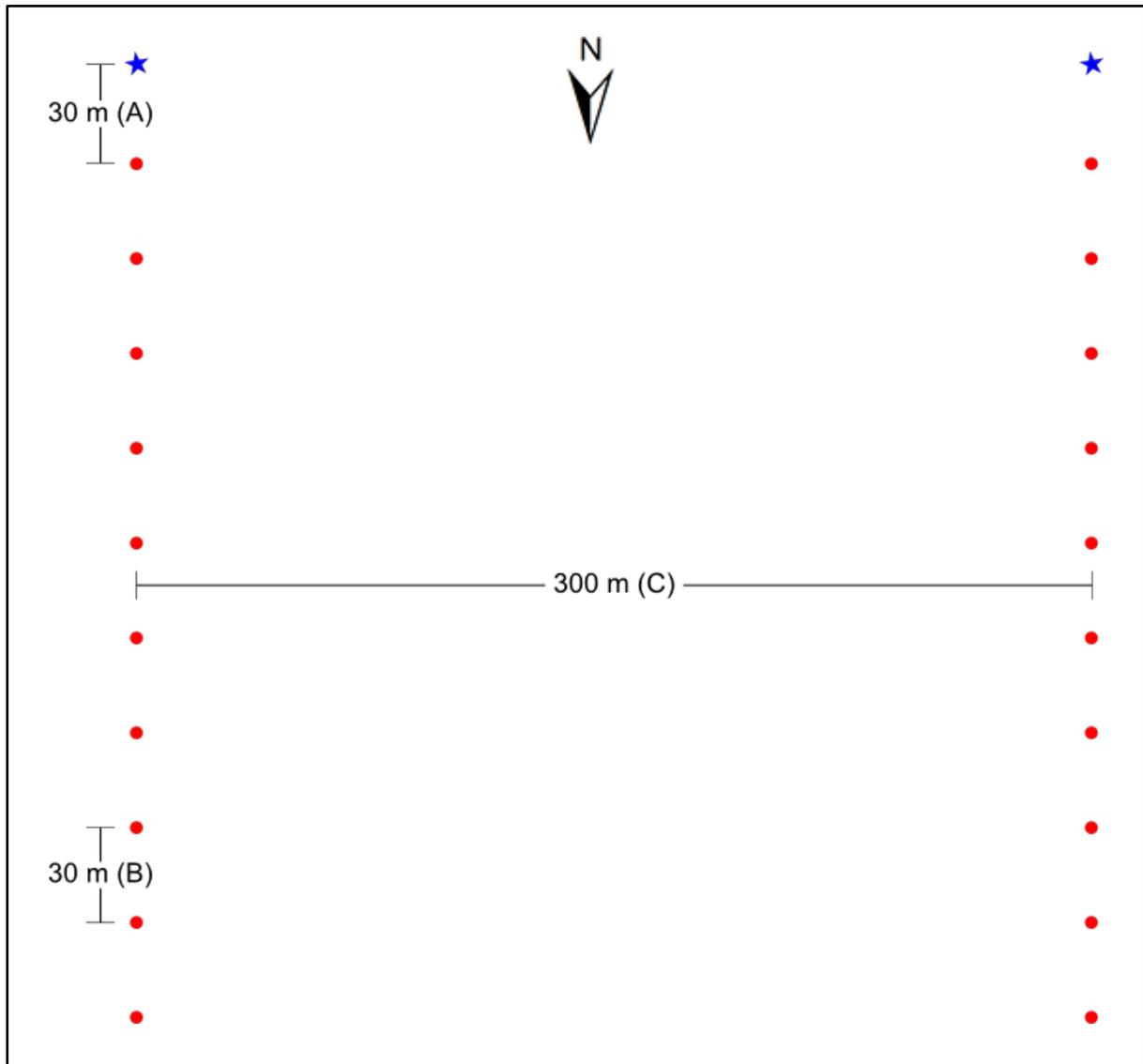
Superficie de las zonas del Bosque de Protección Pagaibamba.

| ZONAS | Código | Porcentaje respecto a la superficie total del ANP | Superficie (ha) |
|----------------------------|--------|---|-----------------|
| De Recuperación | ZR | 40,49 % | 841.54 |
| Silvestre | ZS | 24,38 % | 506.71 |
| De Aprovechamiento Directo | AD 1 | 22,21 % | 461.61 |
| | AD2 | 12,92 % | 268.53 |

Fuente: Plan Maestro del Bosque de Protección Pagaibamba 2017 – 2021 (Perú. MINAM. SERNANP, 2017). Adaptado por los autores.

Anexo N° 6

Esquema de la disposición espacial de las trampas por muestreo.



Leyenda

Trampas:

- ★ Trampa de interceptación de vuelo modificada.
- Trampa *pitfall* modificada.

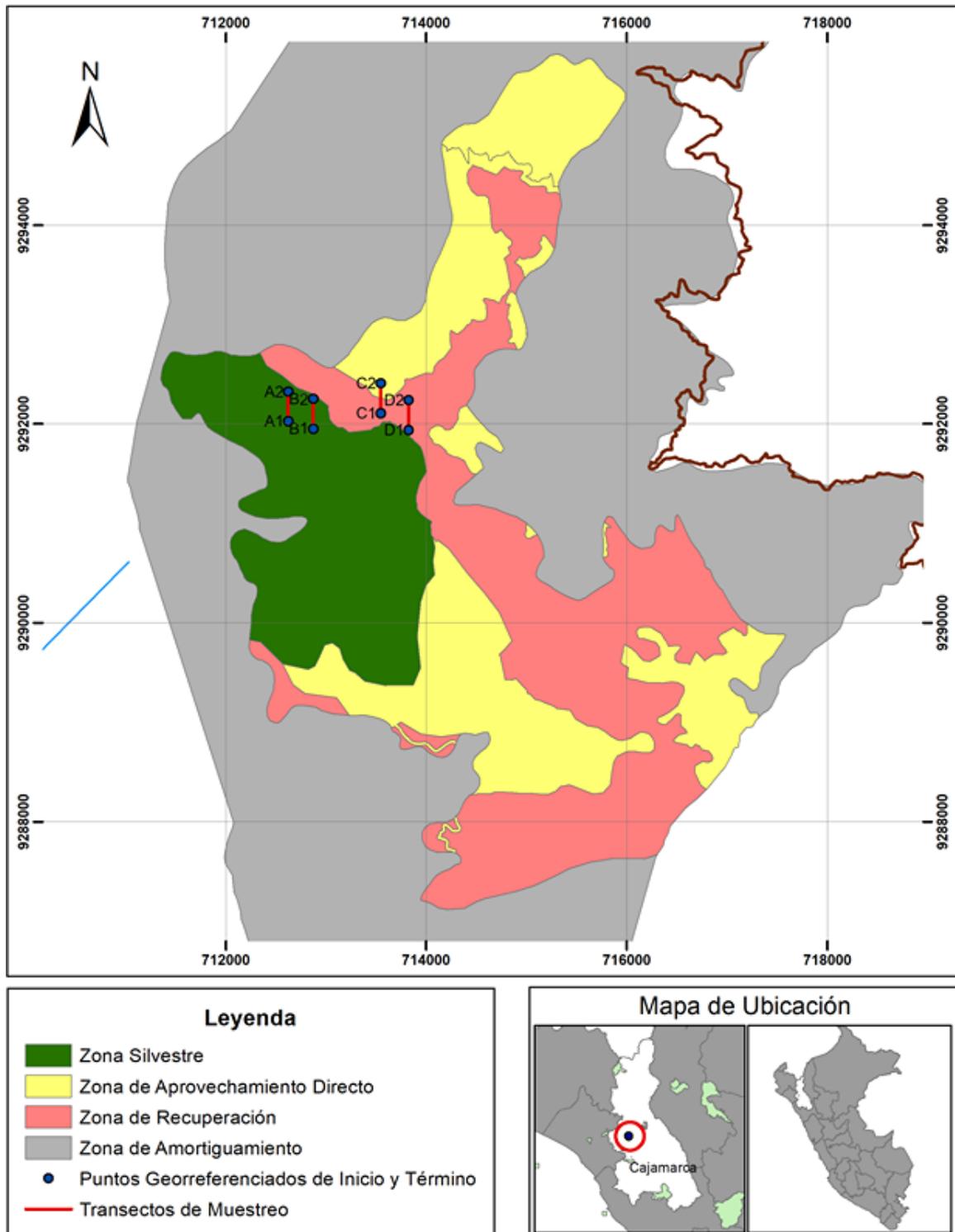
Distancias:

- A Entre una trampa de interceptación de vuelo modificada y una *pitfall* modificada.
- B Entre dos trampas *pitfall* modificadas.
- C Entre los dos transectos.

Esquema de elaboración propia.

Anexo N° 7

Transectos de muestreo en el Bosque de Protección Pagaibamba.



Mapa del Bosque de Protección Pagaibamba, con los puntos de inicio (1) y término (2) de cada transecto de muestreo: A y B pertenecen a Bosque Primario; C y D, a Bosque Secundario. Fuente: elaborado con ArcMap, Suite ArcGis versión 10.5