

Riqueza y abundancia de escarabajos peloteros en un área de conservación periurbana de Loja, Ecuador

Dung beetle richness and abundance in a peri-urban conservation area in Loja, Ecuador

Claudio Armijos-Armijos¹, Aura Paucar-Cabrera^{1,*} y Christian Mendoza-León¹

¹ Museo de Zoología LOUNAZ, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

* Autor para correspondencia: aurapaucar@gmail.com

Fecha de recepción del manuscrito: 21/01/2022

Fecha de aceptación del manuscrito: 15/06/2022

Fecha de publicación: 30/06/2022

Resumen—Los escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) son usados como bioindicadores por su sensibilidad y alto grado de fidelidad a condiciones ambientales específicas. En el presente estudio se determinó la riqueza y abundancia de los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae en cuatro coberturas vegetales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional (PUEAR) en Loja, Ecuador. En cada cobertura se colocaron tres transectos longitudinales de 200 m y 5 puntos de muestreo en cada transecto. Se realizaron tres periodos independientes de muestreos usando trampas pitfall cebadas con heces humanas (coprotrampas) y pollo en descomposición (necrotrampas) para la colecta de especímenes. Para la comunidad de Scarabaeinae se calcularon medidas e índices de riqueza, abundancia y se evaluaron las diferencias en la composición entre las coberturas vegetales. La riqueza de Scarabaeinae fue mayor en plantaciones forestales, mientras que en el páramo antrópico solo se encontró una especie. La subfamilia Scarabaeinae registró mayor abundancia en el bosque (216 individuos) y menor abundancia en el páramo antrópico (2 individuos). La composición y estructura de las comunidades de la subfamilia Scarabaeinae muestran diferencias en función de las coberturas vegetales. Los sitios que tienen una mayor similitud en la composición de las comunidades de acuerdo con la cobertura vegetal son el bosque natural y las plantaciones forestales; el páramo se diferencia notablemente de las otras coberturas vegetales evaluadas.

Palabras clave—Bioindicadores, Coberturas vegetales, Scarabaeinae.

Abstract—Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) are used as bioindicators because of their sensitivity and high degree of fidelity to specific environmental conditions. In this research, the richness and abundance of individuals of Scarabaeinae were studied in four vegetation types at Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional (PUEAR, its acronym in Spanish). Three 200-meter transects and 5 sampling points in each transect were placed. Three monthly sampling periods were conducted using pitfall traps, some baited with human feces and others with decomposed chicken. For the Scarabaeinae community, indexes of richness and abundance were calculated, and differences in composition between vegetation types were evaluated. Richness of Scarabaeinae was higher in forest plantations, while only one species was found in the anthropogenic paramo. The subfamily Scarabaeinae registered higher abundance in forest (216 individuals) and lower abundance in the anthropogenic paramo (2 individuals). The composition and structure of the communities of Scarabaeinae show differences in accordance to vegetation types. The similarity index shows there is an affinity between natural forest, forest plantations and scrub, however the paramo is notably different from the other vegetation types evaluated. Vegetation types with higher similarity in dung beetle community composition are natural forest and forest plantations; anthropic paramo is notably different from the other vegetation types.

Keywords—Bioindicators, Vegetation types, Scarabaeinae.

INTRODUCCIÓN

Los bosques andinos del sur del Ecuador se enfrentan a varias presiones antrópicas como el cambio de uso de suelo, la erosión hídrica, deslizamientos de tierra, incendios, producción ganadera y actividades agrícolas, que provocan una pérdida drástica de este tipo de ecosistemas (Bussmann,

2005). Los cambios en la composición de las comunidades vegetales han generado varios tipos de cobertura vegetal donde las especies responden de diferente manera a estas modificaciones y sus respuestas dependen de atributos como el nicho ecológico (Chase y Leibold, 2003), rasgos funcionales ((Violle *et al.*, 2007) y patrón de desplazamiento (Sulca y Huamantincio, 2016). Estos atributos pueden llegar a afectar

a la composición de la fauna a nivel de individuos, poblaciones o comunidades en todos los grupos taxonómicos (Harvey *et al.*, 2003).

Estas presiones antrópicas y los cambios en la composición de comunidades vegetales han originado una serie de impactos negativos a los insectos como disminución de su riqueza y abundancia (Nichols *et al.*, 2007), modificación de sus comportamientos (Gasca y Ospina, 2000) y limitantes fisiológicos provocados principalmente por el cambio climático que no permiten a los insectos acondicionarse a otras localidades y ampliar su distribución geográfica (De la Vega y Schilman, 2015). Debido a esta sensibilidad a la perturbación antrópica y a otras características tales como alta diversidad, importancia funcional, rápida respuesta a la variabilidad ambiental y facilidad de captura de algunos taxones de insectos, se los ha reconocido como importantes elementos bioindicadores de la calidad de los ecosistemas (Cancino-López *et al.*, 2014; De la Vega y Schilman, 2015; Ortega-Echeverría *et al.*, 2019; Palacio *et al.*, 2012; Villamarín-Cortez, 2010).

De este grupo de insectos bioindicadores, los coleópteros son los más utilizados para el monitoreo de áreas de conservación (Alburqueque *et al.*, 2015; Noriega *et al.*, 2015). Y dentro de los coleópteros, los escarabajos de la subfamilia Scarabaeinae, conocidos comúnmente como escarabajos peloteros, estercoleros o copronecrófagos, son ampliamente utilizados en el desarrollo de estudios de medición de impacto ambiental gracias a su taxonomía y biología conocida, su gran rango geográfico, su fácil recolección y la especificidad que presentan en algunos hábitats, lo que los convierte en candidatos sobresalientes para ser usados como indicadores ecológicos (Cancino-López *et al.*, 2014). El grado de sensibilidad de los escarabajos a su entorno revela datos de algún tipo de cambio ambiental lo que permite determinar las variaciones que se están dando en los ecosistemas (Carpio *et al.*, 2009). Los escarabeinos son capaces de responder al estado de conservación de las coberturas vegetales por medio del aumento o disminución de la riqueza y abundancia de especies (Alburqueque *et al.*, 2015; Cancino-López *et al.*, 2014; Delgado-Gómez *et al.*, 2012; Halfter y Arellano, 2002). Es decir, la riqueza y abundancia de escarabajos peloteros varía de acuerdo a la perturbación de los hábitats, aumentando o manteniendo sus comunidades de escarabeinos en zonas con mínima perturbación antrópica y disminuyendo cuando las áreas han perdido sus condiciones naturales por la actividad humana (Cancino-López *et al.*, 2014; De la Vega y Schilman, 2015; Sánchez Hernández *et al.*, 2018).

La riqueza y abundancia de las comunidades neotropicales de la subfamilia Scarabaeinae responden específicamente a tres factores: 1) presencia de cobertura vegetal que les proporciona protección y sitios de reproducción (Harvey *et al.*, 2003); 2) disponibilidad de recursos alimenticios con preferencias hacia la carroña (necrófagos), al excremento de mamíferos y otros vertebrados (coprófagos) y ambos alimentos (generalistas) (Cancino-López *et al.*, 2014); y 3) condiciones del suelo como la compactación y capacidad de drenaje que influyen sobre todo en las especies cavadoras que necesitan construir sus túneles (Gasca y Ospina, 2000) y aquellas cuyos estadios inmaduros se desarrollan en el suelo (Sulca y Huamantínco, 2016).

La información que se ha generado hasta el momento sobre escarabeinos en páramos, en bosques altoandinos, en

plantaciones agroforestales y en sistemas agrícolas específicos del Neotrópico es reducida (Noriega *et al.*, 2015). Existe poca información acerca de la distribución de las especies de escarabajos en la región sur del Ecuador (Onore, 2003), y hasta ahora no se ha encontrado bibliografía respecto a estudios realizados en la Provincia de Loja en los que relacionen a los escarabajos copronecrófagos con el tipo de cobertura vegetal. Como lo menciona França *et al.* (2017) esta información es necesaria para establecer cómo las perturbaciones en la cobertura vegetal afecta a los escarabeinos. Por ello, en la ciudad de Loja se ha realizado este estudio, en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreacional Ing. Francisco Vivar Castro (PUEAR), que es un remanente de bosque andino (Aguirre *et al.*, 2014) que se ha convertido en un área de conservación que alberga a especies importantes de aves, mamíferos, reptiles, flora y nano-cuencas nacies, sin embargo no ha escapado de las alteraciones por actividades antrópicas que han causado el cambio en su estructura y composición vegetal (Aguirre *et al.*, 2016). La presente investigación, pretende determinar la riqueza y abundancia de escarabajos coprófagos y necrófagos en un área de conservación periurbana de la ciudad de Loja sometida a la presión de las actividades antrópicas. Además, se genera nuevo conocimiento acerca de la riqueza, abundancia y roles ecológicos de los escarabeinos, sobre la teoría que explica su función ecológica en los ecosistemas (Amore *et al.*, 2018), y que su diversidad cambia entre los distintos tipos de vegetación (Beiroz *et al.*, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la parroquia San Sebastián, cantón Loja, provincia de Loja, en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación (PUEAR), ubicado al sur de la ciudad de Loja, específicamente a 5 km del centro de la ciudad. Este parque cuenta con una superficie aproximada de 99,13 ha, se encuentra en un rango altitudinal entre 2130 a 2520 m.s.n.m., en las siguientes coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223 N, 700 970 – 9 553 139 S – 701 309 – 9 553 171 E, 699 961 – 9 554 049 W. El PUEAR presenta una precipitación media anual de 955 mm/año, una temperatura media anual de 16,6 °C, una humedad relativa media de 71,96 %, una evaporación media de 111,33 mm, una velocidad del viento que va en un rango de 3,64 a 5,44 m/s, un clima templado lluvioso, mesotérmico, frío e isotermal y un bio-clima subhúmedo templado (Aguirre *et al.*, 2014).

El PUEAR presenta diferentes coberturas vegetales, y aquellas que comparten características similares fueron unificadas en cuatro coberturas vegetales correspondientes a: bosque nativo, plantaciones forestales, páramo antrópico y matorral con la peculiaridad de ser homogéneas y análogas, condición necesaria para el muestreo (modificado de Muñoz Chamba (2015)). En las coberturas vegetales del parque se establecieron puntos de muestreo ubicados con un buffer de 45 m, con el fin de eliminar el efecto de borde. En las áreas dentro del buffer se establecieron al azar tres transectos longitudinales de 200 m, en cada una de las coberturas vegetales. En los transectos se colocaron 5 puntos separados entre sí por 50 m, con un total de 15 puntos de muestreo por cobertura y 60 puntos de muestreo en toda el área de estudio (Fig.1). Todos los procedimientos cartográficos se los realizó en el software

QGIS versión 2.18 (QGIS Development Team, 2016).

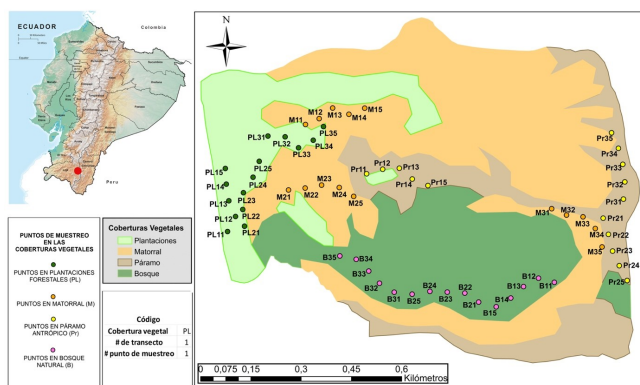


Fig. 1: Mapa de ubicación del PUEAR en la provincia y cantón Loja (punto rojo). Se indican las coberturas vegetales de la zona de estudio y los puntos de colecta en cada cobertura vegetal. Mapa de vegetación adaptado de Muñoz Chamba (2015).

De octubre a diciembre del 2019, en cada tipo de cobertura vegetal se realizaron tres muestreos independientes (uno por mes) mediante trampas de caída (pitfall), utilizando cebos de vísceras de pollo para coleccionar escarabajos necrófagos y cebos de excremento humano para coleccionar escarabajos coprófagos (Ferrer-Paris *et al.*, 2013; Figueroa y Alvarado, 2011). Las trampas estuvieron activas por 72 horas con revisiones y reemplazo de cebos cada 24 horas. Los especímenes colectados fueron depositados en fundas Ziploc individuales por trampas y cada una con sus respectivos datos de colecta y código de campo asignado según su número de trampa y transecto. Los especímenes fueron conservados en etanol al 70%, donde permanecieron hasta su montaje y etiquetado. En cada uno de los periodos de muestreo se midió la temperatura y humedad del ambiente a ras del suelo.

Los especímenes se identificaron usando la clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros presentes y presuntos para Ecuador (Chamorro *et al.*, 2018). Posteriormente los especímenes fueron depositados en la colección de invertebrados del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ). El muestreo se llevó a cabo bajo el permiso de investigación No.009-2019-IC-VS-UPN-DPAL-MAE otorgado por el Ministerio del Agua, Ambiente y Transición Ecológica.

Para estimar la eficiencia de muestreo se construyó una curva de acumulación de especies. Las especies se ordenaron de acuerdo con la ubicación de los puntos de muestreo y se emplearon los estimadores no paramétricos ACE y Chao2. La riqueza específica y la abundancia de escarabajos peloteros se obtuvo para las cuatro coberturas vegetales. Se realizaron las curvas de rango abundancia en cada cobertura vegetal, para evaluar los cambios en cuanto a la riqueza y equitatividad de especies colectadas en el PUEAR. Para la construcción de las curvas de acumulación de especies y rango-abundancia se ordenaron jerárquicamente a las especies presentes en cada unidad de muestreo de acuerdo a su abundancia empleando el paquete BiodiversityR (Kindt, 2019) en el software R versión 3.5.1. (R Core Team, 2019).

La diversidad beta de escarabajos peloteros se calculó con el índice de Bray-Curtis, un análisis de agrupamiento donde la similitud entre dos comunidades se mide a partir de la abundancia de las especies. La matriz de similitud del ín-

dice de Bray-Curtis, se utilizó para realizar un análisis de conglomerados. Además, para analizar el grado de similitud de escarabajos peloteros en las coberturas vegetales se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS, por sus siglas en inglés), utilizando como distancia el índice de Bray-Curtis, para condensar la información en una representación gráfica de ordenación 2D. En esta ordenación, cuanto más cercanos son los puntos, más similar es la composición de las comunidades.

Para evaluar las diferencias en la composición de las comunidades entre las coberturas vegetales (plantaciones forestales, matorral, páramo antrópico y bosque natural) del PUEAR, se realizó un análisis de similitud (ANOSIM), prueba no paramétrica que determina la significación estadística de los grupos obtenidos mediante el análisis de conglomerados. El análisis se lo desarrolló usando una matriz de datos de abundancia, con una permutación de 999, utilizando como distancia el índice de disimilitud de Bray-Curtis, el cual permitió obtener el valor estadístico R, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. El rango limitado por el estadístico “R” de 0 a 1, indica que mientras más cercano sea el valor a 1 mayor diferencia habrá entre los grupos formados y valores más cercanos a 0 mayor semejanza presentarán entre los grupos formados. Para el desarrollo del ANOSIM se utilizó el paquete Vegan (Oksanen *et al.*, 2019) del software R versión 3.5.1. (R Core Team, 2019).

RESULTADOS

Se registraron 390 individuos de la subfamilia Scarabaeinae, clasificados en 6 géneros (*Cryptocanthon*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Onoreidium*, *Onthophagus* y *Uroxys*) y 9 especies. La especie que presentó mayor cantidad de individuos fue *Uroxys frankenbergeri* Balthasar, 1940 (261 individuos), seguida por *Uroxys lojanus* Arrow, 1933 (46 individuos), *Cryptocanthon paradoxus* Balthasar, 1942 (39 individuos), *Deltochilum tessellatum* Bates, 1870 (20 individuos), *Uroxys rugatus* Boucomont, 1928 (12 individuos), *Onthophagus curvicornis* Latreille, 1812 (7 individuos) y *Onoreidium cristatum* Arrow, 1931 (3 individuos), mientras que *Dichotomius cotopaxi* (Guérin-Méneville, 1855) y *Uroxys* sp.2 tuvieron un individuo cada uno. Durante la identificación de las especies de la subfamilia Scarabaeinae se identificaron tres especies cuyo registro en la ciudad de Loja data de hace varias décadas atrás como *Cryptocanthon paradoxus*, que fue registrado en el Villonaco y luego fue descrito en el año 1942; *Uroxys lojanus* registrado en el Pucará y más tarde descrito en el año 1933; y un único espécimen hembra de *Uroxys frankenbergeri* registrado en Cajanuma y luego descrito en el año 1940. Esta última especie está siendo re-descrita, parte del material usado en ese trabajo taxonómico proviene del presente estudio.

Para las especies de Scarabaeinae del PUEAR, la curva de acumulación basada en el estimador ACE mostró una riqueza total esperada de 11 especies, mientras que la curva de acumulación de especies basada en Chao2 indicó una riqueza esperada de 10 especies. Los resultados indican eficiencia de muestreo del 82% considerando el estimador ACE, y 90% considerando a Chao2 del total estimado para la localidad, con la colecta de 9 especies (Fig. 2).

La riqueza de especies más alta entre las cuatro coberturas

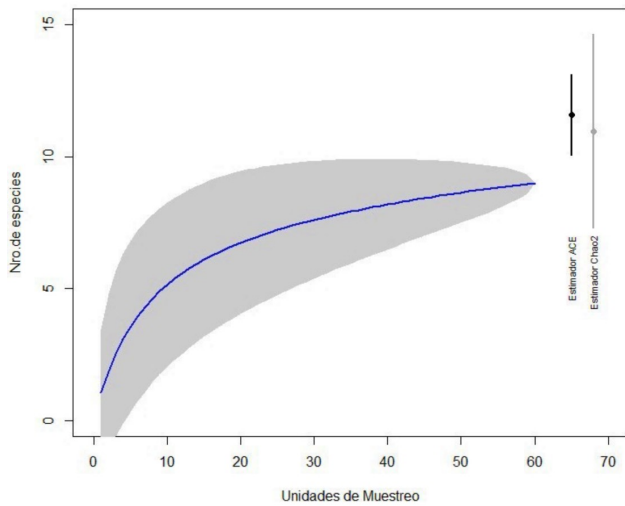


Fig. 2: Curva de acumulación de especies para los escarabeinos del PUEAR. Se indican los estimadores de riqueza no paramétricos ACE y Chao2 con su desviación estándar.

vegetales de estudio se presentó en las plantaciones forestales con 6 especies y la menor riqueza de especies corresponde al páramo antrópico donde se registró una sola especie. En toda el área de estudio, el género con mayor número de especies fue *Uroxys* que presentó cuatro especies, mientras que los otros cinco géneros (*Cryptocanthon*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Onoreidium* y *Onthophagus*) presentaron una sola especie cada uno.

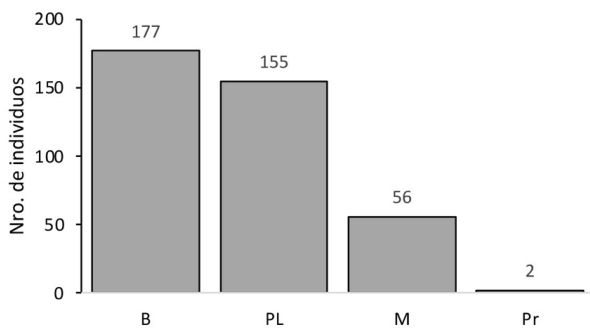


Fig. 3: Número de individuos en cada cobertura vegetal: B (bosque), PL (plantaciones forestales), M (matorral) y Pr (páramo antrópico).

La cobertura vegetal con mayor abundancia fue el bosque nativo con 177 individuos registrados (Fig. 3). En cuanto a la abundancia por géneros en toda el área de estudio, se observó que el mayor número de individuos pertenecen a *Uroxys* con un total de 320 especímenes, en comparación a *Dichotomius* con un solo espécimen registrado en el estudio. Las especies con mayor número de individuos dentro del PUEAR fueron *Uroxys frankenbergeri* (261 individuos), *Uroxys lojanus* (46 individuos) y *Cryptocanthon paradoxus* (39 individuos).

Las curvas de rango-abundancia mostraron que no hay diferencias entre las especies dominantes registradas en bosque, matorral y plantaciones forestales; donde *Uroxys frankenbergeri* presentó una proporción de 71,8%, 75% y 59,4% en bosque, matorral y plantaciones forestales, respectivamente (Fig. 4a). Estas tres coberturas muestran una pendiente fuertemente acentuada lo que significa una baja equitatividad

de las especies. Por otro lado, en la cobertura vegetal del bosque, la especie con menor proporción fue *Deltochilum tessellatum* (0,6%). La cobertura matorral presentó una menor proporción de especies *Onthophagus curvicornis* y *Dichotomius cotopaxi* con el 1,8% en ambas especies (Fig. 4b). En la cobertura de plantaciones forestales la especie de menor proporción fue *Uroxys sp.2* (0,6%) (Fig. 4c). Finalmente, en la cobertura vegetal del páramo antrópico se encontró una sola especie (*Deltochilum tessellatum*) (Fig. 4d).

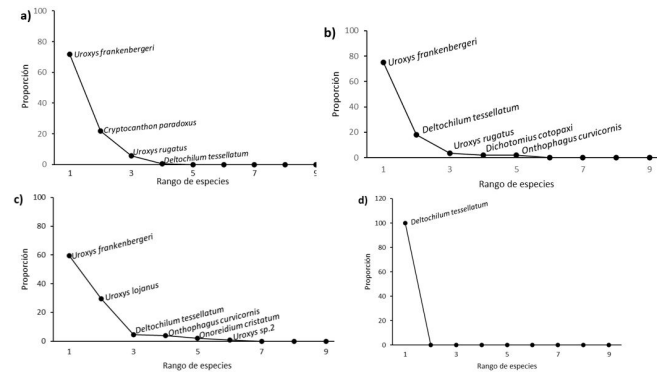


Fig. 4: Curva de rango abundancia de las coberturas vegetales: a) Bosque, b) Matorral, c) Plantaciones Forestales y d) Páramo Antrópico. El eje X corresponde al rango de especies y el eje Y representa las proporciones de cada una de las especies presentes en la cobertura vegetal.

El análisis de clúster mediante la matriz de Bray-Curtis mostró dos subgrupos. El primer subgrupo indica una similitud de la abundancia de escarabajos copronecrófagos del 40 y 60% entre las plantaciones forestales, bosque natural y matorral, mientras que el páramo antrópico difiere en la abundancia de escarabajos copronecrófagos en relación con las otras coberturas vegetales de análisis (Fig. 5).

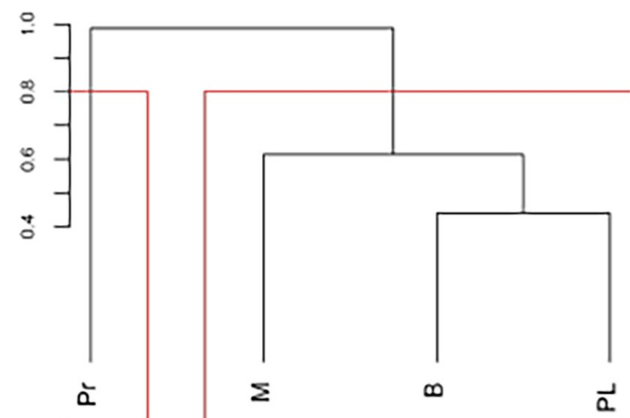


Fig. 5: Dendrograma del análisis de similitud de Bray-Curtis, muestra las similitudes de abundancia total de escarabajos copronecrófagos entre las coberturas vegetales del PUEAR: Pr (páramo antrópico), M (matorral), B (bosque) y PL (plantaciones forestales).

El ordenamiento resultante del NMDS indicó que las comunidades de escarabajos copronecrófagos de las coberturas del bosque natural y plantaciones forestales muestran una superposición de comunidades, siendo las dos coberturas las que más semejanza en composición y estructura comunitaria presentan. También, el matorral tiende a asemejarse a las

dos coberturas vegetales antes mencionadas, se observa una semejanza entre la composición de escarabajos copronecrófagos en estas tres coberturas vegetales de acuerdo con el eje NMDS2 (Fig. 6). Por otro lado, la cobertura del páramo antrópico mostró menor similitud en la composición de escarabajos copronecrófagos con las otras coberturas vegetales del análisis, puesto que fue la que más lejos se encontró en relación con las otras coberturas vegetales de acuerdo con el NMDS1 (Fig. 6).

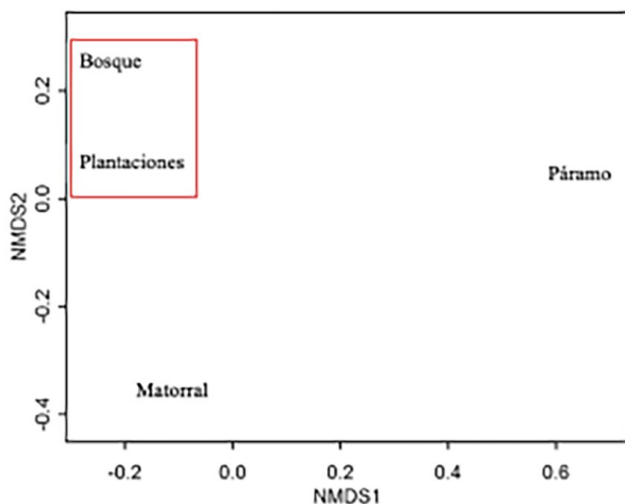


Fig. 6: Representación 2D del escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), con el uso del índice de Bray-Curtis para comparar la composición comunitaria de escarabajos copronecrófagos entre las coberturas vegetales del PUEAR: Bosque, Plantaciones forestales, Matorral y Páramo antrópico.

En contraste, el análisis de similitud (ANOSIM) mostró que hay diferencias significativas ($p=0.05$), lo que indica que sí existe diferencia en la composición de las comunidades de Scarabaeinae entre el bosque, matorral, plantación forestal y páramo antrópico del PUEAR. Las comunidades de Scarabaeinae en las coberturas vegetales del PUEAR son consideradas totalmente diferentes entre sí ($R=0.23$).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que la riqueza y abundancia de escarabeinos es particular para cada una de las coberturas vegetales analizadas, las cuales presentan cambios en su estructura y características ambientales lo que influye en la presencia o ausencia de las especies. Otros estudios también han determinado que cada hábitat tiene una comunidad particular de escarabajos peloteros, donde la estructura y composición del hábitat, especialmente el tipo de vegetación, son las variables que influyen en el recambio de especies entre hábitats (Cancino-López *et al.*, 2014), por lo que es posible encontrar diferencias en la riqueza y abundancia de escarabeinos en cada fragmento de un área antropogénica que cuenta con condiciones particulares (Delgado-Gómez *et al.*, 2012). Halffter y Arellano (2002) añaden que la disponibilidad del alimento no es el factor más relevante en la riqueza y abundancia de escarabeinos, sino el grado de transformación del hábitat original.

En el PUEAR, las coberturas vegetales se diferencian tanto en el tipo de vegetación como en la altura del dosel: el bosque tiene una dominancia de nogal, aliso, arbustos, hierbas y epí-

fitas; las plantaciones forestales presentan en su área un gran porcentaje de eucalipto, pino, pastizales y especies frutales; en el matorral se encuentran estratos arbustivos y herbáceos; mientras que el páramo cuenta con una formación herbácea perenne (Aguirre *et al.*, 2014). Se ha reportado que los escarabajos peloteros tienen preferencia por zonas con una cobertura vegetal alta, ya que su alimento se mantiene fresco por más tiempo (Villamarín-Cortez, 2010), generalmente los escarabeinos se trasladan de zonas abiertas con grandes perturbaciones y condiciones extremas a bosques con un gran dosel y riqueza (Delgado-Gómez *et al.*, 2012).

En concordancia, las plantaciones forestales y el bosque natural son los tipos de vegetación que presentaron mayor riqueza y abundancia, respectivamente; además, el bosque natural, plantaciones forestales y matorral presentan cierta homogeneidad, esta similitud permite el flujo de especies entre los hábitats y una composición comparable de escarabeinos (Fig. 5), mientras que el páramo antrópico, donde se registraron sólo dos individuos de *Deltochilum tessellatum*, fue la cobertura vegetal con menor riqueza y abundancia de especies, posiblemente por las condiciones de terreno con suelos compactados y pobres en materia orgánica, esta es una zona fuertemente intervenida y afectada por incendios a lo largo de los años (Sarango-Cobos *et al.*, 2019), probablemente no brinda los recursos necesarios para los escarabeinos, al menos durante los meses de colecta. Se ha reportado que las coberturas vegetales con estructura boscosa más compleja presentan una diversa comunidad de escarabeinos (Harvey *et al.*, 2003), y otro factor que influye en la riqueza y abundancia de escarabajos copronecrófagos es el estado de conservación de las áreas estudiadas, aquellas que se encuentran en buenas condiciones permiten el desarrollo y la movilización de los individuos, a diferencia de las que ya han sido degradadas en gran porcentaje (Palacio *et al.*, 2012).

En el PUEAR, la riqueza de especies registrada, fue mayor en las plantaciones forestales que representan un ecosistema más simplificado que el bosque natural, pero donde existe alta disponibilidad de recurso alimenticio, tanto de mamíferos silvestres que visitan estas áreas como de aquel proveniente del ganado vacuno que se encuentra pastando dentro de la zona y deposita excremento del que pueden alimentarse los escarabeinos y desarrollar sus funciones biológicas, especialmente los generalistas. En contraste, se encontró una mayor abundancia de individuos de Scarabaeinae en bosque natural donde posiblemente se encuentra mayor diversidad y abundancia de mamíferos silvestres que aportan recurso alimenticio para las comunidades de escarabajos copronecrófagos que son sensibles a la abundancia del recurso alimenticio, el tipo de excremento y los cambios en la disponibilidad de estos (Rangel-Acosta *et al.*, 2012). En el bosque natural, los escarabajos copronecrófagos logran colonizar el excremento de mamíferos y posiblemente de aves y de reptiles, pero también aprovechan otros recursos como materia vegetal en descomposición, hongos, frutas y carroña (Bustos y Lopera Toro, 2003; Ibarra-Polesel *et al.*, 2015; Sánchez Hernández *et al.*, 2018), lo que indicaría una mayor cantidad y variedad de recurso que podría significar una mejor dinámica en el bosque, donde los escarabeinos contribuyen con el ciclaje de nutrientes y la dispersión secundaria de las semillas incrementando la regeneración de los bosques (Rangel-Acosta *et al.*, 2012). Para el PUEAR, la presencia de escarabajos supo-

ne un servicio de apoyo en la restauración del bosque natural que se encuentra rodeado por otros tipos de vegetación en restauración como el matorral y el páramo antrópico. Adicionalmente, otras condiciones en el bosque como el suelo rico en materia orgánica, la acción de los descomponedores y los organismos edáficos que proveen aireación y porosidad al suelo, podrían estar influyendo en la riqueza y abundancia de los escarabeinos, una buena calidad del suelo es necesaria para la construcción de galerías, con buen drenaje y acumulación de materia orgánica de la cual también dependen para sus procesos metabólicos, aumentando así el número de crías y adultos en el sitio (Rangel-Acosta *et al.*, 2012).

Entre los géneros registrados, *Uroxys* presentó mayor riqueza y abundancia dentro del área de estudio. En otras regiones neotropicales también se ha registrado esta tendencia, en la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote en Chiapas, México se observó que las especies del género *Uroxys* se mantuvieron persistentes y dominantes en todos sus hábitats (Sánchez Hernández *et al.*, 2018). En Sudamérica, se ha reportado que las especies de este género incluso han logrado acondicionarse a las regiones alto andinas del Ecuador, y llegan a adentrarse en zonas de páramo, donde alcanzan una gran especiación en toda la cordillera de los Andes (Escobar, 2000; Espinoza y Noriega, 2018). Dentro del género, *U. frankenbergeri* presenta dominancia en matorral, bosque natural y plantaciones forestales, posiblemente producto de la adaptación de la especie a gran variedad de fuentes nutricionales o por su competitividad frente a otras especies de escarabeinos (Correa *et al.*, 2019).

Es posible que, en épocas del año con diferente precipitación, humedad y temperatura, inflencie sobre la abundancia y emergencia de adultos que puedan ser capturados, por lo tanto, es necesario realizar más muestreos en otros meses del año, especialmente en la zona de páramo para verificar si solo hay presencia de una especie de escarabeino en este tipo de vegetación. Pese a que no hay estudios de fluctuaciones de poblaciones de escarabeinos a lo largo del año en esta región del país, esta presunción la apoya el estudio de Uchoa y Rodrigues (2019) quienes hicieron un seguimiento a poblaciones de escarabeinos en tres ambientes del medio oeste de Brasil, donde tomaron en cuenta las estaciones de ocurrencia de especies predominantes, tomando en cuenta el número de individuos por especie, mensualmente, a lo largo de dos años de estudio (Noviembre 2005 a Noviembre 2007) en áreas naturales y agrícolas. Los autores encontraron mayor abundancia de escarabajos copronecrófagos en los meses de octubre a diciembre tanto en pastizal como en bosque nativo. Esto evidencia la necesidad de más muestreos en el PUEAR para identificar los picos de abundancia y las fluctuaciones poblacionales de estos escarabajos.

Este trabajo nos brinda un panorama general de un momento en la historia del PUEAR que es un área de conservación importante para la ciudad de Loja por su ubicación y los servicios ecosistémicos que provee tales como servicios de provisión (plantas medicinales y ornamentales como la Achupalla [*Puya spp.*]); de regulación (ciclos hídricos y regulación de las quebradas León Huayco y Los Nogales); de prevención de erosión y conservación de la fertilidad del suelo y secuestro de carbono con la presencia de bosque mixto de especies maderables y matorral); de apoyo (como polinización y dispersión de semillas brindado por las especies que alber-

ga como 100 especies de aves, 10 especies de mamíferos y 4 de reptiles, incluyendo a la especie en peligro de extinción *Bothrocophias lojana* Parker, entre otras), y culturales para investigación y turismo (Aguirre *et al.*, 2014); a las especies que brindan servicios ecosistémicos se suman los escarabajos peloterios. Todas las especies vegetales y faunísticas deberían disponer de condiciones apropiadas para el mantenimiento de sus poblaciones. Dentro del PUEAR, los datos demuestran que la riqueza y abundancia de escarabajos peloterios es altamente sensible a los cambios ambientales y de vegetación, las áreas de conservación como el bosque natural son claves para mantener la comunidad de escarabajos copronecrófagos. Se observó que existe una relación de la riqueza y abundancia entre bosque natural, plantaciones forestales y matorral, donde posiblemente las poblaciones de escarabeinos pueden cruzar de un tipo de vegetación a otro, pero sus comunidades no tienen las mismas proporciones en cuanto a riqueza y abundancia, y se debe interpretar como un deterioro de las condiciones óptimas que debería tener el PUEAR. Más aún, si existieran estudios similares en remanentes boscosos conservados más amplios como la Reserva Madrigal del Podocarpus o el Parque Nacional Podocarpus con los que se pudieran comparar a las comunidades de escarabajos peloterios del PUEAR, posiblemente se pudiera percibir que el pequeño fragmento de bosque natural del PUEAR ha perdido especies de peloterios y con ellas sus servicios ecosistémicos, las redes de interacción naturales que estas tienen con los vertebrados silvestres, y las condiciones ambientales óptimas de fragmentos naturales más amplios y conectados. Estudios a largo plazo de las poblaciones de peloterios pueden ayudar a monitorear el grado de restauración de las áreas de interés, y esos datos pueden convertirse en una guía clara para mejorar las medidas de conservación en el PUEAR mediante planes de manejo ambiental adaptativo con datos sólidos brindados por la dinámica de las poblaciones de escarabeinos.

CONCLUSIONES

El presente estudio evidencia que en el sur del Ecuador existen factores, como el tipo de vegetación, que influyen sobre la riqueza y abundancia de las poblaciones de escarabajos peloterios; así como también influye la capacidad de las especies para adaptarse y competir, aquellas generalistas tienen mayor posibilidad de supervivencia en ecosistemas alterados.

Los datos obtenidos en esta investigación permitieron generar nueva información sobre las especies de la subfamilia Scarabaeinae en la zona de estudio, incluyendo el registro de aquellas especies que no habían sido reportadas por décadas. Según las curvas de acumulación obtenidas, aún quedan especies por registrar, por lo que es importante continuar con las investigaciones de escarabajos peloterios en el sur del Ecuador, especialmente bajo un escenario de cambio global. Esta investigación aporta información en zonas establecidas como áreas de conservación de especies que se encuentran en riesgo de que sus poblaciones decrezcan y que no cuentan con datos suficientes para poder determinar la situación actual y proyecciones expectantes de los valores de riqueza y abundancia que tendrían en el futuro los escarabajos copronecrófagos de la subfamilia Scarabaeinae y suma a los pocos estudios en páramos, en bosques altoandinos, en plantaciones agroforestales y en sistemas agrícolas específicos del Neotró-

pico.

AGRADECIMIENTOS

Extendemos nuestra gratitud al Dr. Fernando Vaz de Mello (Universidad Federal de Mato Grosso, Brasil) por la ayuda brindada en la delimitación del diseño del muestreo; al M.Sc. William Chamorro (investigador asociado a la Universidad Nacional de Loja) por su colaboración en la verificación de las identificaciones a nivel de especie; y al Dr. Brett Ratcliffe (University of Nebraska, Estados Unidos) por compartir el mapa del Ecuador. Agradecemos a la Dra. Helena España por su apoyo y sus valiosos comentarios.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: APC y CML; metodología: APC y CML; análisis formal: CAA y CML; investigación: CAA; recursos: CAA; curación de datos: CAA, APC; redacción — preparación del borrador original: CAA y APC; redacción — revisión y edición: CAA, APC y CML; visualización: CML; supervisión: APC y CML; administración de proyecto: CAA; adquisición de financiamiento para la investigación: CAA. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Claudio Armijos Armijos: CAA. Aura Paucar-Cabrera: APC. Christian Medoza-León: CML.

FINANCIAMIENTO

Este estudio fue financiado por CAA y apoyado con las instalaciones y material entomológico del Museo de Zoolo- gía LOUNAZ-UNL.

REFERENCIAS

- Aguirre, Z., Celso, M., y Puglla, Y. (2014). *Parque Universitario De Educacion Ambiental y Recreacion Francisco Vivar Castro*. Loja.
- Aguirre, Z., Gaona, T., y Yaguna, C. (2016). *Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador*. Loja.
- Alburqueque, D. S., Vaz de Mello, F., Cherre, A., y Timaná, C. (2015). Coleópteros (Coleoptera:Scarabaeidae) de los Bosque de Niebla, Ramos y Chin Chin, Ayabaca-Huancabamba, Piura-Perú. *INDES*, 3(1), 108–116. doi: 10.25127/indes.201501.009
- Amore, V., Da Silva, P. G., Hensen, M. C., Hernández, M. I., y Lobo, J. M. (2018). Variation in dung removal by dung beetles in subtropical Atlantic Rainforests. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 16(10), 854–862. doi: 10.1111/eea.12724
- Arrow, G. (1931). The coleopterous genus *Trichillum* (Copridae), with a key to the species. *The Annals and Magazine of Natural History*, 10(8), 609–611. doi: https://doi.org/10.1080/00222933108673452
- Arrow, G. (1933). The genus *Uroxys*, with description of some new species. *The Annals and Magazine of Natural History*, 11(10), 385–399. doi: https://doi.org/10.1080/00222933308673669
- Balthasar, V. (1940). Neue *Uroxys*-arten. *Entomologische Blätter*, 36, 33–39.
- Balthasar, V. (1942). Noví Jihoameričti Scarabaeidi neue Scarabaeiden aus Süd-Amerika. *Casopis. Č. Spol, En-*

tomologické, 39, 36–42.

- Beiroz, W., Barlow, J., Slade, E. M., Borges, C., Louzada, J., y Sayer, E. J. (2019). Biodiversity in tropical plantations is influenced by surrounding native vegetation but not yield: A case study with dung beetles in Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 444, 107–114. doi: 10.1016/j.foreco.2019.04.036
- Boucomont, A. (1928). Coprophages d’Amerique du Sud nouveaux ou peu connus. *Societe entomologique de France*, 12, 186–194.
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203–216.
- Bustos, F. L., y Lopera Toro, A. (2003). Preferencia por cebo de los escarabajos coprofagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de un remanente de bosque seco tropical al norte del Tolima (Colombia). *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3, 59–65.
- Cancino-López, R., Chamé-Vazquez, E., y Gómez y Gómez, B. (2014). Escarabajos Necrófilos (Coleoptera : Scarabaeinae) en Tres Hábitats del Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Dugesiana*, 21(2), 135–142.
- Carpio, C., Donoso, D. A., Ramón, G., y Dangles, O. (2009). Short Term Response of Dung Beetle Communities to Disturbance by Road Construction in the Ecuadorian Amazon. *Annales de la Societe Entomologique de France*, 45(4), 455–469. doi: 10.1080/00379271.2009.10697629
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., y Vaz-De-Mello, F. Z. (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. doi: 10.25100/socolen.v44i1.6545
- Chase, J. M., y Leibold, M. A. (2003). *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*. (ilustrada ed.; U. o. C. Press, Ed.). Chicago.
- Correa, C. M., Braga, R. F., Puker, A., y Korasaki, V. (2019). Patterns of Taxonomic and Functional diversity of dung beetles in a human-modified variegated landscape in Brazilian Cerrado. *Journal of Insect Conservation*, 23(1), 89–99. doi: 10.1007/s10841-018-00118-6
- De la Vega, G., y Schilman, P. E. (2015). La importancia de la fisiología en la distribución geográfica de los insectos. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74(3-4), 101–108.
- Delgado-Gómez, P., Lopera Toro, A., y Rangel-Ch, O. (2012). Variación Espacial del Ensamblaje de Escarabajos Coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Remanentes de Bosque Seco en Chimichagua (Cesar, Colombia). *Colombia diversidad biótica XII: La Región Caribe de Colombia*, 833–849.
- Escobar, F. (2000). Diversidad y Distribución de los Escarabajos del Estiércol (Coleoptera : Scarabaeidae : Scarabaeinae) de Colombia. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1, 197–210.
- Espinoza, V. R., y Noriega, J. A. (2018). Diversity of the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in an altitudinal gradient in the east slope of los Andes, Napo province, Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 4(1), 144–150. doi: 10.1080/23766808.2018.1512199
- Ferrer-Paris, J., Sánchez-Mercado, y Rodríguez, J. (2013). Optimización del Muestreo de Invertebrados Tropicales: Un Ejemplo con Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Venezuela. *Revista de Biolo-*

- gia Tropical*, 61(1), 89–110. doi: 10.15517/rbt.v61i1.10941
- Figuerola, L., y Alvarado, M. (2011). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 209–212. doi: 10.15381/rpb.v18i2.230
- França, F. M., Frazão, F. S., Korasaki, V., Louzada, J., y Barlow, J. (2017). Identifying Thresholds of Logging Intensity on Dung Beetle Communities to Improve the Sustainable Management of Amazonian Tropical Forests. *Biological Conservation*, 216, 115–122. doi: 10.1016/j.biocon.2017.10.014
- Gasca, H. J., y Ospina, M. F. (2000). Estudio preliminar de la composición de la comunidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera Scarabaeidae) de un bosque altoandino en Albán (Cundinamarca, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 5(2), 19–22.
- Guérin-Ménéville, F.-É. (1855). Catalogue des Insectes Coléoptères, recueillis par M. Gaetano Osculati, pendant son exploration de la région équatoriale, sur les bords du Napo et de l'Amazonie. *Zoologisch-Botanischen Vereins*.
- Halffter, G., y Arellano, L. (2002). Response of Dung Beetle Diversity to Human-induced Changes in a Tropical Landscape. *Biotropica*, 34(1), 144–154. doi: https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00250.x
- Harvey, C. A., Hernández, B., Maes, J.-m., Harvey, C. A., Vílchez, S., Medina, A., y Sánchez, D. (2003). Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforesteria en las Américas*, 10(39-40), 93–102.
- Ibarra-Polesel, M. G., Damborsky, M. P., y Porcel, E. (2015). Escarabajos Copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 744–753. doi: 10.1016/j.rmb.2015.05.011
- Kindt, R. (2019). *Package 'BiodiversityR'*.
- Muñoz Chamba, L. F. (2015). *Ordenamiento Territorial del Parque Universitario PUEAR mediante SIG, Loja-Ecuador* (Tesis Doctoral no publicada).
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., y Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137(1), 1–19. doi: 10.1016/j.biocon.2007.01.023
- Noriega, J. A., Camero, E. R., Arias-Buriticá, J., Pardo-Locarno, L. C., Montes, J. M., Acevedo, A. A., ... Solís, C. (2015). Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 97–126. doi: 10.15517/rbt.v63i1.13323
- Oksanen, J., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., ... Wagner, H. (2019). *Package 'vegan'*.
- Onore, G. (2003). Historia de la Escarabaeidología en el Ecuador. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 3(30), 9–14.
- Ortega-Echeverría, C., Navas S., G. R., y Noriega, J. A. (2019). Seasonality of the assemblage of dung beetles (coleoptera: Scarabaeinae) of the botanical garden of cartagena “Guillermo Piñeres” Bolívar-Colombia. *Caldasia*, 41(1), 124–138. doi: 10.15446/caldasia.v41n1.72107
- Palacio, J., Monroy-G, J. D., Valencia, E., y Noriega, J. (2012). Estructura de un Ensamblaje de Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en Tres Sitios con Diferente uso del Suelo en Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 34(96), 43–54.
- QGIS Development Team. (2016). *QGIS*. Gran Canaria.
- R Core Team. (2019). *R: a language and environment for statistical computing and graphics*. Vienna.
- Rangel-Acosta, J. L., Blanco-Rodríguez, O., Gutiérrez-Rapalino, B., y Martínez-Hernández, N. J. (2012). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) asociados a excrementos de mamíferos en la Reserva Natural Luriza (RNL), Departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 50, 409–419.
- Sánchez Hernández, G., Gómez, B., Delgado, L., Rodríguez-López, M. E., y Chamé-Vázquez, E. R. (2018). Diversidad de Escarabajos Copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Caldasia*, 40(1), 144–160. doi: 10.15446/caldasia.v40n1.68602
- Sarango-Cobos, J., Muñoz, J., Muñoz, L., y Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101–114.
- Sulca, L., y Huamantincó, A. A. (2016). Variación estacional de la comunidad de escarabajos Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) de un bosque inundable Amazonico de Perú. *Ecología Aplicada*, 15(1), 47–55.
- Villamarín-Cortez, S. (2010). Escarabajos Estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) de El Goaltal, provincia de Carchi, Ecuador: lista anotada de especies y ecología. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 98–103. doi: 10.18272/aci.v2i3.52
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., y Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882–892. doi: 10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x