

Article

Macroinvertebrados epigeos bioindicadores de la restauración del suelo en un Bosque Nublado Andino

Epigeal macroinvertebrates as bioindicators of soil restoration in an Andean Cloud Forest

Ingrit Correa^{1*}, Ana Quevedo², Mauricio Jerez-Rico³, Guillermo Bianchi¹, Cristian Gutiérrez⁴, Leidy Ortiz⁴

¹Laboratorio de Ecología de Insectos, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Núcleo "Pedro Rincón Gutiérrez", La Hechicera, Mérida 5101, Venezuela. ²Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela Técnica Superior Forestal (ETSUFOR), Universidad de Los Andes; Mérida 5101, Venezuela. ³Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado (CEFAP), Universidad de Los Andes Mérida 5101, Venezuela. ⁴Investigador independiente; egresado de Universidad de Los Andes, Escuela Técnica Superior Forestal. 5101, Venezuela.
E-mails: coralbi@ula.ve*, anaq@ula.ve, jerez@ula.ve, gbianchi@gmail.com, cristian.jesus.cg94@gmail.com, mariortiz.19592@gmail.com

Resumen

Con el fin de proponer una herramienta útil y sencilla para evaluar el suelo en una restauración ecológica, realizamos un muestreo de la fauna de macroinvertebrados epigeos en un Bosque Nublado Andino. Se seleccionaron parcelas con diferentes estados de sucesión ecológica, desde Potrero activo hasta Bosque nublado primario. Se recolectó la fauna mediante trampas de caída tipo *pitfall*. Un Análisis de Correspondencia (CO), mostró los grupos faunísticos asociados a condiciones de bosque con mayor cobertura vegetal y de biomasa de hojarasca; y otros grupos asociados a potreros con cobertura verde de pastizal y sin biomasa de hojarasca. El análisis de Especies Indicadoras (ISA), discriminó los taxones con potencial bioindicador. Para etapas avanzadas de la restauración, resultaron Scarabaeinae, Carabidae y Gryllidae; para etapas intermedias, Formicidae, Blattodea y Dermaptera; y para etapas recientes y potreros activos, Auchenorrhyncha, Isopoda y Arionidae. Finalmente, se propone el índice de Valoración del Suelo (VS), basado en los taxones bioindicadores, el mismo discriminó satisfactoriamente los sitios de etapas avanzadas de aquellos de etapas recientes de la restauración forestal del bosque nublado bajo estudio.

Palabras clave: Andes Venezolanos, índice ecológico del suelo, monitoreo del suelo, regeneración forestal

Abstract

To propose a useful and simple tool for soil assessment in ecological restoration, we sampled epigeal macroinvertebrate fauna in an Andean Cloud Forest. Plots representing different stages of ecological succession were selected, ranging from active pasture to primary cloud forest. Fauna was collected using pitfall traps. A Correspondence Analysis (CO) revealed faunal groups associated with forest conditions featuring greater vegetation cover and litter biomass. In contrast, other groups were linked to pastures with green grass cover and no litter biomass. Indicator Species Analysis (ISA) identified taxa with bioindicator potential. For advanced stages of succession, the following species were identified: Scarabaeinae, Carabidae, and Gryllidae; for intermediate stages, Formicidae, Blattodea, and Dermaptera; and for recent stages and active pastures, Auchenorrhyncha, Isopoda, and Arionidae. Finally, the Soil Valuation (VS) index is proposed, based on bioindicator taxa, which effectively distinguished sites in advanced stages from those in recent stages of forest restoration in the studied cloud forest.

Additional keywords: Venezuelan Andes, ecological index, soil monitoring, forest regeneration

Recibido: 25-X-2025, Revisado: 26-I-2026, Aceptado: 26-I-2026

CORREA I, QUEVEDO A, JEREZ-RICO M, BIANCHI G, GUTIÉRREZ C, ORTIZ L. 2026. Macroinvertebrados epigeos bioindicadores de la restauración del suelo en un Bosque Nublado Andino. ENTOMOTROPICA, 41:1-16.

on line Febrero-2026

Introducción

Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), nos encontramos en la década de la restauración ecológica (2021-2030). El WWF señala que la restauración ecológica de ecosistemas, conecta las agendas de desarrollo, clima y medio ambiente; y, además, que la restauración ecológica contribuye a alcanzar los acuerdos internacionales como: la Agenda 2030, el Acuerdo de París, la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y el Convenio de Diversidad Biológica del Marco Global para la Biodiversidad Post-2020 (Colmena et al. 2021). Por lo tanto, se podría señalar a la restauración ecológica como la herramienta más importante para mitigar, detener y revertir, el cambio global de la tierra. Así como también lo indicó David Attenborough, en su extraordinario documental “Una vida en nuestro planeta” del año 2020. La restauración ecológica es un proceso multidimensional que debe considerar diversos aspectos, tales como la velocidad de recuperación de la cubierta vegetal y la formación del suelo (Vargas 2011). Por tanto, es importante monitorear ciertos factores, tales como los anteriores, a lo largo del tiempo para asegurar el éxito del estado final esperado. El monitoreo permite reevaluar las medidas y/o acciones del proyecto de restauración original con el fin de corregirlas a tiempo, si es necesario (Aguilar-Garavito y Ramírez 2015).

Un programa de monitoreo requiere la identificación de atributos e indicadores ecológicos que permitan caracterizar el estado del Valor Objeto de Conservación, con el fin de medir los cambios que se producen en él (Márquez et al. 2017; Vargas 2007, 2011). Comúnmente se evalúan propiedades emergentes de la vegetación, como la cobertura y el crecimiento de los individuos. Sin embargo, la restauración, al ser un proceso multidimensional, permite evaluar otros componentes del ecosistema, como la presencia de especies clave, asociado a la recuperación de los diferentes eslabones funcionales del ecosistema.

Un grupo clave en el ciclo de la materia orgánica lo constituye la fauna de macroinvertebrados epigeos (MIE). Esta fauna comprende a los organismos invertebrados que se desplazan y hacen vida en la superficie del suelo y entre la hojarasca. Entre los grupos comunes se encuentran los insectos, las arañas,

los miriápodos, los crustáceos y los moluscos. Los MIE cumplen un papel fundamental en el funcionamiento del suelo y del propio ecosistema, descomponiendo la materia orgánica, liberando nutrientes esenciales para las plantas en el ciclo de nutrientes. También contribuye a la aireación y a la mejora de la estructura del suelo mediante sus actividades, movimientos y excavaciones. Estos participan en todos los eslabones de la red trófica del ecosistema; algunos grupos son depredadores naturales de plagas agrícolas (Anderson 2009). Parte de esta fauna epigea, tiene la potencialidad de ser bioindicadora de la calidad del suelo, ya que son grupos que poseen alta diversidad taxonómica y ecológica, poseen hábitos relativamente sedentarios, se encuentran presentes a lo largo del año y son fáciles de ver e identificar. Además, presentan cortos períodos entre generaciones, lo que les confiere una rápida respuesta poblacional a los cambios ambientales, y su importancia funcional en los ecosistemas les permite una respuesta aparentemente previsible ante las perturbaciones (Cabrera 2012).

La fauna de macroinvertebrados epigeos ha sido ampliamente utilizada como indicadora de la calidad del suelo (Cabrera et al. 2022, Linares-Guillén et al. 2020 y 2019, Blanco 2019, Cabrera-Dávila 2014, Menéndez y Cabrera-Dávila 2014). Los estudios mostraron que estos epigeos suelen variar significativamente según el tipo de uso del suelo o el ecosistema (Hernández-Vigo et al. 2018, Mancilla-Brindis et al. 2017, Abreu et al. 2014). Por tanto, su diversidad, composición y abundancia pueden reflejar la salud del ecosistema del suelo. Un suelo sano estará asociado a una comunidad de MIE rica y diversa y tenderá a ser más productivo y resiliente a las perturbaciones. En particular, los escarabajos coprófagos y los carábidos han sido preferidos en este tipo de estudios (Vivek 2018, Granados et al. 2010, Rodríguez et al. 1989).

En este trabajo nos propusimos identificar los taxones con potencial para ser bioindicadores de la recuperación del suelo de un bosque nublado andino, con el fin de proponer una herramienta complementaria, sencilla y económica para el monitoreo y seguimiento del proceso de regeneración ecológica del Bosque Nublado Andino.

Materiales y Métodos

En un proyecto de restauración ecológica con especies arbóreas autóctonas del bosque nublado andino, se evaluó

la comunidad MIE en distintas etapas de la regeneración vegetal, para reconocer grupos indicadores de cada etapa. Se seleccionaron las propiedades emergentes de la comunidad epigea que mejor evidenciaron los cambios en su composición y estructura, como la riqueza y la abundancia porcentual de los diferentes grupos de MIE. Las mismas se asociaron con la cobertura vegetal y la biomasa de hojarasca, atributos de la comunidad vegetal que reflejan el progreso de las etapas de recuperación del bosque. Finalmente, se proponen algunos grupos de macroinvertebrados epigeos como potenciales bioindicadores del suelo del Bosque Nublado.

Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional Sierra de La Culata, en los Andes venezolanos, específicamente en la zona conocida como Páramo El Tambor, con una área de 250 km² (Figura 1). El clima es tropical, pero está influenciado por la altitud (1 500–3 000 m.s.n.m.) y la topografía. Los vientos alisios del NE, que penetran por el piedemonte desde la llanura lacustre del lago de Maracaibo, transportan vapor de agua y generan una nubosidad persistente. La temperatura media anual es de 14,9 °C y la precipitación media es de 1 400–1 560 mm, con una estación seca corta (diciembre–febrero) (Quevedo-Rojas y Jerez-Rico, 2020). El relieve consiste en colinas redondeadas, con pendientes de poco pronunciadas a empinadas. Los suelos predominantes

son Ultisoles e Inceptisoles, con un régimen údico (húmedo o subhúmedo) de texturas arcillo-limosas, arcillo-limosas-franco a arcillosas; la profundidad, el desarrollo estructural y el drenaje son altamente variables. Son suelos altamente ácidos (pH 4–5), con baja saturación de bases, alto aluminio intercambiable, baja capacidad de intercambio catiónico y alto contenido de materia orgánica (5,5 % C) en el horizonte superior (Quevedo-Rojas y Jerez-Rico, 2020).

Vegetación

La persistente nubosidad favorece la presencia de bosques nubosos entre 2 000 y 2 500 m s. n. m. Estos bosques son ricos en especies de árboles perennifolios, densamente cubiertos de epífitas, musgos y líquenes. La diversidad arbórea es alta, con 40 - 60 especies ha⁻¹. Las principales familias arbóreas son Lauraceae, Melastomataceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae y Podocarpaceae (Quevedo-Rojas y Jerez-Rico, 2020). El bosque comprende diversas comunidades vegetales que van desde el bosque alto denso (BAD), con estratificación compleja y un dosel de 25 - 30 m de altura, hasta bosques ralos de baja estatura, con un dosel de más de 15 m de altura. El BAD tiene tres capas: la capa superior, de aproximadamente 25 - 30 m de altura, con árboles emergentes de hasta 40 m de altura (principalmente *Retrophyllum rospigliosii*, una conífera); una capa intermedia de 20 - 24 m de altura; y una capa inferior de 10-19 m de altura. El sotobosque



Figura 1. Sitios de muestreo dentro del área de influencia del Proyecto El Tambor. Mérida, Venezuela.

está compuesto por plántulas de árboles, árboles jóvenes, arbustos, enredaderas, palmeras y plantas herbáceas. Son comunes los helechos arborescentes (*Cyathea* spp.) y los bambúes (*Chusquea* spp.); estos últimos forman matorrales densos (Quevedo-Rojas y Jerez-Rico, 2020).

Degradación ambiental por intervenciones antrópicas

El paisaje es un mosaico en el que coexisten métodos tradicionales de producción agrícola y antiguas estructuras agrosociales, junto con sistemas de producción intensiva y figuras jurídicas de protección (Quevedo-Rojas y Jerez-Rico, 2020). La zona ha sufrido una deforestación intensa y una fragmentación forestal. Recientemente, la población local ha observado un rápido deterioro de su entorno. Las zonas con mayor deforestación registran una clara reducción del suministro de agua. Además, están más expuestas a fuertes vientos que dañan los cultivos por impactos mecánicos y por desecación (Quevedo-Rojas y Jerez-Rico, 2020). La zona ha experimentado recientemente cambios ambientales, como temporadas secas más prolongadas y precipitaciones extremas. Esto último, junto con la exposición de los suelos, ha provocado deslizamientos de tierra que afectan a las carreteras y a las propiedades (Quevedo-Rojas y Jerez-Rico, 2020). Las consecuencias asociadas a la deforestación y la degradación incluyen la aparente extinción de algunas especies de la fauna silvestre local (Quevedo-Rojas y Jerez-Rico, 2020).

Colección del material biológico y toma de datos en campo

Se seleccionaron 10 sitios que comprendieran diferentes etapas de recuperación/intervención del bosque, desde bosque primario con un mínimo de intervención antrópica (sitios determinados como Bosque A y Bosque B), pasando por diferentes etapas de regeneración (sitios de los diferentes ensayos de regeneración forestal del proyecto El Tambor, designados por el año de su establecimiento), hasta sitios con un máximo de intervención (como los Potreros Activo y Pasivo). La descripción de los sitios se presenta en la Tabla 1. En cada sitio se colocaron 10 trampas *Pitfall* en un transecto, a 10 m entre sí. Las cuales estaban conformadas por envases de 600 ml y de 12 cm de diámetro, se cargaron con 200 ml de solución de sal saturada (200 g de NaCl/L) y con una pizca de detergente en polvo. Se dejaron activas durante

48 hr, con un esfuerzo total de muestreo de 480 hrs/trampa por sitio (Figura 2). El material recolectado fue preservado en etanol al 70% y debidamente etiquetado. El conteo y la identificación del material biológico se realizaron en el Laboratorio de Ecología de Insectos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, Venezuela. Y fue resguardado en la colección entomológica CLEI-ULA de dicho laboratorio.

Para caracterizar el microhábitat, se midieron las siguientes variables en el punto de ubicación de cada trampa: la cobertura del dosel, la vegetación verde sobre el suelo, la biomasa de hojarasca y la diversidad de la hojarasca. Para la cobertura del dosel se tomó una fotografía desde el nivel del suelo, hacia arriba, para contrastar la cobertura del follaje con el cielo abierto (Figura 3a). Igualmente, se fotografió desde la Altura del Pecho (ADP = 1,30 m de altura) la vegetación circundante a cada trampa para discriminar entre la vegetación fotosintéticamente activa (hierbas, pasto) y la vegetación muerta (hojarasca y/o suelo) (Figura 3b). Las imágenes se procesaron en el programa Adobe Photoshop CC. Versión 24.0 (Adobe Inc. 2023), donde se aplicaron los ajustes necesarios (escala de grises, brillo y contraste, blanco y negro), para obtener imágenes en blanco y negro, y obtener los porcentajes correspondientes del color de la cobertura deseada (Figura 3c). Para la vegetación verde del suelo, se ajustaron los canales amarillo y verde al máximo nivel y los demás canales al mínimo nivel; luego, se realizaron ajustes para obtener la imagen en blanco y negro (Figura 3d). El porcentaje de interés se visualizó en el histograma de cada imagen.

Para la biomasa seca de hojarasca, se recolectaron tres submuestras de hojarasca, a una distancia no mayor de 50 cm desde el centro de la trampa y con la separación máxima entre ellas (a manera de los vértices de un triángulo). Cada submuestra comprendió un volumen de 600 ml. Las tres submuestras se juntaron en una misma bolsa, debidamente identificadas. Las muestras se secaron a 105 °C durante más de 48 hrs y se obtuvo el peso seco en gramos.

La diversidad de la hojarasca se determinó mediante el Índice de diversidad foliar (IDF) de Vareschi (1992), que mide la diversidad vegetal en un ecosistema en función del tamaño y la forma de las láminas foliares de

Tabla 1. Características generales y tiempos de regeneración forestal de los ensayos del Proyecto Tambor en el área de estudio, dentro de la unidad vegetal de Bosque Nublado (Fuente: Proyecto Tambor, 2023).

Sitio	Ensayo	Área (m ²)	Vegetación Colindante
“Bosque A”	Bosque primario (alto denso)	52 000	Bosque natural
“Bosque B”	Bosque secundario (alto), 48 años	10 000	Bosque natural
“Mixta 11”	Plantación mixta de doce spp. en área de acumulación de material de relleno y vegetal, 11 años	1 062	Bosque natural
“Mixta 7”	Plantación mixta de quince spp. en potrero, 7 años	1 390	Potrereros
“Pasiva 4”	Restauración pasiva en Bosque, 4 años	10 000	Bosques, humedales, potreros
“Asistida 3”	Regeneración natural asistida en área de acumulación de material de aprovechamiento forestal, 3 años	2 400	Bosque, áreas de un campamento de uso eventual y un vivero
“Mixta 3”	Plantación mixta de veinte spp. en potrero, 3 años	1 635	Potrereros, vegetación ribereña
“Anime 1”	Plantación de solo anime en potrero, 2 años	5 000	Potrereros y fragmentos de bosque
“Potrero pasivo”	Potrero recién cercado	5 000	Potrereros
“Potrero activo”	Potrero Activo	-	Potrereros

las especies presentes. Dos categorías del índice que no aplicaron en este estudio: hojas mayores a 1 500 cm² y la condición áfila, la primera debido al tamaño de la unidad de muestreo y la segunda debido a la falta de evidencia en la propia muestra de hojarasca; por tanto, el índice va de 0 a un máximo de 17. El IDF, constituye un método sencillo y eficaz para comparar los distintos grados de regeneración forestal.

Para determinar la riqueza de las morfoespecies en cada sitio, se utilizó la curva de abundancia de rangos o diagrama de Whittaker (1965), que representa visualmente la dominancia y la uniformidad a partir de la pendiente de la línea que se ajusta al gráfico (suponiendo una relación lineal, es decir, una serie logarítmica). Un gradiente pronunciado indica una baja uniformidad, ya que las especies de alto rango presentan abundancias mucho mayores que las de bajo rango. Un gradiente poco pronunciado indica una alta uniformidad, ya que las abundancias de las diferentes especies son similares.

Se realizó un Análisis de Correspondencia empleando el software PAST (Paleontological Statistics) Versión 3.0, para mostrar las interrelaciones entre las diferentes variables y poder identificar los grupos faunísticos asociados a ciertas condiciones ambientales y así poder seleccionar aquellos grupos con potencial bioindicador.

Análisis de especies indicadoras

Se utilizó el método de análisis de especies indicadoras (ISA) para identificar las especies (taxón o grupo) más representativas en cada sitio; el valor indicador (VI) se expresa en un rango de 0 a 100. Un valor alto está asociado a aquellos grupos de invertebrados que son exclusivos de un sitio y que, a su vez, son más abundantes en dicho sitio, es decir, presentan mayor fidelidad. ISA integra simultáneamente la abundancia relativa de especies (en nuestro caso, del taxón o grupo de invertebrados) y la frecuencia de ocurrencia para generar un valor indicador máximo para cada grupo de



Figura 2. Trampa de caída tipo *Pitfall* con envase de 600 ml de polipropileno y su instalación en campo.

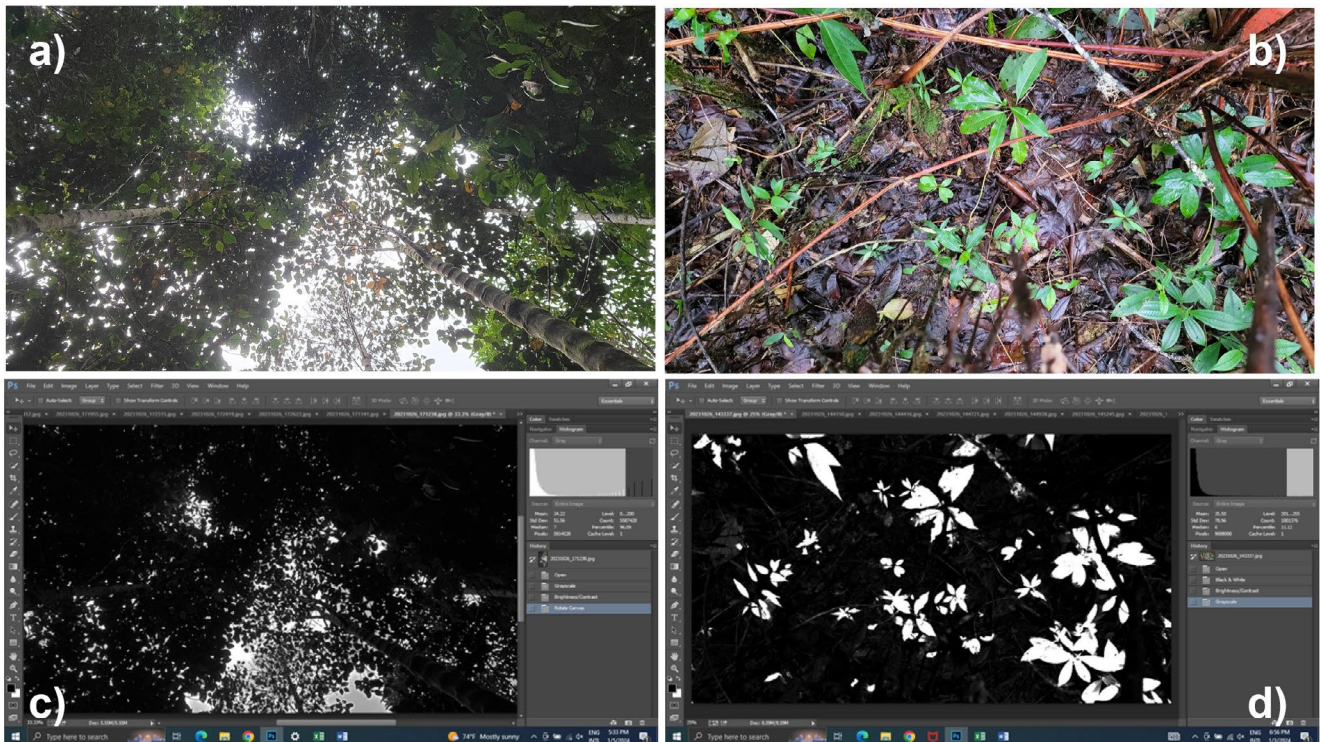


Figura 3. Fotografías originales (a,b) y procesadas para obtener (c,d), el porcentaje de la cobertura del dosel (a, c) y el porcentaje de la cobertura de la vegetación fotosintética sobre el suelo (b, d).

invertebrados. Cada taxón se asigna al sitio con el valor indicador más alto. Los valores indicadores varían entre 0 y 100 (o entre 0 y 1, según el método de escala). Un valor de 100 representa una especie indicadora perfecta: aquella que se encuentra exclusivamente en un sitio, se encuentra en todas las muestras de ese sitio y presenta una alta abundancia relativa en él. Un valor de cero representa una especie sin valor indicador en ningún sitio, que suele ser rara en el conjunto de datos o que se distribuye casi uniformemente en la mayoría de los sitios. Este análisis se corrió en PC-ORD, utilizando la matriz de sitios-taxón con una variable categórica (referente a cada taxón) y se usaron todos los datos: 100 sitios, 33 taxones.

Resultados

Diversidad, composición, y abundancia de la comunidad epigea

La comunidad epigea estuvo representada por las clases: Insecta (12 órdenes), Arachnida (dos órdenes), Malacostraca (un orden y cuatro familias), Diplopoda (una familia), Gasterópoda (dos órdenes) y Oligochaeta (Tabla 2). Estos grupos son comunes en estudios similares de la comunidad epigea (Linares-Guillén et al. 2019, Cabrera 2012, Chacón et al. 2023). Los mayores valores de riqueza (>50), se observaron en las etapas de regeneración de Bosque, y en los sitios que presentan vegetación boscosa en sus alrededores (Asistida 3, Mixta 3 y Mixta 11). Los menores valores de riqueza (<30) se obtuvieron en las etapas de regeneración más recientes (Potreros activo, Potrero pasivo y Anime 1); este último es un potrero con plantación de una sola especie arbórea, de menos de tres años de plantada. Las etapas con edades intermedias, Mixta 7 y Pasiva 4, presentaron valores de riqueza intermedios (42 y 38, respectivamente). Resalta el alto valor de riqueza (55) observado en el ensayo “Mixta 3”, que podría estar asociado a la cercanía al bosque ribereño que lo bordea (Tabla 2).

En la figura 4, se representa la riqueza de cada sitio mediante las curvas de rango-abundancia; allí se observa que las etapas avanzadas de Bosque y las etapas influenciadas por el bosque circundante, como son Bosque A, Asistida 3, Bosque B, Mixta 11, presentan mayor diversidad y equidad (representadas por las curvas de menor pendiente). Las etapas intermedias y recientes, representadas por curvas de mayor pendiente,

corresponden a valores de riqueza más bajos, debido a una mayor dominancia de unas pocas especies. La etapa denominada “Asistida 3” corresponde a una etapa temprana de recuperación de tres años; sin embargo, este sitio se encuentra rodeado de bosque natural, lo que explicaría el resultado de su alta diversidad y equidad. En particular, se resalta la riqueza obtenida en el Potrero activo, que muestra una equidad intermedia respecto al resto de los sitios. Esto podría explicarse por una comunidad estable, pero con baja riqueza de taxones.

En cuanto a la abundancia de los diferentes grupos de la fauna epigea, se observó que la clase Insecta fue la más abundante en los bosques y en las etapas de mayor edad, siendo sustituida por la clase Malacostraca (representada únicamente por el orden Isopoda) en las etapas más recientes y en los potreros (Figura 5). Entre los insectos, se observó que los ortópteros fueron los más abundantes (alrededor del 50%), seguidos por los dípteros, tanto en el bosque como en las etapas de edades avanzadas e intermedias. Las abundancias de estos grupos disminuyen en etapas recientes (de un año) y en los potreros; éstas se sustituyen por la alta abundancia de los Auchenorrhyncha (principalmente saltahojas), los Hymenoptera de la familia Formicidae (hormigas) y, en un caso particular, los colémbolos (Figura 6). Estos resultados muestran, a bajo nivel taxonómico, que en las etapas recientes la abundancia de isópodos (Malacostraca) y de arañas reemplaza a la clase Insecta, la cual está bien representada en los Bosques (a excepción de Auchenorrhyncha, principalmente saltahojas, y Formicidae) (Figura 5 y 6).

Caracterización del Microhábitat

Dado que la distribución de los parámetros del microhábitat es asimétrica, resulta conveniente la representación en gráficos de caja y bigotes, donde además de la mediana se pueden ver los valores correspondiente a los cuartílicos, así como los rangos intercuatílicos y el rango total, con el mínimo y el máximo (Figura 7).

Según la cobertura del dosel, se identificaron tres condiciones: sitios con elevada cobertura ($>90\%$), con baja cobertura (10-40%) y con muy baja cobertura ($<10\%$) (Figura 7a). Esta variable condiciona la radiación solar que llega al suelo. Para la cobertura verde sobre el suelo se obtuvieron sitios con valores $<30\%$ y otros

Tabla 2. Composición y riqueza de taxones de la comunidad de macroinvertebrados epigeos en cada uno de los sitios evaluados (los valores numéricos corresponden al número de morfotipos encontrados para cada taxón).

Filo	Clase	Orden	Familia	Bosque A	Asistida 3	Mixta 3	Bosque B	Mixta 11	Mixta 7	Pasiva 4	Potrero activo	Anime 1	Potrero pasivo
Artrópoda	Insecta	Blattodea	Blattellidae	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0
		Blattodea	Ninfa Blattidae	0	1	4	2	1	1	0	0	0	0
		Coleoptera	Carabidae	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
		Coleoptera	Chrysomelidae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1
		Coleoptera	Coccinellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		Coleoptera	Staphylinidae	4	2	2	3	4	5	2	0	3	0
		Coleoptera		6	7	3	5	3	2	3	3	1	0
		Hemiptera	Auchenorrhyncha	2	1	4	1	3	2	0	6	4	3
		Hemiptera	Heteroptera	1	7	6	1	3	1	1	1	2	0
		Hymenoptera	Formicidae	1	0	1	0	0	4	0	1	2	1
		Hymenoptera		7	8	6	4	5	9	4	1	2	3
		Orthoptera	Acrididae	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
		Orthoptera	Gryllidae	3	4	4	2	3	1	1	2	1	0
		Orthoptera	Tettigoniidae	0	0	1	1	0	0	1	1	1	2
		Collembola	Isotomidae	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
		Collembola	Onychiuridae	1	1	0	1	2	1	1	1	1	0
		Dermaptera		1	3	3	1	1	0	1	0	1	0
		Diptera	Brachycera	2	2	1	1	4	2	1	0	0	0
		Diptera	Nematocera	16	13	2	16	11	8	12	2	1	3
		Embiopoda	Embiidina	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		Phasmatodea		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
		Psocoptera		0	1	0	0	0	0	2	0	0	0
		Trichoptera		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Arachnida	Araneae		10	4	4	8	1	1	5	4	2	1
		Opiliones		1	3	2	0	3	1	1	0	1	1
	Malacostraca	Isopoda	Armadillidiidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		Isopoda	Oniscidea	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
		Isopoda	Ligiidae	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
		Isopoda	Philosciidae	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Diplopoda	Polydesmida	Plydesmidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Molusca	Gastropoda	Arionoidea	Arionidae	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
		Pulmonata		1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Anelida	Oligochaeta			0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
Riqueza Total				60	60	55	52	51	42	38	27	25	18

con valores >30%; estos últimos, representados por los potreros y plantaciones más recientes (Figura 7b). La biomasa de hojarasca fue mayor en los sitios de bosque y de mayor edad, disminuyendo en los sitios con etapas intermedias y llegando a ser mínima o nula en los sitios de potrero con ausencia de árboles. El amplio rango de variabilidad de la biomasa obtenido en la etapa de tres años, Asistida 3, puede estar relacionado con la heterogeneidad de la masa boscosa presente en dicho sitio (Figura 7c). Esta variable representa para la

comunidad epigea estudiada una fuente de alimento y de humedad, así como un refugio.

La diversidad vegetal, representada por el IDF, fue mayor en las etapas de Bosque y etapas avanzadas, siendo intermedia en el resto de las etapas, excepto en la plantación de Anime, donde se obtuvo el valor mínimo. Esta variable, además de medir la diversidad florística, representa la diversidad de alimento disponible para la fauna epigea detritívora y descomponedora (Figura 7d).

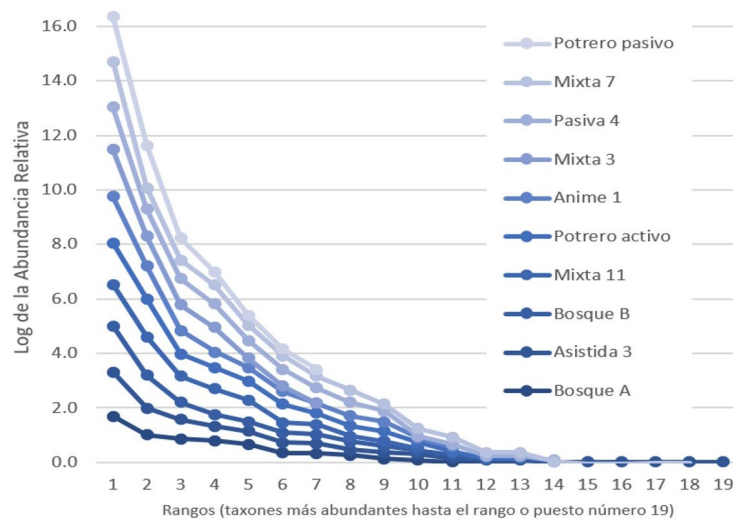


Figura 4. Curvas de Rango-Abundancia de la comunidad de macroinvertebrados epigeos para cada sitio, evaluación hecha con los taxones más abundantes (Diptera, Coleoptera, Arachnida, Hymenoptera, Heteroptera, Auchenorrhyncha, Orthoptera), hasta el rango (puesto) número 19. A mayor horizontalidad de la curva, mayor la diversidad y la equidad; a mayor pendiente o verticalidad, mayor la dominancia de unas pocas especies.

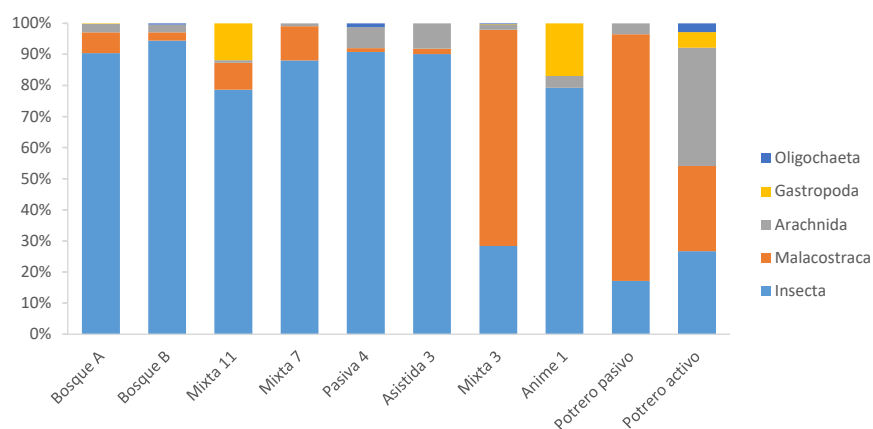


Figura 5. Abundancia porcentual de las principales clases de macroinvertebrados epigeos en las diferentes etapas sucesionales de regeneración forestal del Bosque Nublado bajo estudio.

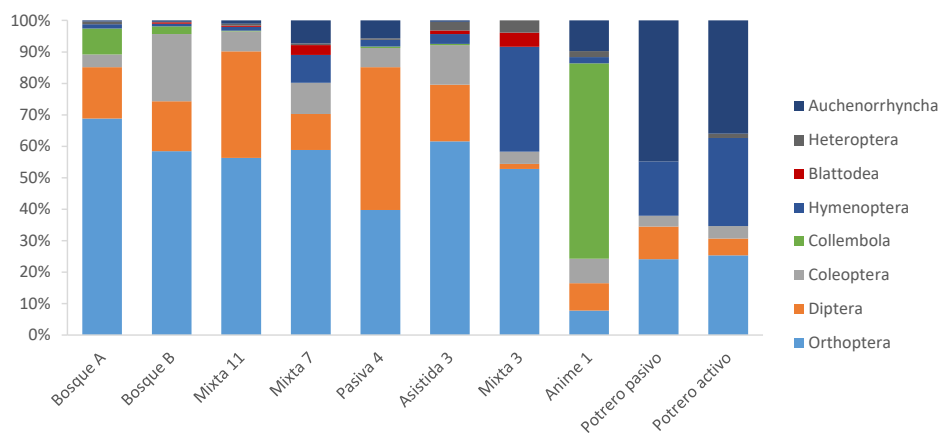


Figura 6. Abundancia porcentual de los insectos epigeos en las diferentes etapas sucesionales de regeneración forestal del Bosque Nublado bajo estudio.

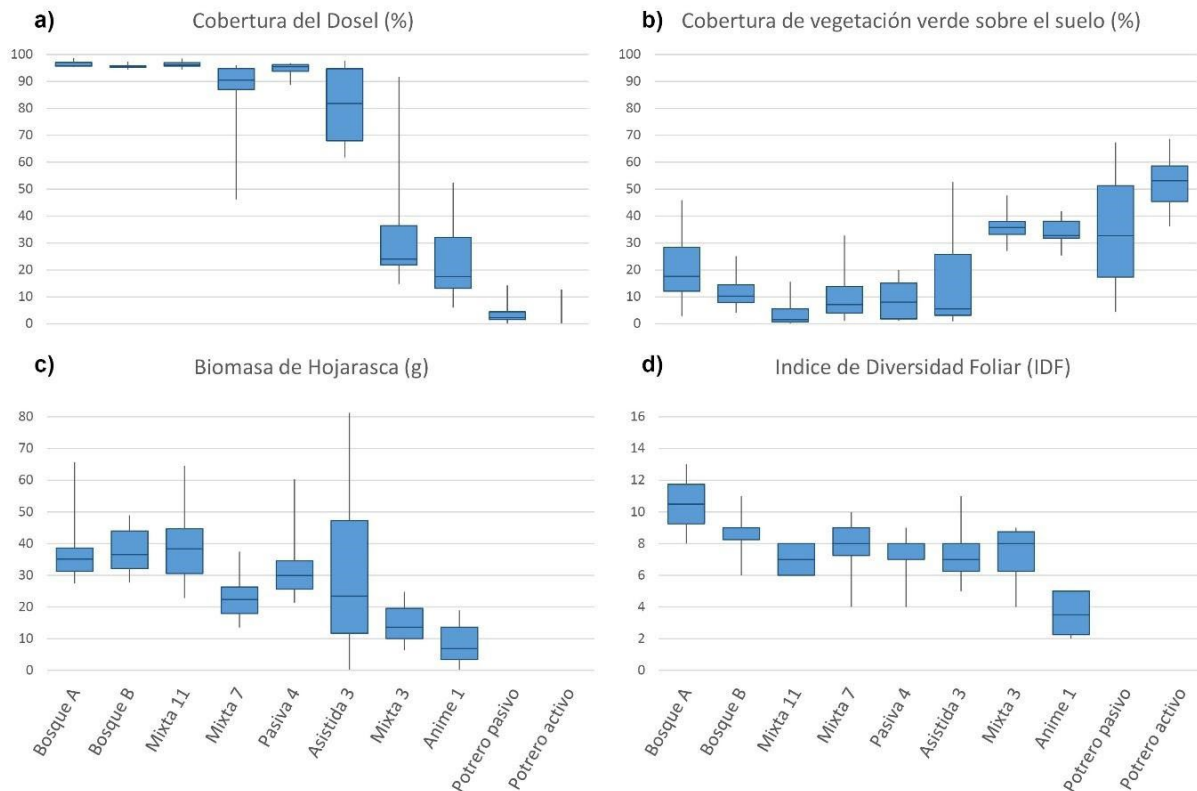


Figura 7. Distribución de los valores de: a) Cobertura del dosel, b) Cobertura de la vegetación fotosintética sobre el suelo, c) Biomasa de hojarasca y d) Índice de Diversidad Foliar (IDF), para cada etapa de regeneración forestal.

Análisis de Correspondencia (AC) en función del microhábitat y de los macroinvertebrados epígeos.

Los dos primeros ejes del AC, explican el 63% del agrupamiento de los sitios evaluados en función de la fauna y las variables ambientales asociadas. Se aprecia que los potreros y etapas recientes, como Mixta 3, están relacionados con los Isopoda, Formicidae y Auchenorrhyncha, los cuales, a su vez, presentan la mayor cobertura de vegetación verde del suelo, es decir, la vegetación expuesta a la radiación (Figura 8a). Los sitios con etapas intermedias y avanzadas de restauración, se caracterizaron por una mayor riqueza y abundancia de Grillidae, Coleoptera (otros que Carabidae, Scarabeinae), Carabidae, Scarabeinae y Diptera; asociados a altos valores de cobertura del dosel, biomasa de hojarasca y diversidad foliar (Figura 8b). Los Opiliones, Heteroptera, Orthoptera (otros que Gryllidae) y Blattodea, resultaron ser grupos asociados a condiciones intermedias del gradiente ambiental. En particular, el sitio de etapa reciente, Anime 1, estuvo asociado a Gastropoda.

Análisis de especies indicadoras

Mediante el ISA, se identificaron los siguientes grupos indicadores en algunas etapas de la regeneración forestal ($P < 0,05$). Para las etapas iniciales, como el Potrero activo, resultaron como taxones indicadores Auchenorrhyncha (20,40) y Oligochaeta (26,70); y para Asistida 3, los grupos indicadores son Coleoptera (27,30) y Opiliones (22,00). Para etapas intermedias, como Mixta 7, el grupo indicador con mayor VI fue Isopoda: Oniscidea (suborden) (53,60), seguido de Hymenoptera: Formicidae (46,50), Dermaptera (36,30), Blattodea (24,50) y Heteroptera (19,20); y, para Mixta 11, resultaron principalmente Collembola (60,40) y Gastropoda: Arionidae (53,30), seguidas de Coleoptera: Carabidae (31,80) y Diptera (30,90). Para el Bosque A, Orthoptera: Gryllidae (28,10) y Diptera Larva (20,00) son estadísticamente significativas; y el Bosque B, sólo tiene un grupo indicador Coleoptera: Subflia Scarabaeinae (Coprófagos), con el más alto valor (76,30) para este caso de estudio (Tabla 3).

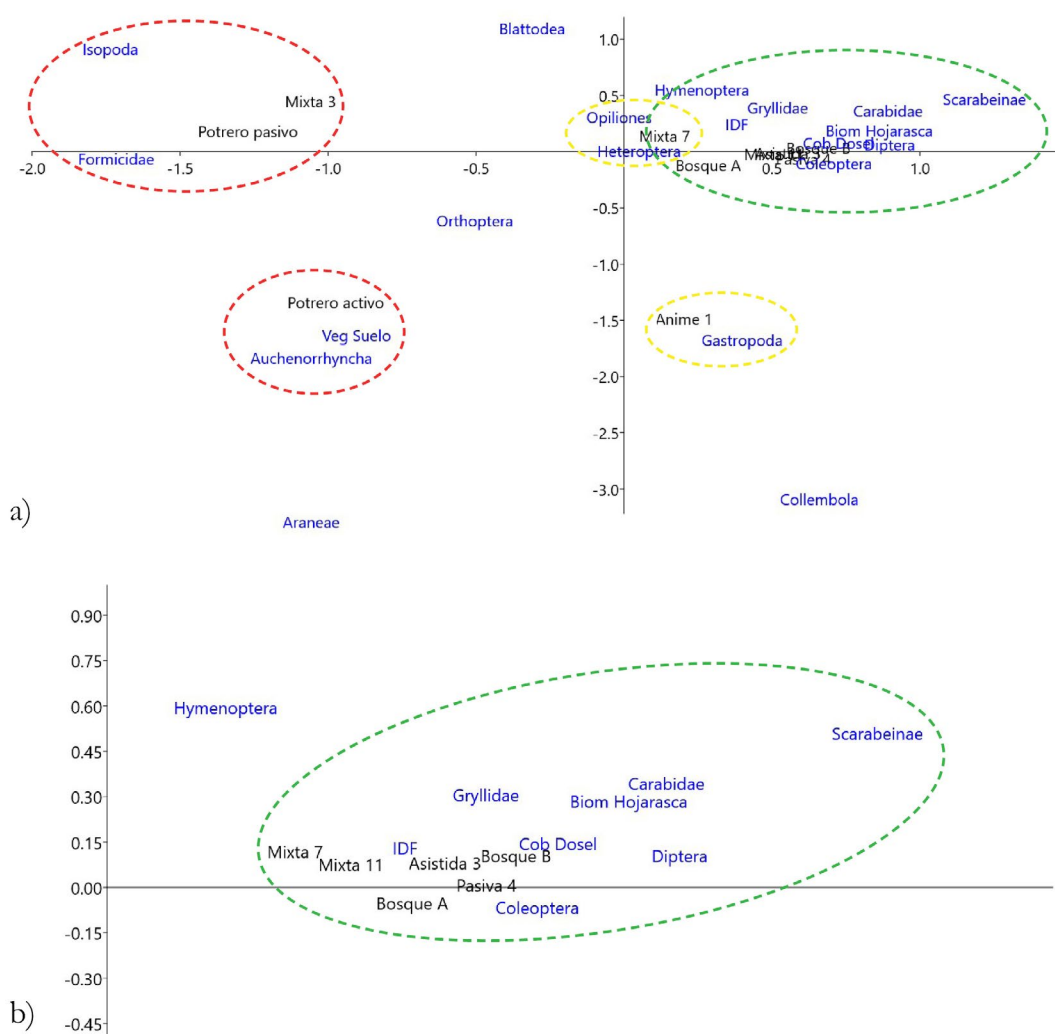


Figura 8. Análisis de Correspondencia (AC) que muestra: a) la relación entre los macroinvertebrados epigeos y las variables ambientales del microhábitat; y b) un detalle ampliado del gráfico (a) del grupo de sitios asociados a condiciones de mayor cobertura boscosa. Los colores indican diferentes etapas de restauración, rojo: reciente, amarillo: intermedia y verde: madura o avanzada.

Selección de grupos faunísticos con potencial bioindicador

Los grupos de macroinvertebrados epigeos, que mejor representan el estado de recuperación de la superficie del suelo, según la metodología empleada, cumplen los siguientes criterios: presentan un cambio bien marcado de su abundancia en función de la serie temporal de regeneración (Gryllidae, Isopoda, Auchenorrhyncha, Gastropoda: Arionidae); representantes depredadores de una red trófica avanzada (Arachnida: Opiliones); detritívoros asociados a la hojarasca (Blattodea); grupos empleados ampliamente como bioindicadores, Coprófagos (Scarabaeinae), Carábidos (Carabidae),

hormigas (Formicidae) y lombrices (Oligochaeta) (Arenas et al. 2015, Sánchez 2015, Cárdenas e Hidalgo 2008, Agosti et al. 2000, Jiménez- Carmona et al. 2015). El tamaño y la identificación relativamente fácil son otros criterios relevantes para estos grupos como bioindicadores. Los grupos faunísticos Diptera, Hymenoptera (otros que Formicidae), Heteroptera y Coleoptera (otros que Scarabaeinae y Carabidae), a pesar de su alta diversidad y abundancia, no fueron considerados como bioindicadores en este estudio, debido a su amplia dispersión por el vuelo y a su diversidad de explotación de otros recursos alimenticios, más que de la hojarasca y la depredación.

Tabla 3. Valor indicador para los taxones de macroinvertebrados epigeos en los sitios con diferente estado de regeneración del Bosque Nublado bajo estudio.

Grupo	Abreviatura	Sitio	Valor Indicador (IV)	P- valor*
Auchenorrhyncha	auche	Potrero activo	20,40	0,0345
Trichoptera	tricho	Potrero activo	10,00	1,0000
Araneae	arane	Potrero activo	29,80	0,6189
Oligochaeta	oligo	Potrero activo	26,70	0,0025
Coleoptera: Staphylinidae	colosta	Mixta 11	15,00	0,1449
Coleoptera: Carabidae	coleocar	Mixta 11	31,80	0,0009
Collembola	collem	Mixta 11	60,40	0,0001
Diptera	dipte	Mixta 11	30,90	0,0001
Embiodoptera	embrio	Mixta 11	10,00	1,0000
Lepidoptera	lepi	Mixta 11	5,00	1,0000
Gastropoda: Arionidae	gtastroa	Mixta 11	53,30	0,0001
Coleoptera: Subflia Scarabaeinae (Coprofagos)	coleosub	Bosque B	76,30	0,0001
Orthoptera: Gryllidae	orgri	Bosque A	28,10	0,0006
Diptera Larva	diplar	Bosque A	20,00	0,0305
Acarina	Acarina	Bosque A	13,30	0,2633
Gastropoda Otros (Caracol)	gastroo	Bosque A	5,00	1,0000
Hymenoptera	Hyme	Mixta 3	9,80	0,5516
Diplopoda	diplo	Mixta 3	10,00	1,0000
Coleoptera	coleo	Asistida 3	27,30	0,0069
Opiliones	opili	Asistida 3	22,00	0,0055
Psocoptera	psoco	Pasiva 4	5,00	1,0000
Phasmatodea	phasma	Pasiva 4	20,00	0,0932
Chilopoda	chilo	Pasiva 4	10,00	1,0000
Battodea	Batto	Mixta 7	24,50	0,0052
Hymenoptera: Formicidae	Hymefor	Mixta 7	47,50	0,0002
Dermaptera	derma	Mixta 7	36,30	0,0003
Heteroptera	hete	Mixta 7	19,20	0,0273
Stenorrhyncha	stenor	Mixta 7	10,00	1,0000
Isopoda: Oniscidea (suborden)	isoponi	Mixta 7	53,60	0,0001
Orthoptera Otros	orotr	Potrero pasivo	13,00	0,1536

En la figura 9, se observa que la abundancia de Gryllidae disminuye hacia las etapas iniciales de la sucesión. Los Scarabeinae y Carabidae estuvieron presentes únicamente en las etapas de Bosque Primario y en las etapas avanzadas de la sucesión. Por el contrario, los grupos Isopoda, Auchenorrhyncha, Formicidae y Oligochaeta presentan mayor abundancia en las etapas iniciales de la sucesión. Los Gastropoda, Blattodea y Opiliones se encontraron mejor representados en las etapas intermedias de la regeneración forestal bajo estudio.

Índice de Valoración del Suelo en función de Macroinvertebrados Epigeos

Basado en los resultados obtenidos, se propone el siguiente índice de Valoración del Suelo (VS), el cual evalúa la calidad del suelo a partir de macroinvertebrados epigeos. El valor del índice VS, se obtiene multiplicando el número de individuos de cada taxón (sólo de los taxones seleccionados como potenciales bioindicadores), por su Valor Indicador (VI) (obtenido en el análisis de especies

indicadoras, de la tabla 3. Estos valores se suman y luego se dividen entre el número total de individuos de estos taxones (Figura 10).

$$VS = 1/N \sum ni * Vi$$

Donde, N es el número total de individuos en cada localidad; ni es el número total de cada taxón y Vi es el Valor Indicador obtenido para cada taxón.

Los sitios con condiciones recientes de regeneración presentaron valores del VS superiores a 40, mientras que los sitios con regeneración vegetal avanzada, como los bosques y los ensayos de 11 y 7 años, registraron

valores menores del índice, entre 30 y 40 y los sitios con condiciones particulares de Bosque intervenido con aislamiento de actividad antrópica o con asistencia de regeneración (Pasiva 4 y Asistida 3) resultaron con puntuaciones del índice menores a 30.

Discusión

Los invertebrados como bioindicadores han sido ampliamente utilizados en la evaluación y el monitoreo ambientales (Wilson-Sander 2011, Correa et al. 2020, Chowdhury et al. 2023). Los macroinvertebrados epigeos también han mostrado ser bioindicadores efectivos (Cabrera et al. 2022, Amaru-Castelo et al. 2024), así como lo confirma el presente estudio a escala local.

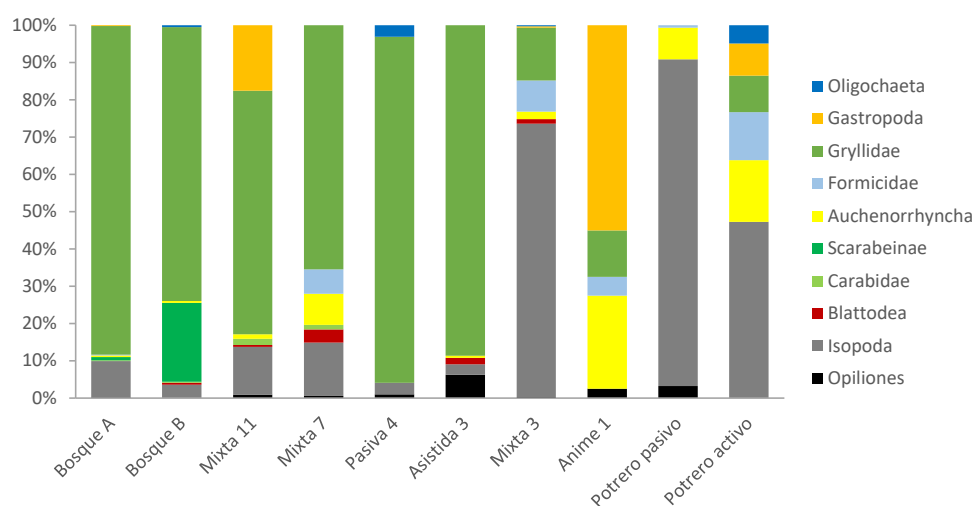


Figura 9. Abundancia porcentual de los grupos de macroinvertebrados epigeos, con potencial bioindicador, en los sitios con diferentes estados de sucesión del Bosque Nublado bajo estudio.

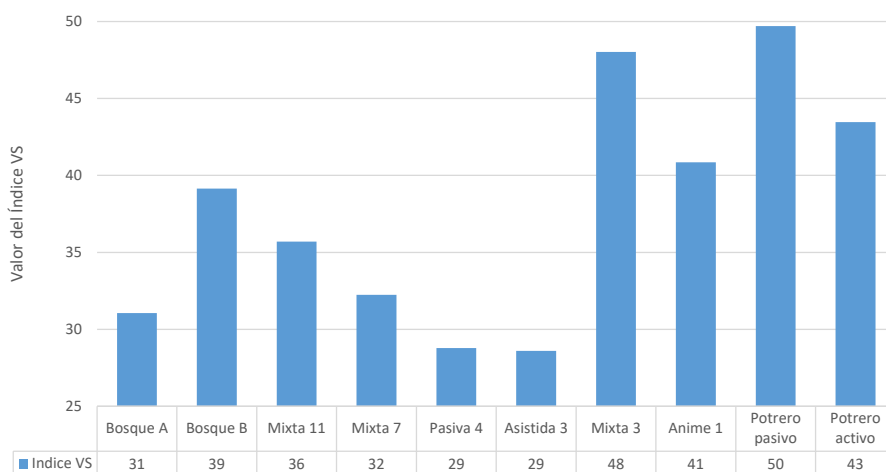


Figura 10. Índice de Valoración del Suelo (VS) de cada sitio evaluado.

La composición y abundancia de los MIE en los sitios evaluados permitieron definir tres etapas de regeneración, Madura, Intermedia y Reciente. Lo que permitió sugerir diferentes grupos faunísticos a cada una.

Se proponen a los escarabajos coprófagos y carábidos como bioindicadores del hábitat de bosque nublado bajo estudio, recuperado o en buen estado. Estos grupos ya han sido reconocidos como tales por otros autores (Chowdhury et al. 2023). Las hormigas también constituyen otro grupo de bioindicadores relevantes (Akhila y Keshamma 2022). Su abundancia numérica estuvo asociada a los sitios con condiciones de restauración intermedias y recientes, evaluadas en este estudio. Además se proponen a los siguientes grupos como potenciales bioindicadores de la condición de restauración del bosque nublado estudiado: Gryllidae, el cual fue numéricamente alto en las etapas avanzadas de restauración; Auchenorrhyncha, en particular de la familia Cicadellidae (saltahojas), junto a Isopoda, y Gastropoda de la familia Arionidae, presentaron alta abundancia numérica en los sitios de regeneración reciente y en los potreros, lo que les confiere potencialidad como indicadores de las etapas tempranas de restauración forestal. La abundancia de Blattodea y Dermaptera no fue alta; sin embargo, al igual que los grupos mencionados, presentaron valores indicadores significativos. Ambos grupos estuvieron relacionados con valores intermedios de biomasa de hojarasca, y aunque todavía su ecología es poco conocida, como lo indica Nuñez-Bazán (2022), su presencia debería estar relacionada con una vegetación diversa y estable.

Los Díptera (moscas y mosquitos) e Hymenoptera (menos hormigas), no mostraron una tendencia clara respecto del gradiente de las etapas de restauración. Esto, posiblemente, se debe a que son altamente diversos, de gran dispersión y de hábitos voladores, características que no les confieren potencialidad como bioindicadores del estado del suelo.

Así mismo, los Oligochaeta (lombrices), a pesar de ser ampliamente utilizados como bioindicadores (Uribe et al. 2012), no estuvieron bien representados en este estudio, esto posiblemente se deba a que, al ser organismos de vida subterránea, el método de trampa de caída no es el más recomendable para colectar este grupo de invertebrados.

El índice de valoración del suelo propuesto utiliza tanto la presencia y abundancia de los grupos indicadores como los valores indicadores de fauna que resultaron tener potencial bioindicador. Cabe resaltar que los criterios empleados para seleccionar la fauna indicadora resultaron acertados. El índice utiliza taxones fácilmente identificables y de tamaño tal que pueden ser contados rápidamente por personas con poco adiestramiento. Esto facilita su aplicación como herramienta de monitoreo en programas de restauración forestal y de educación ambiental.

Además, los resultados evidencian la importancia de la vegetación que rodea el área intervenida. En algunas parcelas en etapas tempranas de restauración (tres años), la composición de la comunidad de MIE fue más similar a la del Bosque que a la de los sitios de Potrero, lo cual puede explicarse por la influencia de las áreas boscosas circundantes. Por el contrario, algunos sitios con edades medias de restauración (cuatro y siete años) presentaron comunidades de MIE más similares a las de los potreros que a las del Bosque, lo que podría explicarse por la influencia de potreros activos aledaños a estas parcelas.

Los resultados obtenidos en este trabajo son preliminares, es decir que con un mayor esfuerzo de muestreo, toma de muestras en diferentes momentos del año, se tendrá un mejor ajuste del índice, sin embargo este estudio, sientan las bases para desarrollar una herramienta de fácil aplicación para evaluar la recuperación ecológica del suelo en el Bosque Nublado. El índice VS es una medida rápida que puede ser empleada en un índice integrado de bioindicación, el cual permite evaluar el estado ecológico del suelo a través de sus macroinvertebrados epigeos, de manera similar a como se aplica en estudios de valoración de la calidad del agua (Segnini et al. 2009, Correa 2000, Correa 2020). La evaluación de algunos taxones de macroinvertebrados epigeos promete ser una herramienta complementaria, eficaz, sencilla y de bajo costo, en el monitoreo y seguimiento de las restauraciones ecológicas. Así mismo, pudiera tener potencial en la evaluación del cambio climático. Sin embargo, se recomienda ampliar el muestreo a fin de confirmar la potencialidad de bioindicación de los grupos señalados y fortalecer esta herramienta.

Agradecimientos

Este estudio se realizó en el marco del Proyecto El Tambor, cuyo objetivo es la restauración forestal mediante la regeneración de especies nativas en el Bosque Nublado del Páramo El Tambor.

Agradecemos a Otter Fonds por su apoyo, que permitió realizar esta investigación. Además, extendemos nuestro reconocimiento a Ancelmo, Perfilio y Angélica Dugarte, así como a Ledys Albornoz, por su valioso trabajo en las tareas de campo.

Responsabilidad de autoría (CRedit)

Todos los autores contribuyeron sustancialmente al estudio.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses que declarar.

Literatura Citada

- ABREU RRL, LIMA SS, OLIVEIRA NCR, LEITE LFC. 2014. Fauna edáfica sob diferentes níveis de palhada em cultivo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(4): 409-416.
- AGOSTI D, MAJER JD, ALONSO LE, SCHULTZ TR. 2000. *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washingt. 10.5281/zenodo.11736.
- AGUILAR-GARAVITO M, RAMÍREZ W. 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá. Colombia. 250 p.
- AKHILA A, KESHAMMA E. 2022. Recent perspectives on ants as bioindicators: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 10(3): 11-14.
- AMARU-CASTELO J, ECHEVARRIA-MACASSI LA, MARQUINA-MONTESINOS EL, HERRERA-HUAYHUA CM, BAUTISTA-CHALLCO B. 2024. Invertebrados como bioindicadores de perturbación en la Reserva de Biosfera del Manu. *Revista de Biología Tropical*, 72(1), e56199. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72i1.56199>
- ANDERSON JM. 2009. ¿Por qué deberíamos preocuparnos por la fauna del suelo? *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(8): 835-842.
- ARENAS A, CORREDOR G, ARMBRECHT I. 2015. Hormigas y carábidos en cuatro ambientes del piedemonte del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 41(1): 120-125.
- BLANCO JF. 2019. Abundance and diversity of epigeic invertebrates in agricultural habitat mosaic: orchard area case. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/125868> Consultado el: 24 sep 2025.
- CABRERA-DÁVILA GC. 2014. Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/262359285/Manual-Practico-Sobre-La-Macrofauna-Del-Suelo> Consultado el: 13 feb 2025.
- CABRERA G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35(4): 349-364.
- CABRERA G, SÁNCHEZ J, PONCE D. 2022. Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo. *Acta Botánica Cubana*, 221: 1-21.
- CÁRDENAS AM, HIDALGO JM. 2008. Seguimiento de la comunidad de coleópteros edáficos del Corredor Verde del Guadamar. En: Abolafia J, Del Olmo CM, Moreno PC, editores. *La restauración ecológica del río Guadamar y el Proyecto del Corredor Verde*. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla. p 251-262.
- CHACÓN V, ESCALONA-CRUZ ME, BRICEÑO Z, DÍAZ A, PÉFAUR J, THIELEN D, BIANCHI G. 2023. Dinámica estacional de la diversidad de invertebrados epigeos en el Enclave Semiárido de Lagunillas, Mérida, Venezuela. *BioLlania Edición Especial* No. 16.
- CHOWDHURY S, DUBEY VK, CHOUDHURY S, DAS A, DEEPIKA J, SUJATHA B, KUMAR A, KUMAR N, SEMWAL A, KUMAR V. 2023. Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. *Sec. Toxicology, Pollution and the Environment*. Volume 11. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1146052> Consultado el 18 oct 2025.
- COLMENA G, COLOMINA D, MELERO M, PEITEADO C, RODRÍGUEZ G. 2021. Manual de restauración forestal, WWF España. Disponible en: [https://wwf.es/assets.panda.org/downloads/manual_restauracion_2021_caixabank_montemadrid.pdf](https://wwf.es/assets/panda.org/downloads/manual_restauracion_2021_caixabank_montemadrid.pdf) Consultado el 18 oct 2025.
- CORREA I. 2000. Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua en los ríos de la cuenca alta del Río Chama utilizando macroinvertebrados bénticos. [Tesis de Grado]. Mérida: Universidad de Los Andes. Fac. Ciencias. Venezuela. 52 p.
- CORREA I, SEGNINI S, CHACÓN M, BIANCHI G, CASADO R, ROMERO R. 2020. Condición ecológica en ríos de los páramos andinos de Venezuela. En: Rodríguez OD, editor. *Ríos en riesgo de Venezuela III*. Colección

- Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Lara (Venezuela): Univ. Centroccidental Lisandro Alvarado. p 111-134.
- GRANADOS JM, KOHLMANN B, RUSSO R. 2010. Escarabajos del estiércol como bioindicadores del impacto ambiental causado por cultivos en la región atlántica de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 6(2): 181-189.
- HERNÁNDEZ-VIGO A, CABRERA-DÁVILA GC, IZQUIERDO-BRITO I, SOCARRÁS-RIVERO AA, HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ L, SÁNCHEZ-RENDÓN JA. 2018. Indicadores edáficos después de la conversión de un pastizal a sistemas agroecológicos. *Pastos y Forrajes*, 41(1): 3-12.
- JIMÉNEZ-CARMONA E, DOMÍNGUEZ-HAYDAR Y, HENAO N, ZABALA G, ESCOBAR S, ARMBRECHT A, CHACÓN DE ULLOA P. 2015. Las hormigas en el monitoreo de la restauración ecológica. En: Aguilar-Garavito M, Ramírez W, editores. *Monitoreo a Procesos de Restauración Ecológica de Ecosistemas Terrestres Tropicales*. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. p 108-118.
- LINARES-GUILLÉN JW, PÉREZ-MUNGUÍA RM, PONCE-SAAVEDRA J. 2020. Influencia de la antropización sobre la diversidad de insectos epigeos en el nivel taxonómico de género, en el Valle Nocupétaro-Carácuaro, Michoacán, México. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 6(2): 35-46.
- LINARES-GUILLÉN JW, MALDONADO-CARRIZALES J, PONCE-SAAVEDRA J. 2019. Análisis de riqueza de la entomofauna epigea en dos ambientes diferencialmente antropizados en el Valle Nocupétaro Carácuaro, Michoacán, México. *Entomología mexicana*, 6: 401-407.
- MANCILLA-BRINDIS RF, RANGEL LJ, FALCÓN-BRINDIS A, GAMBOA J, VALDEZ JD. 2017. Riqueza y Abundancia de macrofauna epigea en cuatro sistemas tropicales del estado de Chiapas, México. *Acta Zoologica Mexicana (Nueva Serie)*, 33(3): 464-471.
- MÁRQUEZ R, BIANCHI G, ISASI-CATALÁ E, RUIZ GUTIÉRREZ V, GOLDSTEIN I. 2017. Guía para el Monitoreo de la Ocupación de Oso Andino. *Andean Bear Conservation Alliance & Wildlife Conservation*. 56 p.
- MENÉNDEZ Y I, CABRERA-DÁVILA G. 2014. La macrofauna de la hojarasca en dos sistemas con diferente uso de la tierra y actividad ganadera en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(2): 181-188.
- NUÑEZ-BAZÁN R, ESTRADA-ÁLVAREZ JC, OSORIO-BERISTAIN M, ARELLANO AE. 2022. Cucarachas (Blattodea) y tijerillas (Dermaptera) del estado de Morelos, retos y perspectivas para su estudio en México. *Boletín de la AMXSA*, 6(2): 9-11.
- QUEVEDO-ROJAS A, JEREZ-RICO M. 2020. Mixed Forest Plantations with Native Species for Ecological Restoration in Cloud Forests of the Venezuelan Andes. En: Gonçalves AC, editora. *Silviculture*. IntechOpen. 158 p. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95006>.
- RODRÍGUEZ JP, PEARSON DL, BARRERA RR. 1998. A test for the adequacy of bioindicator taxa: are tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae) appropriate indicators for monitoring the degradation of tropical forests in Venezuela? *Biological Conservation*, 83(1): 69-76.
- SÁNCHEZ DD. 2015. Efecto de la fragmentación del bosque seco tropical de los Llanos Occidentales en la comunidad de escarabajos copronecrófagos (coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). [Tesis de Grado]. Mérida: Universidad de Los Andes. Fac. Ciencias. Venezuela. 76p.
- SEGNINI S, CORREA I, CHACÓN M. 2009. Evaluación de la calidad del agua de ríos en Los Andes venezolanos usando el índice biótico BMWP. En: Arrivillaga JC, El Souki M, Herrera B, editores. *Enfoques y temáticas en entomología*. XXI Congreso Venezolano de Entomología. Sociedad Venezolana de Entomología. Maracaibo, Venezuela. p 217-254.
- SOFTWARE ADOBE Inc. 2023. Photoshop CC [software]. Versión 24.0
- URIBE S, HUERTA E, GEISSEN V, MENDOZA M, GODOY R, JARQUÍN A. 2012. *Pontoscolex corethrurus* (Annelida: Oligochaeta) indicador de la calidad del suelo en sitios de *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) con manejo tumba y quema. *Revista de Biología Tropical*, 60(4): 1543-1552.
- VARESCI V. 1992. *Ecología de la Vegetación Tropical*. Edición especial de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Bajo licencia del Editorial Eugen Ulmer. Stuttgart (Alemania). 306 p.
- VARGAS O. 2007. ¿Qué es la restauración ecológica? En: Vargas O, editor. *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Grupo de Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. p 17-29.
- VARGAS O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2): 221-246.
- VIVEK BG. 2018. Effect of restoration and surrounding Grassland proportion on the Dung Beetle metapopulation abundance in the fragmented Semi-natural Grasslands. *SLU Sveriges Lantbruksuniversitet. Swedish University of Agricultural Sciences*. Independent project/Degree project / SLU, Department of Ecology. Uppsala (Switzerland):Vol. 2018:16.
- WHITTAKER RH. 1965. Dominance and Diversity in Land Plant Communities: Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science*, 147(3655): 250-260.
- WILSON-SANDERS SE. 2011. Invertebrate models for biomedical research, testing, and education. *ILAR J*, 52(2): 126-52. doi: 10.1093/ilar.52.2.126. PMID: 21709307.