



MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS ASOCIADOS A TRES TIPOS DE COBERTURA EN PAISAJE DE LOMERÍO (CAQUETÁ, COLOMBIA)

Jean Alexander Gamboa Tabares, José Alfredo Orjuela Chaves, Leidy Lorena Martínez Muñoz & Fabián Andrés Muñoz Figueroa

Artículo recibido el 01 de Marzo de 2010, aprobado para publicación el 28 de Mayo de 2010.

Resumen

En tres tipos de cobertura (barbecho, bosque secundario y pasturas de *Brachiaria decumbens*) en paisaje de lomerío del Departamento de Caquetá (Colombia), se realizó un muestreo de suelos durante los meses de diciembre de 2009, enero, febrero y marzo de 2010, con el objeto de determinar la abundancia de macroinvertebrados edáficos. En cada cobertura vegetal, se determinaron cinco puntos de muestreo de 1 m² y se procedió a capturar y cuantificar los macroinvertebrados. Las variables evaluadas fueron número de individuos/clase (Oligochaeta, Miriapoda, Aracnida, Insecta). Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y un ANDEVA Factorial 3²x4 (3 sitios x 3 coberturas x 4 meses). No se presentaron interacciones en ninguna de las variables (P<0,05). El promedio de la clase Miriapoda fue más abundante (P<0,05) en rastrojo y barbecho (0,9 individuos.m⁻²) que en pasturas (0,3 individuos.m⁻²). La clase Insecta fue la más abundante y significativamente mayor (P<0,05) en pasturas (18,9 individuos.m⁻²) que en rastrojos o bosques (12,6 individuos.m⁻²). No se encontraron diferencias (P<0,05) para la abundancia de la clase Oligochaeta (1,3 individuos.m⁻²) y Aracnida (1,8 individuos.m⁻²). La abundancia de la clase Miriapoda e Insecta se plantea como indicador biológico de calidad de suelo.

Palabras clave: Abundancia, Amazonia, Arácnida, Insecta, Miriapoda, Oligochaeta.

EDAPHIC MACROINVERTEBRATES ASSOCIATED TO THREE TYPES OF COVERAGE IN SLOPED AREAS (CAQUETÁ, COLOMBIA)

Abstract

In three municipalities of Department of Caqueta (Colombia), a study was carried out with the aim of determine the abundance of soil macroinvertebrates associated to fallows, secondary forest and pastures of *Brachiaria decumbens*, in sloped areas. Sampling was carried out between December 2009 and March 2010. Five sampling points of 1 m², were determined for each vegetative coverage. The variables evaluated were number of individuals for each of the classes Oligochaeta, Miriapoda, Aracnida, and Insecta. Data were analyzed for a 3x3x4 factorial arrange (3 sites x 3 coverages x 4 months). There were no significant interactions (P<0.05) for any of the variables. Mean of Miriapoda class was more abundant (P<0.05) in fallows and forest (0.9 individuals.m⁻²) than in pasture (0.3 individuals.m⁻²). The Insect class was the most abundant and significantly greater (P<0.05) in pastures (18.9 individuos.m⁻²) than in fallow or forest (12.6 individuos.m⁻²). There were no differences (P<0.05) for abundance in the Oligochaeta class (1.3 individuos.m⁻²) or in the Aracnida class (1.8 individuos.m⁻²). The abundance of the Miriapoda and Insecta classes are suggested as biological indicators for soil quality.

Key words: Agroecosystems, Amazonia, Arácnida, Insecta, Miriapoda, Oligochaeta.

Introducción

En Colombia se presentan tasas de deforestación que van de 3,7% en zonas altamente pobladas, a 0,3% en áreas con muy baja población (Martino, 2007). La Amazonia colombiana abarca en total 483164 km², de los cuales hasta el año 2002, se habían deforestado 35788 km² y para 2007 esta cifra había aumentado a 41790 km² (Correa, 2010). Tradicionalmente la ganadería bovina de la región es una de las principales causas de la deforestación acelerada, pues ha sido manejada como una actividad extensiva y degradadora del suelo. Para el año 2006, en el Departamento del Caquetá existían 17393,42 km² establecidos en pasturas para ganado bovino y, 6696,86 km² en áreas de malezas y barbechos (Gobernación del Caquetá, 2008).

Simón (2006), Crespo y Fraga (2006) y Murgueitio *et al.* (2006), sugieren el uso de los sistemas silvopastoriles como alternativas viables para lograr la sostenibilidad ecológica y productiva de los pastizales tropicales, por su capacidad de potenciar la producción de biomasa y crear ambientes favorables para el ganado y la fauna edáfica. El sistema silvopastoril es una opción agropecuaria que contempla la presencia de los árboles, en estrecha interacción con los componentes suelo, estrato herbáceo y animales. Este sistema, manejado integralmente, tiende a incrementar la productividad y el beneficio ambiental a largo plazo (Pezo & Ibrahim, 1999 y Ruiz *et al.*, 2005). Actualmente se propone el diseño e implementación de sistemas silvopastoriles, como tecnologías innovadoras alternativas para el manejo de las praderas en la Amazonia colombiana y específicamente para las condiciones ecológicas del paisaje de lomerío en el Departamento del Caquetá, por ser en este donde se ha establecido la ganadería y donde se evidencian procesos severos de deterioro del suelo.

El avance de la agricultura en áreas con cierto grado de fragilidad hace necesario realizar evaluaciones del estado del sistema suelo mediante indicadores (Cantú *et al.* 2007). La

abundancia de macroinvertebrados, permite el diagnóstico y seguimiento de los cambios provocados por la conversión de barbechos de cinco años a sistemas silvopastoriles, pues son susceptibles a los cambios y desaparecen con facilidad del ecosistema edáfico.

Los factores ambientales, la heterogeneidad de los recursos del suelo y los procesos poblacionales interactúan para formar los patrones espaciales complejos propios de las comunidades edáficas (Ettema y Wardle, 2002). Así mismo, los macroinvertebrados influyen de manera fundamental en procesos esenciales para los hábitat en los que se desarrollan (Coleman y Hendrix, 2000), pues alteran la producción primaria, la estructura del suelo, los patrones de actividad microbiana, las dinámicas de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes en los agroecosistemas (Bonkowski *et al.*, 2000).

Estudios realizados por Pardo *et al.* (2006), en los que se evaluó la abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra (cafetal, potrero de ganadería extensiva y un bosque secundario), indicaron diferencias estadísticas significativas en la densidad y biomasa de macroinvertebrados para los estratos de los monolitos, y concluyeron que la estructura (vertical y horizontal) vegetal de los agroecosistemas, es el factor que determina la abundancia y biomasa de los macroinvertebrados; y de menor manera, inciden la variación química, física o microbiológica del hábitat. Acorde con lo anterior, Altieri (1999) menciona que la fauna edáfica en los sistemas agrícolas está relacionada con el tipo, edad, diversidad, estructura y manejo del cultivo.

De manera específica, Guillén *et al.* (2006) evaluaron la diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en bosque primario, bosque secundario y cafetal en Costa Rica. La investigación concluyó que existe una clara preferencia de hábitat por parte de algunas especies de colémbolos, tal es el caso de *Harlomillsia oculata* Mills, en el bosque primario; *Heteromurus* sp. en el bosque

secundario y *Lepidocyrtus* sp. en el cafetal, lo cual hace suponer que estas especies pueden ser utilizadas como un indicador biológico de la calidad del suelo o del manejo que se le está dando a los agroecosistemas.

Dada la relevancia del conocimiento de la ecología del suelo en el diseño de sistemas silvopastoriles, el objetivo de esta investigación fue determinar la abundancia de macroinvertebrados edáficos asociados a barbechos de cinco años, bosques secundarios de 15 años y pasturas *Brachiaria decumbens* Stapf, localizados en paisaje de lomerío de los municipios de Belén de los Andaquíes, Florencia y El Doncello, en el Departamento del Caquetá.

Materiales y métodos

El Departamento del Caquetá está ubicado entre los 02°04'13" de latitud norte y 00°42'17" de latitud sur, y entre los 74°18'39" y 79°19'35" de longitud al oeste de Greenwich. Las condiciones ambientales de los municipios en los que se desarrollaron los muestreos se indican en el Cuadro 1.

El muestreo de artrópodos asociados a hojarasca y mantillo de barbechos de cinco años, bosques secundarios de 15 años y pasturas *B. decumbens* de cinco años, se realizó con periodicidad mensual durante los meses de diciembre de 2009, enero, febrero y marzo de 2010. En cada tipo de cobertura vegetal, se determinaron cinco puntos de muestreo, cuyo origen y dirección fueron seleccionados al azar, los cuales estaban separados cada cinco metros en línea recta.

En cada punto de 1 m² se removió la hojarasca y

el mantillo hacia un plástico blanco que permitió una mejor observación y captura de los macroinvertebrados, de manera manual con ayuda de pincel. Los organismos capturados se cuantificaron, colocaron en cajas de Petri con formol al 10% para su limpieza y se depositaron en envases plásticos con alcohol al 75%, los cuales estaban debidamente marcados con un código que incluyó sitio de muestreo, número de punto y tipo de cobertura. Después de revisada la hojarasca se depositó en una bolsa plástica y se pesó en una balanza de brazo.

Las muestras de macroinvertebrados fueron trasladadas al Laboratorio de Entomología Agrícola de la Universidad de la Amazonia, ubicado en el Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual, en donde se realizó el proceso de determinación taxonómica a nivel de clase y orden, mediante el uso de claves taxonómicas especializadas para artrópodos de suelo. Individuos de cada especie encontrada, fueron montados en cajas entomológicas, con los respectivos protocolos de conservación y depositados en la colección de artrópodos de suelo de dicho centro de investigaciones.

Las variables evaluadas fueron: número de individuos/clase (Oligochaeta, Miriapoda, Arachnida, Insecta). Las variables no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo que se procedió a realizar la transformación de los datos de la variable Número de anélidos.m⁻² mediante la función $\text{Log}(x+1,5)$; y para las variables Número de miriápodos.m⁻², Número de arácnidos.m⁻² y Número de insectos.m⁻², se realizó la transformación de los datos mediante la función $\sqrt{x+0,5}$.

Para el procesamiento de la información, se

Cuadro 1. Condiciones ambientales de los sitios de muestreo.

Municipio	Localización geográfica	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Evaporación (mm/mes)	Brillo solar (horas/día)
Florencia	01°37'03" N 75°37'03" W	24,0	78,0	81,8	4,0
Belén de los Andaquíes	01°25'28" N 75°52'11" W	25,1	86,4	94,4	4,0
El Doncello	01°40'46" N 75°16'45" W	26,0	82,0	105,2	4,0

utilizaron técnicas de estadística descriptiva y, mediante un ANDEVA Factorial $3^2 \times 4$ (3 sitios x 3 coberturas x 4 meses) se compararon medias y se determinaron las agrupaciones respectivas para los factores evaluados.

Resultados y discusión

Hojarasca

Durante los cuatro meses de muestreo se obtuvo en promedio 1312 g.m^{-2} , 755 g.m^{-2} y 606 g.m^{-2} de biomasa vegetal para pastura *B. decumbens*, barbecho cinco años y bosque secundario 15 años, respectivamente. Durante el mes de diciembre, ocurre la época de bajas precipitaciones para el Departamento del Caquetá, y durante este se presentó baja cantidad de biomasa vegetal con promedios de 607 g.m^{-2} (pastura), 698 g.m^{-2} (barbecho) y 514 g.m^{-2} (bosque) (Figura 1).

Se pudo determinar que el bosque secundario presentó la menor biomasa de hojarasca y mantillo, debido a que las especies vegetales de regeneración natural en la región, tienen cambios lentos de la biomasa foliar; además, se evidenció en este tipo de cobertura, tejidos

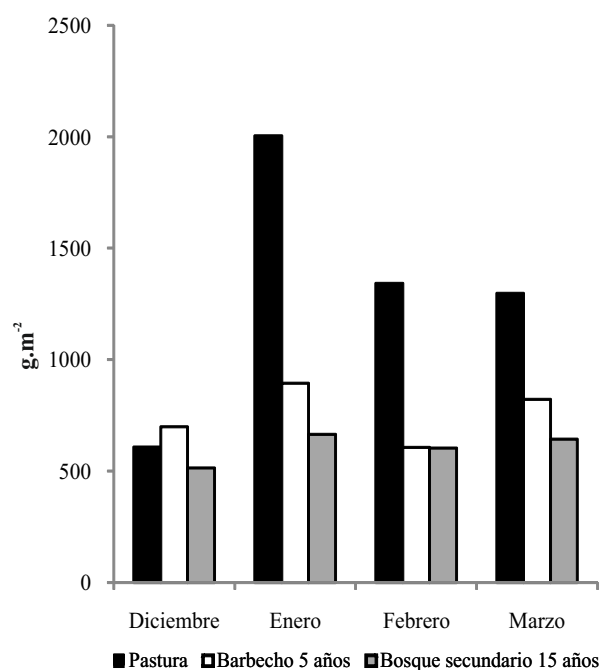


Figura 1. Biomasa (g.m^{-2}) de hojarasca y mantillo bajo tres tipos de cobertura en paisaje de lomerío

(hojas y ramas) duros sin humedad de árboles y arbustos. Por el contrario, la pastura siempre ofreció materia orgánica en estado vivo, con contenidos de agua que se ven reflejados en la cantidad de biomasa encontrada.

Al comparar la biomasa presente en los agroecosistemas evaluados, se encontró que los bosques y barbechos garantizan el 46,2% y 57,5% respectivamente, de la materia orgánica de una pastura. Lo anterior, está relacionado con las características de la biomasa encontrada en cada tipo de cobertura, pues los tejidos vegetales que se encuentran sobre el suelo de un bosque están totalmente necróticos, los de un barbecho presentan aproximadamente el 50% en estado necrótico y el 50% en estado vivo, y los de una pastura se encuentran en estado vivo con agua retenida en los tejidos, lo que influye directamente sobre el peso obtenido. Igualmente, la cantidad de biomasa puede relacionarse con la eficiencia de descomposición en cada uno de los agroecosistemas evaluados.

Durante el periodo de evaluación, se obtuvo en los barbechos y bosques secundarios evaluados, valores bajos para la biomasa presente en la capa superficial del suelo, con respecto a la encontrada en las pasturas. Se estima que los nutrientes liberados durante la descomposición de la hojarasca constituyen entre el 70-90% del total de nutrientes requeridos por las plantas (Waring & Schlesinger, 1985). De acuerdo con lo anterior, se sugiere que la capacidad de reciclaje de nutrientes en los barbechos cinco años, es insuficiente para garantizar el aprovechamiento del suelo mediante sistemas silvopastoriles.

Anélidos

Las coberturas de pastura y barbecho cinco años, presentaron una tendencia similar en el comportamiento de la abundancia de anélidos. La pastura de *B. decumbens* presentó en promedio $0,4 \text{ individuos.m}^{-2}$ durante el periodo de estudio, con máxima de $1,0 \text{ individuos.m}^{-2}$ (febrero) y mínima de $0,1 \text{ individuos.m}^{-2}$ (enero). El barbecho cinco años presentó en

promedio 2,6 individuos.m⁻², con máxima de 6,0 individuos.m⁻² (diciembre) y mínima de 0,5 individuos.m⁻² (enero). La tendencia se refiere al hecho de que en las dos coberturas, durante el mes de enero disminuyó el número de anélidos con respecto al mes de diciembre, aumentó para el mes de febrero y finalmente descendió para el mes de marzo, pero con diferente densidad y proporción (Figura 2).

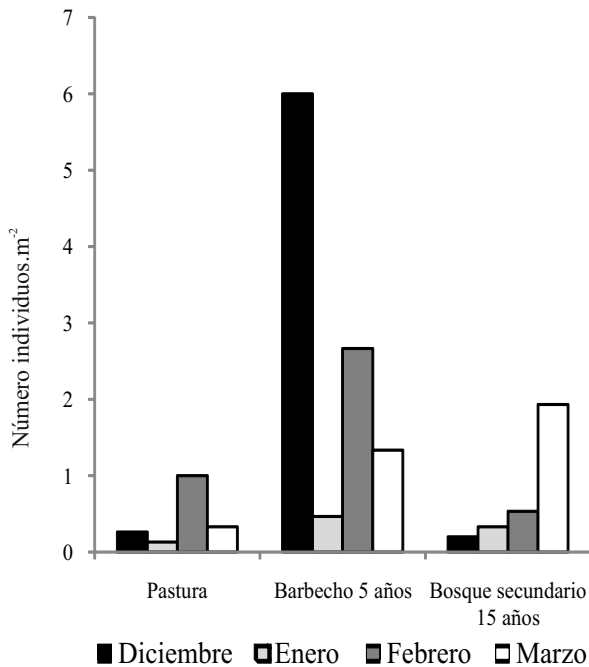


Figura 2. Abundancia de anélidos (Número de individuos.m⁻²) encontrados bajo tres tipos de cobertura en paisaje de lomerío.

En el bosque secundario, se evidenció una relación directa entre la densidad encontrada de anélidos y la precipitación. Durante los meses de diciembre y enero (bajas precipitaciones) se obtuvieron 0,2 y 0,3 individuos.m⁻², respectivamente; y para febrero y marzo (transición a altas precipitaciones) la densidad encontrada fue de 0,5 y 1,9 individuos.m⁻² (Figura 2).

La abundancia de anélidos correspondió al 6,8% del total de macroinvertebrados encontrados en los tres tipos de cobertura. Según Lee & Pankhusrt (1992) las lombrices ocupan la mayor proporción en la biomasa total de la fauna del suelo, su población puede variar entre 10 y 2000 individuos.m⁻² y la biomasa de

1,0-2,0 g.m⁻² hasta 300,0 g.m⁻². De manera similar, Sánchez (2007) determinó que la mayor cantidad de macroinvertebrados edáficos corresponden a las clases Insecta y Oligochaeta con el 52,3% y 34,4%, respectivamente; y Brown *et al.* (1999) menciona que a partir de una biomasa 30,0 g.m⁻², las lombrices de tierra pueden tener importantes consecuencias sobre el suelo y la productividad vegetal. Al comparar los resultados de la presente investigación con los reportados por estos autores, se evidencia que la densidad de anélidos encontrada en los agroecosistemas es baja (relacionada con baja cantidad de hojarasca y mantillo) y por lo tanto, los efectos benéficos de este grupo de invertebrados edáficos son limitados.

Miriápodos

En los tres agroecosistemas evaluados, la densidad de miriápodos más baja se presentó durante el mes de diciembre, con 0,0, 0,7 y 0,3 individuos.m⁻² para pastura, barbecho y bosque secundario, respectivamente. La tendencia en el comportamiento poblacional de los miriápodos, fue similar para la pastura *B. decumbens* y el bosque secundario; sin embargo, el promedio difiere en 0,3 individuos.m⁻² para pastura y 0,8 individuos.m⁻² para bosque. En el barbecho cinco años, se evidenció una relación directa entre la abundancia de miriápodos y la precipitación obtenida para el mes, con un promedio de 1,0 individuos.m⁻² para el periodo de estudio, máxima de 1,3 (marzo) y mínima de 0,7 individuos.m⁻² (diciembre) (Figura 3).

Según García (2001) la densidad de miriápodos promedio anual bajo condiciones de clima mediterráneo continental (España) fue de 4,9 individuos.m⁻² en parcelas sin intervención del fuego y en parcelas sometidas a fuego fue de 4,6 individuos.m⁻². Pardo *et al.* (2006) concluyó que la abundancia de miriápodos total presentes en tres agroecosistemas (pastura, cafetal y bosque) correspondió al 12,8% del total de macroinvertebrados y que los miriápodos alcanzaron mayor abundancia en cafetal con sombrío y bosque secundario, particularmente

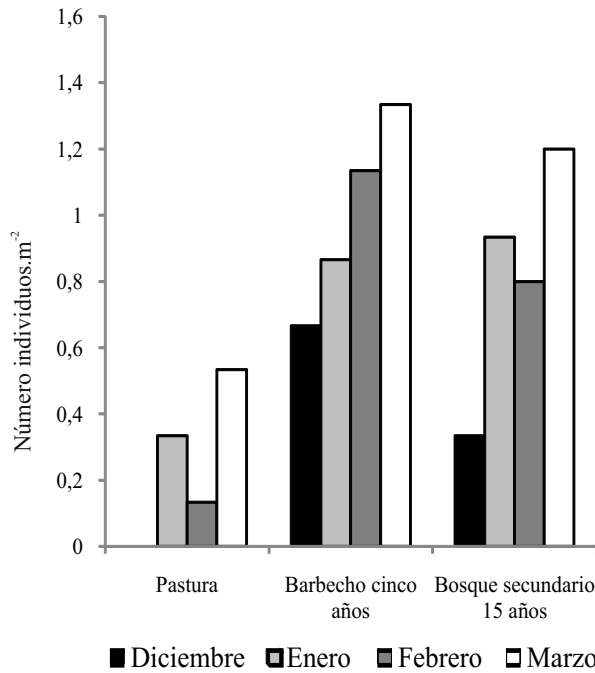


Figura 3. Abundancia de miriápodos (Número de individuos.m⁻²) encontrados bajo tres tipos de cobertura en paisaje de lomerío

en cafetal lograron valores de 238,0 ejemplares por estrato, con variaciones desde 40,0 a 616,0 y un coeficiente de variación 89,8, expresivo de baja dispersión de datos de captura, concentrada significativamente en los estratos hojarasca y 0-10 cm de profundidad. La abundancia de miriápodos en los agroecosistemas evaluados es inferior a la informada por los investigadores mencionados, lo que parece estar directamente relacionado con la poca cantidad de biomasa (hojarasca y mantillo) encontrada.

Arácnidos

Con respecto a los arácnidos (arañas y ácaros), se encontraron densidades iguales en las pasturas y barbechos evaluados, con 1,6 individuos.m⁻². La densidad promedio bajo cobertura de bosque fue de 2,3 individuos.m⁻², por lo que se concluye que la cobertura de *B. decumbens* garantiza aproximadamente el 70,0%, y los barbechos el 69,3%, de la abundancia de arácnidos que podrían encontrarse en un bosque. En las tres coberturas evaluadas se evidenció un efecto negativo de la precipitación sobre la densidad de arácnidos presentes, y al final del periodo de evaluación,

los tres sistemas presentaron abundancias bajas de 0,7, 0,9 y 0,9 individuos.m⁻² para pastura, barbecho y bosque, respectivamente (Figura 4).

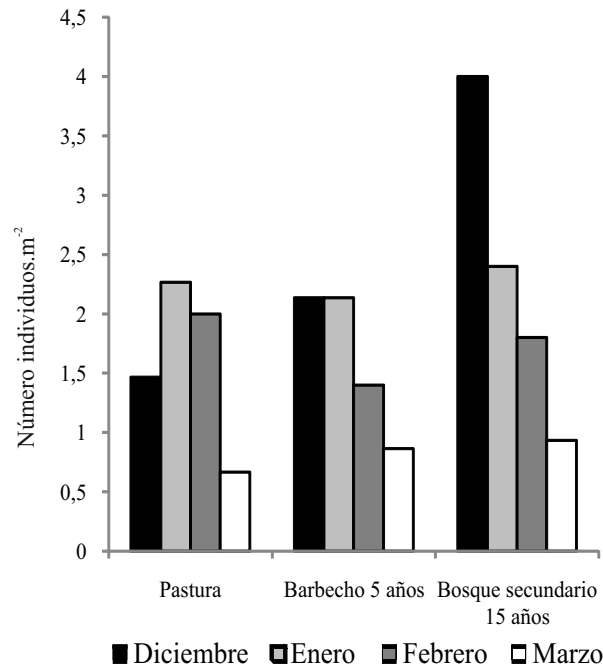


Figura 4. Abundancia de arácnidos (Número de individuos.m⁻²) encontrados bajo tres tipos de cobertura en paisaje de lomerío.

Insectos

Se evidenció una tendencia similar en la abundancia de insectos en la cobertura de barbechos y bosque secundario, la cual disminuyó a medida que aumentaba la intensidad de la precipitación en las zonas de muestreo. Durante el mes de diciembre se obtuvo la abundancia máxima de insectos, con 29,9 individuos.m⁻² y 25,3 individuos.m⁻² para barbecho y bosque secundario, respectivamente; y mínima durante el mes de marzo con 3,1 individuos.m⁻² para los dos tipos de cobertura. En la cobertura de pastura se obtuvo en promedio 19,0 individuos.m⁻², con máxima de 27,3 individuos.m⁻² (enero) y mínima de 12,4 individuos.m⁻² (marzo) (Figura 5).

Dentro de la clase Insecta asociada a la hojarasca de los agroecosistemas evaluados, resalta la presencia de termitas, hormigas, y estados larvales de coleópteros y lepidópteros.

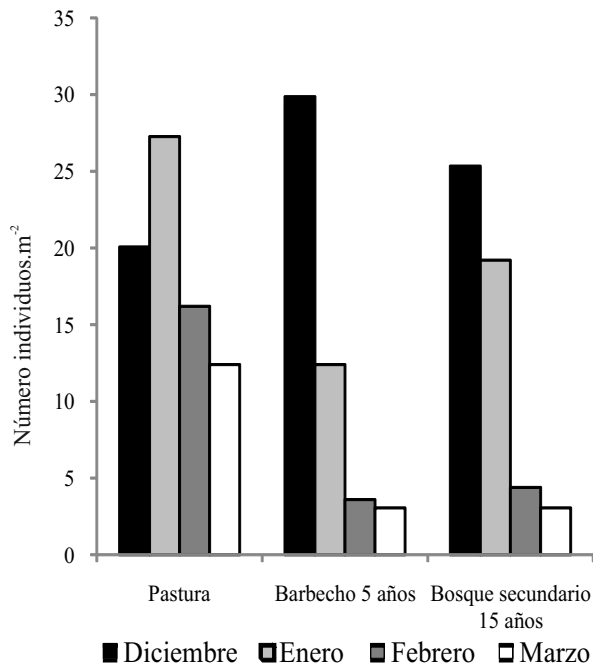


Figura 5. Abundancia de insectos (Número de individuos.m⁻²) encontrados bajo tres tipos de cobertura en paisaje de lomerío.

Durante el periodo de evaluación, el promedio de insectos encontrado en los tres tipos de cobertura fue de 19,0, 12,2 y 13,0 individuos.m⁻² para pastura, barbecho y bosque secundario, respectivamente. De acuerdo con lo anterior, la pastura es el agroecosistema que presenta mayor abundancia para la clase Insecta, y las coberturas de barbecho y bosque garantizan el hábitat del 64,4% y 68,5% de los insectos encontrados en las pasturas *B. decumbens*.

En muestreos realizados en hojarasca y hasta 30 cm de profundidad, Decäens *et al.* (2003) en coberturas de *B. decumbens* encontró una densidad media de insectos (termitas, hormigas y coleópteros) de 1254,0 individuos.m⁻², para selvas de galería 3778,0 individuos.m⁻² y en sabanas protegidas del fuego y pastoreo 2559,0 individuos.m⁻², y determinó que entre el 78,0% al 84,0% de la macrofauna se concentra en la capa de hojarasca y en los primeros 10,0 centímetros del suelo. Al comparar los resultados encontrados por estos investigadores y los de la presente investigación, se concluye que la clase Insecta presentó baja abundancia en los agroecosistemas evaluados, lo que se

relaciona directamente con la cantidad de hojarasca encontrada. Igualmente se suponen procesos lentos de descomposición de la materia orgánica, y por lo tanto, bajo ciclaje de nutrientes.

Factores de incidencia

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la abundancia de la clase Oligochaeta, entre los tres sitios de muestreo, meses de evaluación y coberturas evaluadas (Cuadro 2). De manera similar Pardo *et al.* (2006), determinaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas para la abundancia de lombrices en pasturas, cafetal con sombrío y bosque secundario, con medias de 2,7, 13,3 y 18,7 individuos.m⁻², respectivamente.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la clase Aracnida, entre los tres sitios de muestreo y entre las coberturas evaluadas (Cuadro 2). Para las coberturas se obtuvo en promedio 1,8 arácnidos.m⁻², lo cual es muy inferior a lo informado por Pardo *et al.* (2006), quienes concluyeron que las arañas son abundantes en cafetal (48,0 individuos.m⁻²) y bosque (42,7 individuos.m⁻²) y que las densidades de arácnidos bajo estas dos coberturas difieren estadísticamente frente a la de pastura que presentó 24,0 individuos.m⁻².

La clase Aracnida evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los meses de evaluación, con una abundancia máxima de 2,5 individuos.m⁻² para el mes de diciembre y mínima de 0,8 individuos.m⁻² para el mes de marzo. Se concluye que la clase arácnida disminuye su presencia a medida que aumenta la intensidad de las precipitaciones (Cuadro 2).

Para la clase Miriapoda se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres sitios de evaluación, y se determinó que el municipio de Belén de los Andaquíes, fue el sitio que presentó menor abundancia con 0,3 individuos.m⁻² y El Doncello fue el de mayor abundancia con 1,3 individuos.m⁻². Las coberturas de barbecho y

Cuadro 2. Abundancia de macroinvertebrados de acuerdo con localización, tipo de cobertura y época de muestreo.

Factor	Niveles	Oligochaeta	Miriapoda	Aracnida	Insecta
Municipio	Belén de los Andaquíes	2,7 ^a	0,3 ^a	2,3 ^a	16,0 ^{ab}
	Florencia	0,5 ^a	0,5 ^b	1,9 ^a	18,7 ^b
	El Doncello	0,6 ^a	1,3 ^c	1,2 ^a	9,5 ^a
Cobertura	Pastura	0,4 ^a	0,3 ^a	1,6 ^a	18,9 ^a
	Barbecho	2,7 ^a	1,0 ^b	1,6 ^a	12,2 ^b
	Bosque secundario	0,7 ^a	0,8 ^b	2,3 ^a	13,0 ^b
Meses	Diciembre	2,2 ^a	0,3 ^a	2,5 ^a	25,1 ^a
	Enero	0,3 ^a	0,7 ^b	2,3 ^a	19,6 ^a
	Febrero	1,4 ^a	0,7 ^{ab}	1,7 ^{ab}	8,1 ^b
	Marzo	1,2 ^a	1,0 ^b	0,8 ^b	6,2 ^b

^{a, b, c} Valores seguidos por la misma letra para los niveles de cada factor, no son significativamente diferentes para $P < 0,05$ según prueba de Duncan.

bosque secundario garantizan condiciones óptimas para los miriápodos (1,0 y 0,8 individuos.m⁻², respectivamente), con diferencias estadísticamente significativas frente a la pastura *B. decumbens* que presentó solamente 0,25 individuos.m⁻² (Cuadro 2). Los resultados anteriores difieren de los encontrados por Pardo *et al.* (2006), quienes determinaron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de miriápodos para las coberturas de pastura (45,3 individuos.m⁻²), cafetal bajo sombrío (218,7 individuos.m⁻²) y bosque (2,7 individuos.m⁻²). El número de miriápodos encontrados en la presente investigación es baja al compararse con los reportados para las condiciones de los Andes colombianos a una altura que osciló entre los 1380 y 1820 m.s.n.m.

Se evidenció una tendencia de aumento para el número de miriápodos en los tres agroecosistemas durante el periodo de evaluación, con diferencias estadísticamente significativas entre los meses de bajas precipitaciones y los de altas precipitaciones. Se concluye que los miriápodos son altamente susceptibles a los cambios existentes entre los sitios de muestreo, las condiciones ambientales, tipos de cobertura y composición florística presentes en zonas de lomerío (Cuadro 2).

La clase Insecta evidenció diferencias estadísticamente significativas para los tres sitios de muestreo. Las coberturas de barbecho y bosque secundario garantizaron condiciones homogéneas de hábitat para los insectos, con diferencias estadísticamente significativas frente a la pastura. Es de resaltar que la pastura evidenció mayor abundancia (18,9 individuos.m⁻²) de insectos, con respecto a las otras coberturas evaluadas. Durante los meses de diciembre y enero se encontraron en promedio 25,1 y 19,6 individuos.m⁻², con diferencias estadísticamente significativas con respecto a los meses de febrero y marzo en los que se obtuvieron 8,1 y 6,2 individuos.m⁻², respectivamente (Cuadro 2).

Según Pardo *et al.* (2006) las pasturas presentaron el 50,60% de la abundancia de macroinvertebrados encontrados en los tres agroecosistemas (pasturas, cafetal con sombrío y bosque secundario) evaluados. En la presente investigación, se obtuvo una densidad promedio de 63,8, 53,3 y 50,6 individuos.m⁻² para pastura, barbecho y bosque, respectivamente; lo que indica que la cobertura de pasturas representó el 38,3% de la abundancia de macroinvertebrados encontrados durante los muestreos, mientras barbechos y bosque secundario representaron el 31,4% y 30,3%, respectivamente. Los resultados encontrados son bajos al compararse

con los encontrados por Decäens *et al.* (2003), quienes determinaron la densidad poblacional de macroinvertebrados en bosques de galería y sabana en 4293,0 y 2830,0 individuos.m⁻², respectivamente; sin embargo, es posible que haya diferencias en la metodología aplicada por estos investigadores y la desarrollada en la presente investigación.

Al analizar la incidencia de la precipitación sobre la abundancia de macroinvertebrados en las tres coberturas evaluadas, se determinó para el mes de diciembre (bajas precipitaciones) una densidad de 30,1 individuos.m⁻², y para marzo (altas precipitaciones) de 9,2 individuos.m⁻². Los anteriores resultados no coinciden con Sánchez (2007), quien determinó que los macroinvertebrados edáficos presentan mayor abundancia en la estación lluviosa, con un promedio de 88,9 individuos.m⁻² en época de lluvias y 37,4 individuos.m⁻² en época seca y a profundidad de 30 cm, bajo condiciones de pastizales de *P. maximum*; y específicamente para macroinvertebrados edáficos presentes en la hojarasca, determinó una densidad de 37,5 individuos.m⁻² durante la época de lluvias y de 14,3 individuos.m⁻² durante la transición a época seca. Igualmente, Jiménez y Decäens (2004), asociaron la mayor abundancia de macroinvertebrados edáficos con el aumento de la humedad y temperatura del suelo. Es de mencionar, que los resultados obtenidos en el presente estudio fueron obtenidos en un periodo de cuatro meses, por lo que se recomienda para estudios posteriores, realizar análisis anuales que permitan determinar el efecto de las precipitaciones sobre la abundancia de macroinvertebrados edáficos.

Los valores de correlación de Pearson entre las clases de macroinvertebrados evaluados fueron bajos. Las clases Aracnida e Insecta, tuvieron un valor de correlación de 0,3; y para Oligochaeta e Insecta de 0,1. Lo anterior indica que la abundancia de las tres clases de macroinvertebrados, se ve influenciada de manera similar por el tipo de cobertura y las condiciones ambientales. Las correlaciones para Anélida-Miriapoda, Oligochaeta-Aracnida, Miriapoda-Aracnida y Miriapoda-

Insecta, fueron negativas, por lo que la abundancia entre estas clases de macroinvertebrados se ve influenciada de manera opuesta por el tipo de cobertura y las condiciones ambientales, en cada una de las relaciones planteadas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Correlaciones entre clases taxonómicas de macroinvertebrados encontrados bajo tres tipos de cobertura en paisaje de lomerío.

	Oligochaeta	Miriapoda	Aracnida	Insecta
Oligochaeta	1	-0,14	-0,05	0,06
Miriapoda		1	-0,20	-0,36
Aracnida			1	0,34
Insecta				1

Con respecto a los resultados expuestos, se plantea que el diseño de sistemas silvopastoriles a partir de rastrojos cinco años, debe incluir el enriquecimiento con especies arbustivas y arbóreas de alta capacidad de cambio en la biomasa aérea. Lo anterior, permitirá que al aumentar la biomasa presente en la capa superficial del suelo, aumenten los macroinvertebrados edáficos y así se hagan eficientes los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica, y por lo tanto el ciclaje de nutrientes.

Agradecimientos

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS por la financiación del proyecto “Manejo de la regeneración natural de rastrojos para la formación de sistemas silvopastoriles, que contribuyan a mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos de doble propósito, en paisajes de lomerío de la región consolidada del Departamento de Caquetá, Colombia” según Contrato de Cooperación Técnica RC No. 217 de 2008. A la Universidad de la Amazonia por facilitar mediante recursos humanos y económicos, el desarrollo de las actividades propuestas en la presente investigación. A los Grupos de Investigación “GISAPA (Grupo de

Investigación en Sistemas Pecuarios Amazónicos Sostenibles)” y “GIBA (Grupo de investigación en Bovinos para la Amazonia)”. Al Ingeniero Agroecólogo Wilmar Yovany Bahamón Díaz por su contribución en el desarrollo metodológico de la presente investigación. Al Semillero de Investigación Insectos de Importancia Agrícola en el Departamento del Caquetá – IIAC, por el acompañamiento de sus miembros en las actividades de campo y laboratorio planteadas.

Literatura citada

- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, ecosystems and Environment*, 74: 19-31.
- Bonkowski, M., W. Cheng, B. S. Griffiths, J. Alpeh & S. Scheu. 2000. Microbial-faunal interactions in the rizosphere and effects on plant growth. *European Journal of Soil Biology*: pp. 135-147.
- Brown, G., B. Pashanasi, C. Villaneve, J. C. Patron, B. K. Senapati, S. Giri, I. Barois, P. Lavelle, E. Blanchart, R. J. Blakemore, A. V. Spain & J. Boyer. 1999. Effects of earwhorms on plant production in the tropics. En: Lavelle, P., L. Brussaard, P. F. Hendrix (eds). *Earthworm management in tropical agroecosystems*. CAB International, Wallingford. pp. 87-147.
- Cantú, M. P., A. Becker, J. C. Bedano & H. F. Chiavo. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencias del Suelo* 25(2): 173-178.
- Coleman, D. C. & H. F. Hendrix. 2000. *Invertebrates as Webmasters in ecosystems*. CABI Publishing (CAB International). Wallingford. 336 p.
- Correa, P. 2010. Colombia ha perdido el 8,65% de su Amazonía. *El Espectador*, 30 de abril de 2010. Disponible en: <http://www.elespectador.com/impresso/cultura/vivir/articuloimpresso200962-colombia-ha-perdido-el-865-de-su-amazonia>. Consultado el 13 de julio de 2010, Hora: 11:00 p.m.
- Crespo, G. & S. Fraga. 2006. Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en sistemas silvopastoriles. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. Centro de Convenciones “Plaza América”, Varadero, Cuba. 104 p.
- Decaëns, T., P. Lavelle, J. J. Jiménez, G. Escobar, G. Rippstein, J. Schneidmadl, J. I. Sanz, P. Hoyos & R. J. Thomas. 2003. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. En: Jiménez, J. J. & R. J. Thomas (eds). *El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. pp. 21-45.
- Ettema, C. H. & D. A. Wardle. 2002. Spatial soil ecology. *Trends in ecology & Evolution* 17: 177-183.
- García-R., A. 2001. Estudio de los efectos de un incendio sobre las poblaciones de miriápodos. *Ecología* 15: 269-273.
- Gobernación del Caquetá. 2008. Plan de Desarrollo Así Construimos Futuro 2008-2011. 235 p. Disponible en: <http://www.caqueta.gov.co/planeacion.shtml?apc=p-l-1519687-1519687&x=1519687>. Consultado el 05 de agosto de 2010, Hora: 09:00 p.m.
- Guillén, C., F. Soto-A. & M. Springer. 2006. Diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 30(2): 7-17.
- Jiménez, J. J. & T. Decaëns. 2004. The impact of soil organisms on soil functioning under neotropical pastures: a case study of a tropical anecic earthworm species. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 329.
- Lee, K.E & Pankhurst, C.E. 1992. Soil Organism and sustainable Productivity. *Aust. J. Soil Res* 30: 855.
- Martino, D. 2007. Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. *Revista del Sur*. No. 169. 22 p.
- Murgueitio, E., P. Cuellar, M. Ibrahim, J. Gobb, C. A. Cuartas, J. F. Naranjo, A. Zapata, C. E. Mejías, A. F. Zuluaga, & F. Casasola. 2006. Adopción de sistemas agroforestales pecuarios. *Pastos y Forrajes* 29: 365.

Pardo-Locarno, L. C., C. P. Vélez, F. Sevilla & O. Madrid. 2006. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes colombianos. Editado para publicación en el marco de la disertación doctoral en Biología, "Variación Estructural de Comunidades de Macroinvertebrados Edáficos en Tres Sistemas de Uso del Suelo en el Municipio de Cerrito, Valle del Cauca". 14 p.

Pezo D. A. & M. Ibrahim, 1999. Módulo de Enseñanza Agroforestal No 2. Sistemas Silvopastoriles. Segunda Edición. CATIE, Costa Rica. 83 p.

Ruiz, T. E., G. Febles, H. Jordán, & E. Castillo. 2005. Las leguminosas: sus posibilidades para implantar sistemas ganaderos sostenibles. Revista Cubana Ciencias Agrícolas 39:501.

Sánchez-C., S. 2007. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril de *P. maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Tesis doctoral (Ciencias Agrícolas). Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 120 p.

Simón, L. 2006. Experiencias en el proceso de difusión, adaptación y mejora de la tecnología del silvopastoreo racional en Cuba. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. Centro de Convenciones "Plaza América", Varadero, Cuba. 98 p.

Warinng, R. H. & W. H. Schlesinger. 1985. Forest Ecosystems: Concepts and Management. Academic Press, New York. 192 p.

Jean Alexander Gamboa Tabares

Ingeniero Agroecólogo, Universidad de la Amazonia (Colombia). M.Sc. en agricultura ecológica, Universidad Nacional (Costa Rica). Docente-investigador Universidad de la Amazonia. Miembro activo de los grupos de investigación GIADER (Grupo de Investigación en Agroecología y Desarrollo Rural) y PRODUCIENDO.

Autor para correspondencia

E-mail: gamboatables@gmail.com

José Alfredo Orjuela Chaves

Médico Veterinario Zootecnista, Universidad del Tolima. Candidato M.Sc. en agroforestería. Docente-investigador Universidad de la Amazonia, adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Miembro activo de los grupos de investigación GIBA (Grupo de Investigación en Bovinos para la Amazonia) y GISAPA (Grupo de Investigación en Sistemas Pecuarios Amazónicos Sostenibles).

Leidy Lorena Martínez Muñoz

Ingeniero Agroecólogo, Universidad de la Amazonia. Miembro activo del IIAC (Semillero de Investigación en Insectos de Importancia Agrícola en el Departamento del Caquetá) y del GIADER (Grupo de Investigación en Agroecología y Desarrollo Rural).

Fabián Andrés Muñoz Figueroa

Ingeniero Agroecólogo, Universidad de la Amazonia. Miembro activo del IIAC (Semillero de Investigación en Insectos de Importancia Agrícola en el Departamento del Caquetá) y del GIADER (Grupo de Investigación en Agroecología y Desarrollo Rural).