

## Los sistemas silvopastoriles y la conservación de macroinvertebrados del suelo: una revisión.

### Silvopastoral systems and soil macroinvertebrate conservation: a review.

Pablo Felipe Chará<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estudiante Maestría en Ciencias Pecuarias, Universidad del Tolima; Extensionista Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible, Fedegan.

pablofchara@hotmail.com

#### Resumen

Los sistemas silvopastoriles son una alternativa de producción pecuaria que permite la interacción entre especies leñosas perennes y el componente tradicional. El objetivo de esta investigación consiste en aportar al conocimiento de los sistemas silvopastoriles y los macroinvertebrados, presentándolos como alternativas de producción pecuaria sostenible y estrategias de control de la calidad y la conservación de los recursos naturales. Para ello, se plantea una revisión bibliográfica que contenga los conceptos asociados y las principales investigaciones desarrolladas en el tema. Entre los hallazgos de interés del estudio se encontró que los sistemas silvopastoriles permiten el mantenimiento o incremento de la productividad a través del ciclaje de nutrientes y la protección del suelo, considerando al Botón de Oro como una especie arbustiva ideal para su funcionamiento, pues esta manifiesta un alto valor nutricional y servicio multipropósito, donde la hojarasca tiene un papel fundamental en el desarrollo e implementación de este tipo de sistemas. También, se encontró que los macroinvertebrados son organismos ideales para la identificación de las condiciones ecológicas de un sistema natural. Es decir, los macroinvertebrados son indicadores ecológicos (o bioindicadores), esto gracias a su amplia distribución geográfica, reacción de huida como indicador de contaminación, fácil muestreo, taxonomía bien conocida a nivel de género, además de la facilidad de uso de muchas de estas especies en evaluaciones susceptibles a contaminación. Se concluye que la implementación de sistemas silvopastoriles y la conservación de macroinvertebrados resulta ventajosa no solo para la protección ambiental, sino también para el incremento de la productividad.

Palabras clave: Botón de Oro, bioindicadores, hojarasca, producción pecuaria.

#### Abstract

Silvopastoral systems are a livestock production alternative that allows interaction between perennial woody species and the traditional component. The objective of this research is to contribute to the knowledge of silvopastoral systems and macroinvertebrates, presenting them as alternatives for sustainable livestock production and strategies for quality control and conservation of natural resources. For this, a bibliographic review is proposed that contains the associated concepts and the main research carried out on the subject. Among the findings of interest of the study, it was found that silvopastoral systems allow the maintenance or increase

of productivity through the cycling of nutrients and the protection of the soil, considering the Golden Button as an ideal shrub species for its operation, since it manifests a high nutritional value and multipurpose service, where litter has a fundamental role in the development and implementation of this type of system. Also, macroinvertebrates were found to be ideal for identifying the ecological conditions of a natural system. That is, macroinvertebrates are ecological indicators (or bioindicators), thanks to their wide geographic distribution, flight reaction as an indicator of contamination, easy sampling, well-known taxonomy at the gender level, in addition to the ease of use of many of these species in assessments susceptible to contamination. It is concluded that the implementation of silvopastoral systems and the conservation of macroinvertebrates is advantageous not only for environmental protection, but also for increasing productivity.

Keywords: Golden button, bioindicators, litter, livestock production

## Introducción

La erosión es probablemente el tipo de degradación más común en el mundo; la magnitud de este fenómeno es alta, particularmente en Asia, África y Suramérica con promedios de pérdida entre 30 a 40 toneladas de suelo  $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  (Murgueitio, 2003). Las cifras anteriores se pueden comparar con valores promedios de los procesos de formación del suelo que acercan a una tonelada  $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  (FAO, 1996). “En Colombia los procesos erosivos con mayor incidencia están asociados a la erosión hídrica superficial que viene afectando un 79% equivalente a 90,3 millones de hectáreas del territorio nacional, seguidos en menor proporción por la remoción en masa cuyo porcentaje llega a un 14,9 % equivalente a 16,5 millones de hectáreas” (IDEAM, 1998).

Como lo indica Villatoro y Sáenz (2006), la clasificación de uso de suelo en paisajes ganaderos generalmente se realiza tomando en cuenta la densidad de árboles independientemente la cobertura de copa. Y teniendo en cuenta que Tabares *et al.*, (2010), 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 producir biomasa y ambientes favorables para el ganado y

fauna edáfica. Los sistemas silvopastoriles son “una modalidad de la agroforestería en la que se combinan en el mismo espacio plantas forrajeras, como gramíneas y leguminosas rastreras, con arbustos y árboles destinados a la alimentación animal y otros usos complementarios” (Murgueitio e Ibrahim, 2008).

Una especie arbustiva que más está generando impacto en este tipo de arreglos agroforestales es el Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*), perteneciente a la familia *Asteraceae* se describe como una planta herbácea de flores amarillas, hojas simples y alternas de tres a cinco lóbulos; de alto valor nutricional y rápida recuperación; luego del ramoneo, produce gran cantidad de forraje y resiste sequía. Se puede asociar con pastos y leguminosas, tiene un amplio rango de adaptación, trópico bajo, medio y alto”. (Solarte *et al.*, 2013). Debido al amplio margen de adaptación del botón de oro y su adopción en crecimiento por parte de los ganaderos del país, es necesario evaluar su impacto. Así, para hacer la evaluación del estado de perturbación o conservación del suelo y del ecosistema se puede tener en cuenta la mesofauna edáfica, la cual agrupa los invertebrados mayores a dos milímetros de diámetro, estos organismos son importantes en la transformación de las propiedades suelo (Cabrera, 2012).

La macrofauna varía en su composición, abundancia y diversidad, dependiendo del estado del suelo causado por el uso de la tierra, lo que permite tener en cuenta estas poblaciones como bioindicadores (Pashanasi, 2001). Por otra parte, la presencia de hojarasca en el suelo es indispensable, ya que como lo manifiesta Olson (1963), tras la caída y descomposición de la hojarasca se regulan los flujos de energía y la productividad primaria. Además, la hojarasca constituye la vía principal de entrada de nutrientes al suelo y es uno de los puntos claves del reciclado de materia orgánica y de los nutrientes (Sánchez *et al.*, 2008).

### Los reportes teóricos

Para iniciar, es necesario resaltar que el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2011), consideran que teniendo en cuenta los diferentes niveles de degradación de las áreas y la necesidad de poseer fundamentos para lograr su adecuada conservación y uso sostenible, se debe adelantar la priorización de áreas para restaurar a escala nacional y regional, a partir de estudios y elaboración de propuestas que fundamenten la toma de decisiones.

Como lo manifiesta Andrade, Arguedas y Vides (2011), se puede identificar las características de la estructura y función del ecosistema necesarias para prestar bienes y servicios cruciales del ecosistema. Para predecir si un ecosistema está bajo amenaza debido a que está siendo utilizado más allá de su capacidad, esta evaluación es muy importante si se tiene en cuenta que dos terceras partes de los ecosistemas se encuentran sobreexplotados.

Zapata *et al* (2009), consideran que la ganadería extensiva ha sido la responsable de que gran parte de la deforestación, al convertir las selvas en pastizales artificiales, los cuales provocan cambios importantes en la estructura física del suelo, como su

compactación y pérdida de fertilidad. Para revertir tales efectos se invierten esfuerzos y recursos económicos. No obstante, la ganadería puede realizarse bajo arreglos ecoamigables, entre los cuales se cuentan los diversos sistemas silvopastoriles.

### ¿Qué son los Sistemas Silvopastoriles?

Uno de los beneficios de los sistemas agroforestales son el mantenimiento o incremento de la productividad a través del ciclaje de nutrientes y la protección del suelo, aumento de productividad de un área determinada a través del arreglo espacial de la asociación de árboles y otras especies y crear un depósito de capital disponible para satisfacer los costos variables (Mendieta y Rocha, 2007). Así, las ventajas que se pueden obtener sobre los monocultivos de pasto son: aprovechar el espacio vertical y más aprovechamiento de la luz solar; microclima más moderado; mayor protección de la erosión y obtener productos adicionales.

Al respecto, Mahecha (2002), manifiesta que el silvopastoreo es un sistema de producción pecuaria en donde las leñosas perennes interactúan con el componente tradicional, bajo un sistema de manejo integral, que ha sido planteado como una alternativa de producción sostenible que permite reducir el impacto de los sistemas de producción convencional. Además, la ganadería tropical en muchos casos está relacionada con bajos índices de productividad, rentabilidad e impacto negativo al medio ambiente, los sistemas silvopastoriles constituyen una estrategia para mejorar los indicadores económicos, sociales y ambientales en las fincas ganaderas (Villanueva *et al.*, 2009).

Para Gómez (2007), los sistemas silvopastoriles después de su adopción generan en los productores el reconocimiento del valor de los árboles en sus fincas y los beneficios de mantenerlos en los potreros, ya que constituyen una

fuelle de postes, madera y leña, que a su vez proveen frutos para sus animales, además de sombra también, el aumento potencial de la conectividad de los bosques y movimiento de fauna silvestre. Estas prácticas generan gran valor en la conservación de los recursos naturales. Por tal motivo es indispensable demostrar la relación existente entre la biodiversidad y los principales usos del suelo.

Igualmente, para Gómez (2007) hay que tener en cuenta que la mayor amenaza a los bosques tropicales no la constituye la sobreexplotación sino la conversión a otros usos resultado de la subutilización de los bosques.

#### Potencial de los arbustos

Hay una gran variedad de especies arbustivas en Colombia consideradas como potenciales por su alto valor nutricional y servicio multipropósito dentro de los sistemas silvopastoriles, estas son: Nacadero (*Trichantera gigantea*), Leucaena (*Leucaenaleucocephala*), Algarrobo (*Prosopisjuliflora*), el Chachafruto (*Eythrinaedulis*), el Pízamo (*Erythrina fusca*), el Guacimo (*Guazumaulmifolia*), el Matarratón (*Gliricidiasepium*) y el Botón de oro (*Tithonia diversifolia*), esta última, muy importante por su alto volumen de forraje, valor nutricional y buen rendimiento para BF y SSPi (Mahecha, 2002).

El botón de oro está clasificado en una familia con más de 15.000 especies ampliamente distribuidas por todo el mundo (Gómez y Rivera, 1987). Nash (1976), la describe como una planta herbácea de 1,5 a 4,0 metros de altura con ramas fuertes a menudo glabras, con hojas alternas, pecioladas, las hojas en su mayoría de 7,0 a 12 centímetros de largo y de 4,0 a 20 centímetros de ancho, con 3 a 5 lóbulos profundos cuneados hasta subtruncados en la base y la mayoría decurrentes en la base del peciolo, bordes aserrados pedunculados fuertes de 5 a 20 centímetros de largo. "la propagación se puede hacer por estaca y

por semilla. Se utilizan estacas de 20 a 30 centímetros de largo, de la parte media de los tallos verdes; esto permite un enraizamiento rápido.

La semilla se puede sembrar en semillero o directamente en campo (Ríos, 2002); el género *Tithonia*, comprende diez especies, todas de origen de México o Centro América, actualmente se encuentra distribuida en la zona tropical. Según Solarte *et al.*, (2013), esta planta se adecúa a un rango altitudinal de 0 – 2.500 msnm, precipitación de 800 – 5.000 mm año<sup>-1</sup>, un rango de temperatura de 14 – 30 °C, pH entre 4,5 – 8,0, fertilidad del suelo baja o alta, no tolera suelos encharcados o con iones de aluminio y se adapta a suelos ácidos a ligeramente alcalinos, suelos pesados y bajo contenido de fósforo.

La clasificación taxonómica es como sigue:

División: Espermatophyta  
Clase: Dicotiledonea  
Orden: Campanuladas  
Familia: Compositae  
Género: *Tithonia*  
Especie: *Tithoniadiversifolia*  
(Ríos y Salazar, 1995)

Botón de oro, se puede utilizar en arreglos silvopastoriles de alta y media densidad, se utiliza también como abono verde y como restaurador de suelos degradados donde incorpora materia orgánica y ayuda a que el fósforo sea soluble para otras plantas cultivadas y planta alelopática (Zapata y Vargas, 2013). En cuanto al contenido nutricional, Ríos (2002), referencia que se encontró un 28,51% de proteína a los 30 días de edad y hasta un 14,84% de la materia seca cuando se evaluaba a los 89 días, la proteína digestible también disminuía del 22,19% al 10,08% para la misma época de crecimiento y el porcentaje de fibra cruda de la materia seca era variable a través del tiempo con valores entre, 1,63% y 3,83%. También, el porcentaje de humedad del forraje verde varió de 85,9% (a los 30 días), hasta el

76,75% (89 días). Según este autor, los contenidos de calcio y fósforo expresados como porcentaje de la materia seca, disminuían a medida que se desarrollaba la planta, 2,25% a 1,65% para el calcio y 0,39% a 0,32% el fósforo. En cuanto a la materia seca los valores del magnesio variaban entre 0,046% y 0,060%.

### **Los Macroinvertebrados como bioindicadores**

Para el Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales (GTAR, 2009) de la universidad de Sevilla, los macroinvertebrados son organismos que se han utilizado con mayor frecuencia en estudios relacionados con contaminación de los ríos, como indicadores de las condiciones ecológicas de la calidad de las aguas debido a que; son razonablemente sedentarios, tienen un ciclo de vida largo en comparación a otros organismos, abarcan en su conjunto un amplio espectro ecológico y tienen un tamaño aceptable frente a otros microorganismos.

Los bioindicadores señalan los posibles efectos de una alteración de las condiciones del medio donde una comunidad habita y pueden evidenciarse a diferentes niveles. Los macroinvertebrados son los organismos más utilizados como bioindicadores por diversas circunstancias, entre otras su amplia distribución geográfica, reacción de huida como indicador de contaminación, fácil de muestrear, taxonomía bien conocida a nivel de género, además, se pueden usar muchas especies en evaluaciones susceptibles a contaminación (Prat, Ríos, Acosta y Rieradevall, 2009).

Según García (2004) y Celis (2009), los indicadores biológicos están ganando acogida por que brindan respuestas integradoras, combinando la acción de los contaminantes y otras fuentes de estrés, revelando los efectos de intervención, mientras que los efectos físico-químicos solo dan respuesta a lo largo del tiempo. Así, teniendo en cuenta a Guerrero *et al* (2003),

el concepto de bioindicador es definido como una especie, población o comunidad que tiene requerimientos específicos con relación a un conjunto de variables físico-químicas dadas y que están fuera de sus límites.

Los macroinvertebrados se han estudiado en mayor medida sobre la calidad del agua ya que requieren una gran diversidad de requerimientos ecológicos. El uso de índices de diversidad como los índices bióticos constituye una evolución conceptual importante en la bioindicación, así, el concepto organismo indicador fue sustituido por comunidad indicadora, ya que como lo indica Tercedor (1996) “al tener en cuenta a toda la comunidad se minimizan los errores y se multiplican la capacidad de detección de alteraciones”.

### **Estudios en macroinvertebrados del suelo**

El estudio de las comunidades de macroinvertebrados abarca innumerables aspectos, los cuales permiten conocer la dinámica de las diferentes comunidades y poblaciones en relación con su medioambiente, para predecir cambios que podrían ocurrir en el ecosistema como consecuencia de las alteraciones en la calidad de las condiciones ambientales (Díaz, 2007). Para poder evaluar la biodiversidad de una zona o población es necesario utilizar índices ecológicos que ayuden a comprender la situación de biodiversidad para cada muestreo. Estos índices presentan la diversidad de los puntos de muestreo considerando las variaciones de abundancia y riqueza, si bien los índices corresponden a caracterizaciones similares de la diversidad, presentan relevancia informativa en tanto entreguen información directa asociados a diversidad (Consultores Ambientales, GESAM, 2012).

Según Cabrera (2012), se han utilizado un grupo variables de organismos para predecir el estado del suelo a partir de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Muchos macroinvertebrados son muy importantes en la transformación de las propiedades del suelo, ya que actúan como generadores de poros, infiltración de agua y mineralización de la materia orgánica. Parte de los macroinvertebrados actúan en la trituración de los restos vegetales y otros funcionan como depredadores de animales vivos de la macrofauna. En los bosques de Cuba, se observó una alta riqueza de los órdenes de macrofauna Hymenoptera y Coleoptera, que posteriormente se vieron reducidos por el aumento en el nivel de antropización. Al respecto, Rodríguez (2000), plantea que las lombrices como bioindicadores de procesos de degradación son exactos ya que se encuentran desde sabanas y pastizales de los trópicos húmedos seguidos de bosques primarios, plantación de árboles y tierras en descanso hasta sistemas con alta intervención agrícola donde estas poblaciones estuvieron desfavorecidas.

Los resultados encontrados por Gamboa *et al.*, (2010), en un estudio realizado sobre el suelo con el objeto de determinar la abundancia de macroinvertebrados edáficos en diferentes tipos de cobertura vegetal (barbecho, bosque secundario y pastura con *Brachiaria Decumbens*), en el departamento del Caquetá, arrojaron que había mayor presencia de la clase Myriapoda en barbecho que en pastura, la clase insecta fue la más abundante y significativamente mayor en pastura que en barbecho o bosque, además, no se encontraron diferencias significativas en la clase Oligochaeta y Aracnida, concluyen los autores que la presencia de las dos clases de macroinvertebrados se presenta como indicado biológico de la calidad del suelo.

Por su parte Díaz (2009), evaluó la caída y descomposición de la hojarasca y la presencia de macroinvertebrados en cuatro tipos de cobertura del suelo (cafetales con sombrío, cafetal a libre exposición solar, relictos de selva y guaduales). El mayor número de macroinvertebrados colectados fue en el relicto de bosque, donde las clases

Hymenoptera, Arachnida y Diplopoda representaron el 75%, posteriormente se encontraron en el cafetal a libre exposición solar donde se destacaron las clases Coleoptera y Arachnida en un 43%, mientras que entre el cafetal con sombrío y el guadual no hubo diferencias significativas los grupos dominantes fueron Arachnida, Coleoptera y Diplopoda. Se encontró que las poblaciones de estos organismos fueron mayores en el relicto de bosque seguido de los cafetales a libre exposición del sol y con sombrío.

En el trabajo realizado por Pardo *et al.*, (2011), en Piedemonte caqueteño en parcelas de pasturas y relictos de selva durante la época seca y húmeda, se concluye que los escarabajos se ven afectados por el uso extensivo de las pasturas y el detrimento de la materia orgánica, fuente principal de alimentos para los Coleopteros; también concluye que es indispensable pasar de las pasturas convencionales a sistemas silvopastoriles que tengan un efecto positivo y de aumento sobre la biodiversidad.

Para González *et al.* (2011), el arreglo espacial y de manera implícita de las unidades de paisaje presentan un continuo disturbio antropogénico, en el que la vegetación secundaria representa una alta riqueza y donde se alternan especies de hábitad perturbados y bosques, por otra parte, aunque el cambio en la composición de especies es un efecto negativo en la diversidad original del bosque, la desaparición de vegetación secundaria y de remanentes de bosque nativo haría más homogéneo el paisaje y la pérdida de especies sería permanente.

La conservación biológica y la producción agropecuaria solo pueden compatibilizarse, si mantienen un balance entre áreas boscosas en conservación y áreas aprovechadas para actividades económicas, la permanencia de áreas continuas conectadas en medio de sistemas agropecuarios dominados por los sistemas



agroforestales facilita el flujo biológico (Harvey e Ibrahim, 2003).

De acuerdo con Garzón (2006), la presencia de ciertos órdenes de macroinvertebrados presentes en sitios de alto grado de intervención antrópica, debido a la presencia de ganadería y agricultura, da como resultado la menor diversidad y menor riqueza entre sitios de muestra. Otros organismos de vuelo largo son característicos de sitios con baja cobertura, ya que este medio se presta para su permanencia y desplazamiento. Garzón (2006), hace referencia a que considerando los hábitat homogéneos originalmente se esperaría que cada población de macroinvertebrados fuesen similares entre sí, debido a los parches encontrados en las áreas de muestreo las especies halladas presentan unas diferencias notables, debido al fraccionamiento del hábitat original.

Estudios realizados por Valencia *et al.* (2005), encontraron 6 órdenes y 11 familias que indicaban algún grado de perturbación. Los bosques ribereños no demuestran alteraciones por efectos antrópicos, sin embargo, la presencia de fosfatos evidencia el vertimiento de detergentes químicos utilizados para la fumigación y fertilización de cultivos aledaños.

Por último y tomando lo dicho por Chará *et al.*, (2007), en las cuencas hidrográficas es donde más se han estudiado las poblaciones de macroinvertebrados como bioindicadores, ya que las cuencas con zonas de amortiguación de las actividad ganadera con corredores ribereños, presentaron menor turbidez, demanda bioquímica de oxígeno y abundancia de macroinvertebrados del orden Trichoptera y Ephemeroptera, Plecoptera, demostrando generar un ambiente más adecuado para este tipo de organismos.

### **Muestreo de Macroinvertebrados**

El monitoreo es una indagación científica que cumple con todas las consignas y a

menudo trata de acercarse a la siguiente inquietud de conservación y/o manejo. Esta definición tiene la ventaja de que según la rigurosidad del estudio, es posible que se pueda culpar una causa particular de las diferencias que muestran los datos, la limitación es que el monitoreo debe ser diseñado con todo el rigor de una indagación científica (Perovic *et al.* 2008).

Según estudios de Martelo *et al.*, (2012), el muestreo de macroinvertebrados a nivel de ecosistemas se debe dividir por estratos (suelo, rasante, herbácea y arbustivo); así, se realizan las colectadas de forma estructurada y utilizando varias metodologías de captura según el estrato, posteriormente se realiza la medición, identificación en grandes unidades taxonómicas (familias o grandes grupos), o hábitos tróficos. Una de las herramientas a utilizar para la toma de muestras es el transecto.

Para Maroñas *et al.*, (2010), es muy importante utilizar los métodos adecuados según el sitio de muestreo y diseñar un protocolo que garantice la toma de información requerida de acuerdo con el análisis para lograr los objetivos del estudio planteado. Si se desea conocer el tamaño de una población es ideal trabajar con toda la población, pero debido a que esto no es posible se debe trabajar con una muestra del universo que se desea conocer, los resultados obtenidos a partir de un muestreo son estimadores de los valores reales que se quieren identificar. Es de conocer que para Maroñas *et al.* (2010), la elección del tamaño de la muestra requiere considerar la disponibilidad de tiempo, dinero y personal, debiéndose llegar a compromisos entre la calidad de la muestra y el esfuerzo posible.

Estudios realizados por Sanabria y Chacón (2011), utilizando hormigas, determinaron que su abundancia se correlacionó directamente con la riqueza de especies y con el número de especies exclusivas. La riqueza fue mayor en la ventana

agroforestal (24 especies), seguida de la silvopastoril (19) y de la tradicional (8). Cinco especies fueron comunes y marcaron las diferencias en composición.

### Medición de Hojarasca

La hojarasca se refiere a todos los residuos orgánicos sobre la superficie del suelo, tales como hojas, ramas, frutos y semillas, la acumulación de estos residuos constituye un retorno directo de la materia orgánica y los nutrientes del suelo (Andrade e Ibrahim, 2003). Por su parte, Crespo y Pérez (1999), definen a la hojarasca como la acumulación de residuos vegetales (hojas y tallos) sobre la superficie del suelo, esta queda distribuida sobre toda el área y contribuye de forma significativa con el flujo de nutrientes y la energía, así como con las reservas húmicas del suelo. “La biota del suelo constituye una fracción primordial de la biodiversidad terrestre, la mayoría de la energía capturada por la vegetación se utiliza por la biota para una serie de funciones esenciales de la integridad y productividad del sistema” (Martin y Lavelle, 1992).

Según estudio realizado por Arias *et al.*, (2008), el estudio y cuantificación de la hojarasca consiste en el muestreo y obtención del peso húmedo de los residuos orgánicos. La descomposición de la hojarasca es importante para los procesos vitales y las relaciones tróficas que se realizan en los suelos, de ésta dependen los ciclos bioquímicos y las transformaciones de la materia orgánica en los ecosistemas. Además, el índice de descomposición de la hojarasca no depende solo de los factores ambientales, como la temperatura y precipitación y la tasa de descomponedores (Torres, 2010).

Al respecto, Sánchez *et al.*, (2008), señalan que la hojarasca constituye la vía de entrada principal de nutrientes al suelo y es uno de los puntos clave del reciclaje de la materia orgánica y de los nutrientes.

En estudios realizados en Córdoba por Ruíz y Gz-Janiza (2012), al evaluar pasturas con arreglos silvopastoriles, encontraron 6 órdenes de macroinvertebrados y la mayor concentración de individuos ocurría en la hojarasca con un 49,5%, del trabajo los autores concluyen que los macroinvertebrados del suelo son reguladores de muchos procesos del ecosistema tienen efectos positivos en los procesos de la conservación de la estructura del suelo, actúan sobre el microclima, la humedad y la aireación pueden activar o inhibir la actividad de los microorganismos y están involucrados en la conservación y ciclado de nutrientes.

Hay que tener presente a Chará *et al.* (2007), donde hacen énfasis en la importancia de los árboles para mantenimiento e incremento de materia orgánica, mediante la fijación de carbono y aportes de hojarasca y descomposición de la misma, recuperación de nutrientes desde capas profundas del suelo, fijación de nitrógeno y otros elementos, así como otros complementarios como lo son protección del suelo de la erosión, reducción de la tasa de descomposición de materia orgánica por mantener una menor temperatura y reducción de los cambios extremos de temperatura protegiendo la vida del suelo.

Así mismo se debe resaltar que “La biodiversidad en sentido amplio, y en estas están identificadas de manera específica los Sistemas de Áreas Protegidas articulados con el enfoque de la funcionalidad del paisaje” (Halfpter y Moreno, 2005). En estos sistemas las partes que los integran, deben relacionarse para que se dé el flujo de energía y materia, de manera orientada al sustento de funciones ecológicas (procesos ecológicos) y su interacción. Esto permitiría mantener la funcionalidad de los paisajes y ecosistemas, y con ello la generación y mantenimiento de servicios ecosistémicos.

Para, Crespo y Pérez (1999), la hojarasca es la acumulación de residuos vegetales sobre la superficie del suelo, que son sometidos a



una serie de procesos interrelacionados que implican la ruptura, la transformación química y posterior liberación de minerales que constituye una importante fuente de nutrientes para las plantas. Petit *et al.*, (2011), con respecto a los bancos de forraje, consideran que la poda altera la periodicidad de la caída de las hojas, sobre todo si son cantidades importantes de biomasa foliar las que se eliminan en estas prácticas, aunque también proporciona un gran impulso al enriquecimiento de nutrimentos por abono verde o forraje. Es notorio que los estudios de producción de hojarasca en bancos de forraje en la literatura son escasos y poco se conoce de la dinámica de la hojarasca producida por las especies leñosas en estos sistemas (Petit *et al.* 2011).

En la región tropical, los macroinvertebrados del suelo desempeñan un papel clave en el funcionamiento del ecosistema, debido a que contribuyen con diferentes servicios al ecosistema, mediante su acción sobre los procesos del suelo (Sánchez *et al.*, 2011). En la evaluación del proceso de descomposición de la hojarasca es uno de los más importantes, pues a través de él, se libera materia orgánica y nutriente al suelo. Según Lavelle (2000), entre los factores que regulan este proceso se encuentran: el clima (especialmente la temperatura y la humedad), la composición química de la hojarasca y los organismos del suelo. "Estos últimos contribuyen a la descomposición, al fragmentar la hojarasca e ingerir materia orgánica" (Brusaard, 1997).

## Referencias

- Andrade, A; Arguedas, S; & Vides, R; (2011). Guía para la aplicación y monitoreo del enfoque ecosistémico. CEM-UICN, CI-Colombia, ELP-UCI, UNESCO MAB, p 42.
- Andrade, H; Ibrahim, M. (2003). Como monitorear al secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles. *Revista Agroforestería en la Américas* 10: 39-40, 109-116.
- Arias, L; Dosssam, M; Camargo, J. 2008. Muestro y cuantificación de hojarasca. Cuantificación y Monitoreo de Biomasa y Carbono en Algunos Sistemas Silvopastoriles. COLCIENCIAS. UTP. G.A.T.A. CIEBREG. P.24.
- Brusaard, L. 1997. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio* 26: 563
- Cabrera, G; Robaina, N; & Ponce de León, D. 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y mayabeque Cuba. *Pastos y Forrajes* 34: 331.
- Cabrera, G. 2012. La Macrofauna edáfica como indicadores biológicos del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes* 35: 349-364.
- Celis, L. 2009. Acciones para la gestión local del recurso hídrico en la microcuenca Los Ángeles de Alcalá, Valle del Cauca. Trabajo de Grado presentado para optar al título de administrador ambiental.
- Chará, J; Pedraza, G; Giraldo, L; Hincapié D; 2007. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en zona ganadera del río La Vieja. *Agroforesteria en Las Américas* 45: 72-79.
- Consultores Ambientales GESAM. 2012. Estudios complementarios flora y fauna acuática. Proyecto Minicentral de Pasada Huenteleufu. Santiago.
- Crespo, G; Pérez, A; 1999. Significado de la hojarasca en el reciclaje de nutrientes en los pastizales permanentes. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 33: 349.
- Dias, P.F.; Souto, S.M.; Correia, M.E.F.; Rodrigues, K.M. & Franco, A.A. 2007. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria*

- brizantha cv. Marandu. Pesq. Agropec. Trop., 37:38-44
- Díaz, M. 2009. Producción-descomposición de hojarasca y macroinvertebrados fragmentadores en cuatro agroecosistemas de la cuenca del río La Vieja. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar por el título de Magister en Ecotecnología.
- FAO. 1996. Producción de alimentos e impacto ambiental. Documentos técnicos de referencia. FAO, Roma, 1996.
- García, L. 2004. Monitoreo de la calidad del agua en cursos de agua Ríos y Arroyos. CATIE. Turrialba. Costa Rica.
- Gamboa, J.A; Orjuela, J.A; Martínez, M.M; Muñoz, F.A. 2010. Macroinvertebrados edáficos asociados a tres tipos de cobertura en paisaje de Lomerío Caquetá – Colombia. Ingeniería & Amazonia.
- Gómez, M. 2007. Relación entre la diversidad de Herpetofauna en sistemas silvopastoriles, la calidad de agua y el bienestar de los productores en el municipio de los productores en el municipio de Matiguás Matagalpa, Nicaragua. Tesis de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. CATIE. Matiguás Matagalpa Nicaragua.
- Garzón, C. 2006. Caracterización de la fauna odonata en el área metropolitana de Bucaramanga-Santander. Trabajo para Obtener el Título de Biólogo. Universidad de Los Andes.
- Gómez; Rivera. 1987. Descripción de malezas en plantaciones de café. Centro Nacional de Investigación en Café, Chinchina.
- González, N; Ochoa, S; Pozo, C; Gordon, B; Rangel, R; Louis, S; Kampichler, K. 2011. Indicadores ecológicos de hábitat y biodiversidad en un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonomica. Revista Biología Tropical 59: 1433-1451.
- Guerrero, F; Manjarrez, A; Núñez, N. 2003. Los Macroinvertebrados Bentónicos de pozo Azul y su relación con la calidad del agua, Acta Biológica Colombiana 8: 43-56.
- Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales. 2009. Escuela Universitaria politécnica. Universidad de la Salle. Recuperado de <http://www.ambientum.com/enciclopedia/agua/2.01.19.31.1r.html> (consultado 3 junio 2009)
- Halffter G & Ce Moreno (2005) Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. In: Halffter, G, J Soberón, P Koleff & A Melic (eds) Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Monografías Tercer Milenio Vol. 4, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza.
- Harvey, C; Ibrahim, M. 2003. Diseño y manejo de la cobertura arbórea en fincas ganaderas para mejorar las funciones productivas y brindar servicios ecológicos. Agroforesteria de las Américas 10: 39-40.
- IDEAM 1998. El Medio Ambiente en Colombia. Ed: Pablo Leyva. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Bogotá, Colombia, 495 p.
- Lavelle, P. (2000). Ecological challenges for soil science. Soil Science 165:73
- Leonard, M. 1957. Flora de Guatemala. FieldianaBotany 24: 323-324.
- Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Revista Colciencias 15: 226-232.
- Maroñas, M; Marzorratti, G; Vilches, A; Legarralde, T; Garrigran, G. 2010. Guía para el estudio de macroinvertebrados introducción a la metodología de muestras y

- análisis de datos. Serie técnica didáctica 12: 1-35.
- Martelo, M; Martínez, N; Morales, D; Romero, N. 2012. Estudio regional de los ecosistemas acuáticos y terrestres de la región del Carimagua Llanos Orientales Meta Colombia. Universidad Nacional. Departamento de Biología, Bogotá.
- Martin, A; Lavelle, P. 1992. Effect of soil organic matter quality on its assimilation by millsoniaanomala, a tropical geophagous earthworm. *Soil Biology and Biochemistry* 24:1535
- Mendieta, M; Rocha, L. 2007. Sistemas Agroforestales. Universidad Nacional Agraria. Managua.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible. 2011. Plan Nacional de Restauración. Bogotá: MAVDS.
- Murgueitio, E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche y alternativas de solución. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenible de Producción Agropecuaria. CIPAV.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M. 2008. Ganadería del futuro investigación para el desarrollo: Ganadería y medio ambiente en américa latina. Cali-Colombia: Fundación CIPAV.
- Nash. 1976. Flora de Guatemala. *Fieldiana Botany* 24: 323-324.
- Olson, J; 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44: 322-331.
- Pardo, L; Ramírez, B; Villota, H; Villanueva, O; Bahamon W. 2011. Ensamblaje de escarabajos Melolonthidae asociados con pasturas en el departamento del Caquetá y su posible relación con la salubridad del suelo. *Acta Agronómica* 60: 279-290.
- Pashanasi, B. 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna en diferentes sistemas del uso de la tierra en la Amazonia Peruana. *Folia Amazonica* 12: 75-97.
- Perovic, P; Trucco, C; Tálamo, A; Quiroga, V; Ramallo D; Lacci A; Mohr, F. 2008. Guía técnica para el monitoreo de la biodiversidad. Programa de Monitoreo de Biodiversidad, APN, GEF, BIRF. Salta, Argentina.
- Petit, J; Casanova, J; Solorio, J; Ramírez, L. 2011. Producción y calidad de hojarasca en bancos de forraje puros y mixtos en Yucatán México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17: 165.178.
- Prat, N; Ríos, B; Acosta, R; Rieradevall, M. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*, San Miguel de Tucumán. Fundación Miguel Lillo.
- Ríos, C; Salazar, A. 1995. Botón de Oro *Tithoniadiversifolia* una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Reserch for Rural Development*, 6,3.
- Ríos, C. 2002. Botón de Oro. Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal Como Fuente proteica. pp. 115-125. Cali: CIPAV.
- Rodríguez, C. 2000. Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Revista Biología* 14: 147.
- Ruíz, F; Gz-Janica, H. 2012. Efectos ambientales y socioeconómicos del sistema de producción ganadero con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional, implementados en las fincas Escocia y Alejandría respectivamente en el municipio de Montería, departamento de Córdoba. *Disertación de Tesis no Publicada*. Universidad Javeriana.
- Sanabria, M; Chacón, P. 2011. Hormigas cazadoras en sistemas productivos del piedemonte amazónico

- colombiano: diversidad y especies indicadoras. *Acta Amazónica* 41: 503-512.
- Sánchez, S; Crespo, G; Hernández M; García Y. (2008). Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes* 31: 99-119.
- Sánchez, S; Crespo, G; Hernández M. 2011. Descomposición de la hojarasca en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum*. *Pastos y Forrajes* 32: 1-9.
- Solarte, L; Murgueitio, E; González, G; Uribe, F; Manzano, L. 2013. Establecimiento de un sistema silvopastoril intensivo con Botón de Oro. Protocolo para la siembra de botón de oro y leucaena en potreros con praderas mejoradas para el establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos 1: 1-20.
- Tabares, J; Orjuela, J; Martínez, L; Muñoz, F. 2010. Macroinvertebrados edáficos asociados a tres tipos de cobertura en paisaje de Lomerío (Caquetá – Colombia. *Ingeniería & Amazonia* 3: 5-16.
- Tercedor, A. 1996. Macroinvertebrados y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía Almería, vol. II, 262-264.
- Torres, M. 2010. Requisito parcial para obtención del grupo de Maestría en Ciencias en gerencia Ambiental en Conservación y Manejo. (Evaluación de nutrientes en el área mitigada de la Ciénega Las Cucharillas en Cataño.
- Valencia, M., Gil, Z.N. Constantino, L.M. 2005. Mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana. Guía de campo, Chinchiná (Colombia). Cenicafe. p. 244.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F; Ríos, N; Sepúlveda, C. 2009. Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. *Buenas Prácticas Agrícolas Para la Adaptación al Cambio Climático* 6: 103-126.
- Villatoro, F; Sáenz, J. 2006. Clasificación de usos del suelo en paisajes ganaderos: el caso de Esparza Costa Rica. *Avances de Investigación* 45: 21-26.
- Zapata, G; Bautista, F; Calderón M. 2009. Caracterización forrajera de un sistema silvopastoril secundario con base en la aptitud del suelo. *Técnicas Pecuarias México* 47: 257 – 270.
- Zapata, A. y Vargas, J.E. (2013). Botón de oro: Manual para su establecimiento y manejo en sistemas ganaderos (1 ed.). Manizales, Caldas, Colombia: Universidad de Caldas.