



# FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola  
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

## Minhocas como indicadores da fertilidade do solo

**Alexander Feijoo<sup>(1)</sup>; George G. Brown<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Professor, Pesquisador; Facultad de Ciencias Ambientales; Universidad Tecnológica de Pereira; Vereda La Julita; A.A. 097; Pereira, Colombia; afeijoo@utp.edu.co; <sup>(2)</sup> Pesquisador, Florestas, Estrada da Ribeira km. 111, C.P. 319, Colombo, PR, 83411-000, Brasil; browng@cnpf.embrapa.br.

**RESUMO** – Numa área da cordilheira dos Andes se avaliaram diversos parâmetros socioeconômicos e variáveis do solo para verificar suas relações com os processos de transformação da cobertura vegetal e dos usos do solo, e construir possíveis indicadores do panorama atual após aprox. 120 anos de colonização e perturbação dos ecossistemas colombianos. Se realizaram entrevistas aos agricultores para obter a informação socioeconômica. Em nove janelas selecionadas ao azar, se amostraram algumas variáveis físico-químicas do solo e as comunidades de minhocas em 22 usos do solo. Encontraram-se fortes relações entre produtores com maiores ingressos econômicos, alto nível de educação, maior perturbação do solo, solos compactados, e alto uso de fertilizantes. Nas propriedades menores os agricultores tinham menores ingressos e egressos de dinheiro e nível mais baixo de educação, e essas propriedades tinham maiores teores de matéria orgânica, maior riqueza de espécies de minhocas, e os solos estavam menos compactados. Demonstrou-se a importância do trabalho com enfoques interdisciplinares no processo de construção de indicadores, e destacou-se o valor das ferramentas desenvolvidas para prever a condição atual dos agroecossistemas e a qualidade do solo.

**Palavras-chave:** Colômbia, Usos da terra, Socioeconomia, qualidade do solo, fauna do solo.

**INTRODUÇÃO** - La ocupación humana del territorio ha conducido a múltiples transformaciones en los ecosistemas con consecuencias en diversos servicios ambientales tales como, la regulación y control del agua, erosión y pérdida de nutrientes, mayor o menor presencia de biodiversidad, deterioro de la calidad del hábitat y disminución de biomasa verde para consumidores primarios, o pérdida de amortiguación contra el impacto de cultivos y cambio climático (Volantea et al., 2012). El panorama resultante de la ocupación del territorio y los cambios en las configuraciones de los usos y coberturas del terreno a llevado a los investigadores a identificar desde lo biofísico y socioeconómico los patrones de la deforestación (Etter et al., 2006), evaluar la biodiversidad con la construcción de indicadores, medir la tasa, tiempo y perfil de la deforestación y la regeneración de las selvas

(Frosini et al., 2005), o determinar cambios en la población y actividad económica (Romero-Ruiz, 2012).

En la cuenca del río La Vieja, Colombia (entre 4°04' y 4°49' N y 75°24' y 75°57' O) el incremento en la superficie cafetera se hizo a expensas del pastizal, el huerto habitacional y los relictos de monte. Entre 1995 y 2004 los problemas fitosanitarios y la crisis de sobreoferta de café condujeron al aumento de las coberturas de pastos y cultivos para producción de alimentos.

La reducción de la biodiversidad en las selvas andinas tiene relación directa con la fragmentación del paisaje, producto de la introducción de sistemas de cultivo, plantaciones forestales y pastizales (Ruiz et al., 2010; Feijoo et al., 2010) lo que provoca cambios en los patrones y propiedades físicas y químicas del suelo y genera el confinamiento de poblaciones en pequeños fragmentos de hábitat. En este sentido, los estudios sobre biodiversidad resultan muy útiles en la caracterización de comunidades ecológicas, ya que muestran la forma en que una comunidad reparte los recursos ambientales, convirtiéndose en una herramienta de comparación y medición del efecto de las actividades humanas en los ecosistemas. De igual forma, se puede evaluar o predecir impactos potenciales de las prácticas de manejo de los agroecosistemas en la estructura y función de las comunidades, lo cual ha sido poco explorado.

Si la actividad humana esta ligada a los procesos que modifican los usos y coberturas del terreno, entonces las soluciones deben estar asociadas con el estudio de los factores (social, económico, político, suelos, clima, biodiversidad) que intervienen en la construcción de nuevos mosaicos, producto de la deforestación, para determinar cuáles son las condiciones favorables o desfavorables para los eco y agroecosistemas. Lo anterior implica la integración de las formas de conocimiento (científico y popular), para diseñar las nuevas rutas orientadas hacia la conservación, uso, reconocimiento y valoración de los recursos naturales o de planificación en el territorio. Por ejemplo en suelos son diversos los trabajos que se han orientado hacia la comprensión de los procesos ligados con la perturbación de los ecosistemas y las propiedades físicas, biológicas y químicas y con la contaminación (Römbke et al., 2005; Pérès et al., 2011) y que vinculan a las lombrices de tierra como componente clave para construir indicadores, los cuales son definidos

como parámetros cuantitativos o cualitativos y que deben ser relevantes con relación al objetivo, comprensibles al público, confiables y disponibles (Golusin y Munitlak, 2008). Sin embargo poco se ha trabajado en la interacción de diversos factores que permitan consolidar la información de diversos tipos y parámetros variables.

A partir de lo anterior se propuso como hipótesis que la asociación de variables provenientes de muestreos de fincas (agroecosistemas, suelos, sociales y económicas) conducen a la generación de indicadores que agrupan efectos diferenciales en el paisaje, agroecosistemas y condición de las variables físicas, biológicas y químicas. Para lo cual se propuso como objetivo estudiar las variables que pueden inducir a cambios en las situaciones relacionadas con la transformación del paisaje en fincas y el impacto en los suelos y la biodiversidad de lombrices de tierra.

**MATERIAL E MÉTODOS** - El estudio se realizó en la cuenca del río La Vieja, flanco occidental de la Cordillera Central de Colombia. El Clima se caracteriza por dos estaciones secas (diciembre-febrero y junio-agosto) y dos estaciones de lluvias (marzo-mayo y septiembre-noviembre). El área varía geográficamente en la altitud (de 900 a 2200 m sobre el nivel del mar), las precipitaciones (de 1000 a 2400 mm), temperatura (17 a 24° C) y humedad relativa (del 65 al 80%). Los suelos son Dystrandeps típicos y Argiudoles típicos, constituidos por cenizas volcánicas y se caracterizan por tener pH ligeramente ácido y textura franco arenosa.

Los muestreos de campo se realizaron entre julio y noviembre de 2007. Nueve ventanas de muestreo de 1 km<sup>2</sup> fueron seleccionados entre los 1100 y 1624 m sobre el nivel del mar, para incluir el mayor número de fincas y usos del terreno (conservación y agrícola). En 48 fincas se realizaron entrevistas semi-estructuradas con los miembros de la familia y registros del número de personas que moran, la edad, sexo, la vocación de la finca, la extensión, afiliación al sistema de salud, el nivel de educación familiar, ingresos y egresos económicos, tiempo de permanencia en la finca y la procedencia.

Un total de 16 muestras distribuidos a cada 200 m, fueron establecidos dentro de cada ventana, resultando en un total de 144 monolitos. Un volumen de suelo de 0.25 m × 0.25 m × 0.3 m fue tomada en cada muestreo y estratificados cada 10 cm de profundidad. Se determinó el contenido de carbono (%C), nitrógeno (%N), densidad aparente, relación C:N, <sup>13</sup>C, y <sup>15</sup>N, los dos últimos se utilizaron como indicadores de la historia de la fertilidad del suelo, producto de la intensidad de usos del terreno. La evaluación del <sup>15</sup>N proporcionó información sobre las pérdidas de N en los usos.

Las lombrices de tierra fueron identificados a nivel de especie, y se midió la abundancia, biomasa y la riqueza de especies por tipo de uso de la tierra.

Se realizaron pruebas no paramétricas de ANOVA y cada grupo de variables se sometió a análisis de componentes principales análisis (ACP). El análisis discriminante también se realizó para identificar asociaciones entre los grupos de variables físico-químicas y biológicas, así como para explicar la relación entre el uso de la tierra y la intensidad de la relación. Se realizaron

dos análisis de Co-inercia para probar la covariación significativa entre i) los parámetros del suelo y las variables socioeconómicas, y ii) entre parámetros del suelo y usos del terreno.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** - Las fincas muestreadas mostraron que el tamaño, el número de personas que habitan por vivienda y el nivel de educación familiar fueron las que más aportan a la perspectiva de poder unir las variables socioeconómicas con los procesos de transformación de los ecosistemas (P<0.01). Se encontró que las personas con bajo nivel de ingresos tienen menor nivel de educación y el tamaño del predio es inferior; así mismo el número de personas que habita cada vivienda fue independiente del área de la finca.

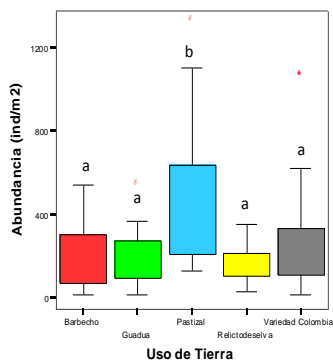
En los 22 usos del terreno evaluados la densidad aparente osciló entre 0.4 (relictos de selva secundaria) y 1.29 g cm<sup>-3</sup> (pastizales, *Guadua angustifolia* y caña panelera), el %C entre 0.11 (pastizales, *G. angustifolia* y caña panelera) y 3.9 (relictos de selva secundaria), el %N entre 0.02 (pastizales, *G. angustifolia* y caña panelera) y 0.41 (relicto de selva y cafetal con sombrío), mostrando fuertes contrastes entre los sistemas de uso y el impacto de los procesos de deforestación y uso intensivo de los suelos.

Los contenidos de C y N se asociaron con cambios en la vegetación, las prácticas de manejo, la historia del uso y la profundidad del suelo, todos los cuales están relacionados con la intensidad del uso del suelo y el tipo de manejo en las prácticas agrícolas. Así mismos, en los valores de <sup>15</sup>N y <sup>13</sup>C se encontró relación entre incremento en la intensidad de uso del terreno y pérdida de riqueza de especies de lombrices (presencia de una a tres especies exóticas), debida a que en sistemas simplificados como los pastizales, cultivos de caña de azúcar y café variedad Colombia sin sombrío, se presentan ciclos abiertos para N, con alta probabilidad de pérdida de N y con valores que fluctuaron entre -22.9 y -23,1%, contrario a lo sucedido en sistemas asociados con vegetación natural. Esto conlleva a la pérdida de funciones de la biodiversidad en los sistemas agrícolas (Feijoo et al., 2011).

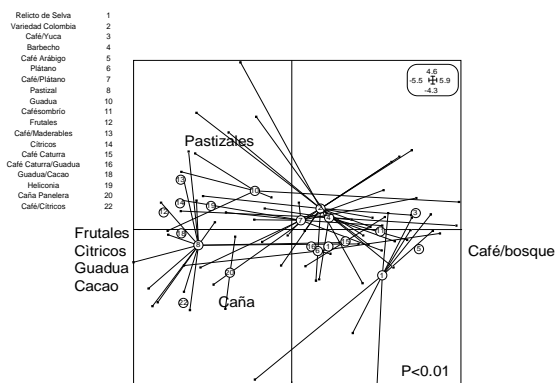
Se encontraron 26 especies de lombrices pertenecientes a la familia Glososcolecidae (16 especies), Acanthodrilidae (5), Megascolecidae (4) y Lumbricidae (1). De éstos, 15 son nativas y 11 exóticas; 15 fueron epígeas (7 exóticas y 8 nativas) y 11 endógeas (4 exóticas y 7 nativas). La abundancia más alta se encontró en los pastizales debido a la presencia de la especie *Pontoscolex (P.) corethrurus*, que predomina como única especie en la mayoría de los casos o en ocasiones se encuentra con algunas especies exóticas que habitan las heces de bovinos (*Dichogaster (Diplotheodorilus) annae*, *D. (D.) saliens* y *Perionyx excavatus*), mientras que los otros usos (relictos de selva, barbecho y cafetales con sombrío) se caracterizaron por presentar una mayor riqueza de especies nativas y valores más bajos de abundancia (Figura 1). El patrón mencionado es similar al encontrado por Feijoo et al. (2011) en el municipio de Alcalá en Colombia.

El ACP con los registros para las variables del suelo mostró la separación de los usos del terreno con menor y

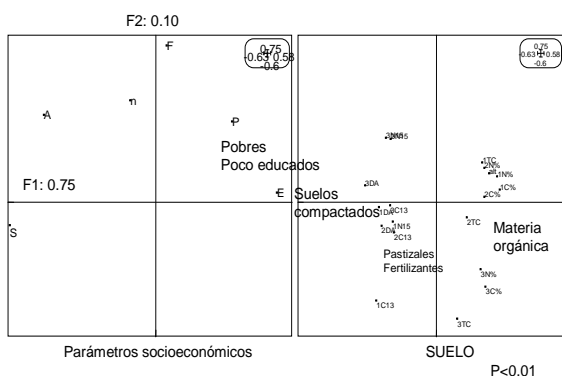
mayor impacto por los procesos de transformación y prácticas agrícolas (Figura 2).



**Figura 1** - Separación de usos del terreno de acuerdo con la abundancia de lombrices. Letras distintas indican diferencias significativas para prueba DMS ( $p < 0,05$ ).



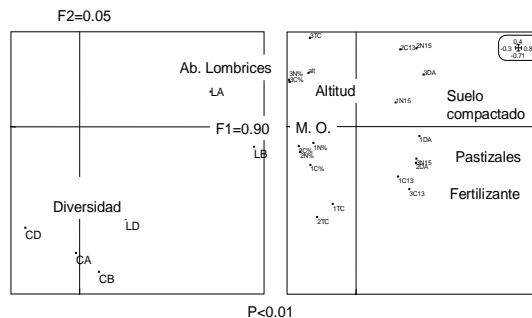
**Figura 2** - Separación de los usos del terreno con el ACP. Eje 1=0.68%; Eje 2=.12%.



**Figura 3** - Análisis de coinerencia entre los parámetros socioeconómicos y las variables del suelo.

La coinerencia entre los parámetros socioeconómicos y el suelo separó los grupos de fincas en las que fue inferior el ingreso mensual familiar, nivel de educación y áreas de terreno de menor tamaño, en contraste con las fincas que

presentaron los valores superiores ( $P < 0.001$ ) (Figura 3). Igual situación se observó en el análisis de los parámetros del suelo; en pastizales y en cultivos de café variedad Colombia en los que se aplican fertilizantes, la riqueza de especies de lombrices fue menor y los suelos más compactos con mayor densidad aparente (Figura 4), lo cual coincide con predios en los que fue superior el ingreso familiar y el nivel de educación.



**Figura 4** - Análisis de coinerencia entre los parámetros las variables biológicas, físicas y químicas del suelo.

**CONCLUSÕES** - Es posible establecer relaciones entre parámetros socioeconómicos y los del suelo para determinar el efecto de las transformaciones que tienen diferente procedencia y unidades diversas.

**AGRADECIMENTOS** - A los agricultores de la cuenca del río la Vieja por facilitar las fincas y actuar como co-investigadores para realizar la investigación, a la Universidad Tecnológica de Pereira y a Colciencias, en Colombia, Embrapa Florestas y al CNPq en Brasil por apoyar el trabajo realizado.

**REFERÊNCIAS**

ETTER, A., MCALPINE, C., WILSON, K., PHINN, S., POSSINGHAM, H. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 114: 369–386, 2006.

FEIJOO-MARTÍNEZ, A., ZÚÑIGA, M.C., QUINTERO, H., CARVAJAL-VANEGAS, A. F., ORTIZ, D. P. Patrones de asociación entre variables del suelo y usos del terreno en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Acta Zool. Mex.* (n.s.), Número Especial 2: 151-164, 2010.

FEIJOO, A., CARVAJAL, A. F., ZÚÑIGA, M. C., QUINTERO, H., FRAGOSO, C. Diversity and abundance of earthworms in land use systems in Central-Western Colombia. *Pedobiologia* 54S: S69– S75, 2011.

FROSINI, S., VETTORAZZI, C. A., THEOBALD, D. M., RAMOS, M. V. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: Assessment and future scenarios. *Forest Ecol. Manag.*, 204: 67–83, 2005.

GOLUSIN, M., MUNITLAK, O. Definition, characteristics and state of the indicators of sustainable development in countries of

Southeastern Europe. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 130: 67–74, 2008.

PÉRÈS, G., VANDENBULCKE, F., GUERNION, M., HEDDE, M., BEGUIRISTAIN, T. DOUAY, F., HOUOT, S., PIRON, D., RICHARD, A., BISPO, A., GRAND, C., GALSOMIES, L., CLUZEAU, D. Earthworm indicators as tools for soil monitoring, characterization and risk assessment. An example from the national Bioindicator programme (France). *Pedobiologia* 54S: S77– S87, 2011.

RÖMBKE, J., BREURE, A., MULDER, C., RUTGERS, M. Legislation and ecological quality assessment of soil: Implementation of ecological indication systems in Europe. **ECOTOX. ENVIRON. SAFE.**, 62: 201–210, 2005.

ROMERO-RUIZ, M.H., FLANTUA, S.G.A., TANSEY, K., BERRIO, J.C. Landscape transformations in savannas of

northern South America: Land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. **Appl. Geogr.**, 32: 766-776, 2012.

RUIZ-COBO, D.H., FEIJOO, A., RODRÍGUEZ, C. Comunidades de macroinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno en la cuenca del Río Otún, Colombia. **Acta Zool. Mex.** (n.s.), Número Especial 2: 165-178, 2010.

VOLANTEA, J.N.; ALCARAZ-SEGURAB, D.; MOSCIAROA, M.J.; VIGLIZZO, E.F.; PARUELO, J.M. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 154: 12– 22, 2012.