

DINÁMICA ESPACIAL EN ANTROPOBIOMAS DE LOS LLANOS ORIENTALES, COLOMBIA

SPATIAL DYNAMIC IN ANTHROPOGENIC BIOMES OF THE LLANOS ORIENTALES, COLOMBIA

Alexander Feijoo M.^{a}, Heimar Quintero V.^b y Claudia Forero^c*

^aFacultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, A.A. 097, Colombia. E-mail: afeijoo@utp.edu.co. ^bUniversidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Calle 27 # 2 A, Palmira: hquintero68@hotmail.com. ^cUniversidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Bogotá. *Correspondencia: afeijoo@utp.edu.co.

RESUMEN

Se examinó la ocupación humana en las llanuras orientales de Colombia desde los períodos Colonial, Republicano y posterior a 1950 como principal causa de procesos de transformación del paisaje de sabanas. La revisión de documentos demuestra la necesidad de documentar los cambios en las interacciones cobertura, uso y función. Los sistemas de conocimiento fueron trasladados de los valles andinos y desplazaron a la gente con la cultura hacia las sabanas tropicales húmedas con modificaciones en coberturas y usos del terreno e introducción de innovaciones que modificaron los ecosistemas con la generación de antropobiomas con drásticas transformaciones en las funciones, especialmente la composición y estructura de la biodiversidad de lombrices. Un estudio de caso se llevó a cabo y el análisis de los resultados revela la importancia de la biodiversidad de lombrices de tierra, con información sobre posibles enfoques para futuros trabajos de investigación. Seis ventanas, cada una de 1 km², fueron seleccionados para incluir el mayor número de usos del terreno (conservación y agrícolas). Las ventanas permitieron separar la abundancia y biomasa con diferencias significativas ($p < 0.025$). El trabajo presenta información valiosa en la construcción de los compactos sistemas humano y natural e introduce registros que podrían ser utilizados en planes de ordenamiento territorial con el reconocimiento del riesgo territorial diferencial por la introducción de sistemas de cultivos industriales y tradicionales.

ABSTRACT

The human occupation of the Eastern Plains region of Colombia, since the Colonial, Republican, and post-1950s periods was examined and found to be the main cause of landscape transformation processes in this region. A review of existing literature evidenced the need to document the changes in the interactions of land cover, land use, and functions. It was confirmed that knowledge systems of the Andean valleys were transferred and knowledgeable communities displaced to this region characterized by moist tropical savannas, modifying land cover and uses and introducing innovations that modified ecosystems and generated human biomes with drastic transformations in landscape functions, especially the composition and structure of earthworm biodiversity. A case study was conducted and the analysis of results evidenced the importance of biodiversity, with particular emphasis on earthworms, providing insight on how to move forward as well as possible approaches for future research work. Six windows, each measuring 1 km², were selected to include the largest number of land uses (conservation and agriculture). The present study provides information that can serve as valuable input to build compact human and natural systems, and introduces information that can be used in land management plans, acknowledging the differential risk of introducing commercial-scale and traditional cropping systems depending on the territory.

Palabras clave: Llanos Orientales, Tauramena, Sabanas, Usos del terreno, Lombrices de tierra.
Keywords: Llanos Orientales, Tauramena, Savannas, Land use, Earthworm.

INTRODUCCIÓN

La comprensión de los sistemas humano y natural es uno de los retos de la generación de ambientes sostenibles que propendan por el reconocimiento, valoración y uso de la biodiversidad. Es posible enfrentar la encrucijada con el conocimiento en el pasado y en la actualidad de los cambios cualitativos y cuantitativos en la estructura y función de las coberturas y usos de terreno asociados con la biodiversidad, para entender la unión entre comunidades y su ambiente (Haines-Youn, 2009).

Los procesos históricos de transformación en el territorio se manifiestan con la introducción de usos del terreno que ocasionan impacto – efecto en la cantidad y calidad y configuraciones espaciales en los diferentes componentes de la biodiversidad (Baptista, 2010). Las mismas actúan como fuerzas de cambio en la re-distribución de las unidades y generan dependencia con las decisiones que el ser humano asume con el manejo de la naturaleza. En la distribución de la biodiversidad los biomas fueron considerados como las unidades básicas que los ecólogos usaron para describir patrones, procesos y variaciones de los ecosistemas, basados en el tipo de vegetación y las variaciones regionales en el clima y se estimó que los aislamientos propiciados por las barreras geográficas, los ríos, los accidentes naturales y los bosques de galería como fundamentales en la dispersión. El concepto ignoró la influencia humana y no lo consideró el motor de los aislamientos que introduce parches y altera los patrones globales de la biodiversidad y los procesos de los ecosistemas, que pueden afectar o beneficiar presencia – ausencia de las especies (Feijoo y *col.*, 2007; Ruiz y *col.*, 2010).

Ante esta situación Ellis y Ramankutty (2008) caracterizaron los biomas terrestres y mostraron la

evidente alteración de los terrenos y propusieron el concepto de biomas antropogénicos, que se consideran como mosaicos de mezclas de asentamientos humanos, agricultura, selvas y otros usos y coberturas del terreno. En la introducción de usos del terreno las comunidades del suelo sienten el poder de la transformación y la forma de los impactos son indicadores claves de los procesos y la dinámica; lo cual requiere de un enfoque multidimensional para comprender las implicaciones de los cambios de biodiversidad para el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios ambientales (MAE 2005).

En el departamento del Casanare, Orinoquía colombiana (04°17'25'' y 06°20'45' de latitud norte y 69°50'22'' y 73°04'33'' de longitud oeste), cuenta con una superficie de 44.640 km² (3.91 % del territorio nacional) y la economía se fundamenta en la producción ganadera (extensiva), agrícola (arroz riego, arroz seco mecanizado, palma africana, plátano, maíz y yuca) y la explotación petrolera, lo que ha conllevado a la generación de múltiples mosaicos de usos del terreno y ha incentivado los procesos de emigración de las poblaciones. Es así como, por ejemplo, en el municipio de Tauramena, la población aumentó de 2 habitantes/km² en 1993, a 7.29 en el 2005, con una tasa promedio de crecimiento de la población de 7.48% (Ávila, 2009), con la incorporación de cambios en la estructura de los asentamientos humanos y el aprovechamiento de los usos del terreno y cambios en la biodiversidad desconocidos; lo cual lo convierte en una opción interesante para abordar la relación entre los procesos de transformación históricos y la respuesta de la biodiversidad de lombrices de tierra para conocer cómo están conectados la población humana y los ecosistemas (Mace y Baillie, 2007). Las lombrices se consideran como indicadores de la calidad del suelo por que la diversidad, número y funciones

son sensibles al estrés y cambio ambiental en las propiedades del suelo asociadas con labranza, aplicación de fertilizantes y plaguicidas, quemadas, tala y otras actividades perturbadoras ejecutadas en el sistema de cultivo y prácticas de cultivo (Maes y col., 2010). A partir de lo anterior se propuso determinar en escala del paisaje los procesos de transformación históricos durante diversos períodos (Colonia, República y después de 1950) de los antropobiomas en un área de la Orinoquía colombiana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisaron documentos con enfoque cualitativo de la historia regional sobre los 230.967 km² (20.2% del territorio nacional) de la Orinoquía colombiana (piedemonte llanero, abanicos aluviales y la altillanura) (MADR – CIAT 1998), localizada entre los 04° 17' 25" y 06° 20' 45" de latitud norte y los 69° 50' 22" y 73° 04' 33" de longitud oeste (Fierro, 2006) para describir los procesos de ocupación humana y la introducción de sistemas agrícolas en los períodos colonial, republicano y posterior a 1950.

Se presentó el estudio cuantitativo realizado por Forero (2009) en el municipio de Tauramena (Casanare) con un diseño aleatorio sistemático no probabilístico de seis ventanas de 1 km², 11 usos del terreno y 16 puntos georreferenciados a 200 m de distancia (Sousa y col., 2004; Feijoo y col., 2007) (04°54'40" N - 072° 32' 54" W; 04° 58' 08" N – 72° 34' 15" W). En cada punto de muestreo se roturó el suelo de acuerdo con el método del Programa Fertilidad Biológica de Suelos Tropicales (FBST) con muestreos en un volumen de 0.25x 0.25 m x 0.3 m, separados cada 0.1 m (Anderson y Ingram, 1993). Se calculó la diversidad de hábitat usando el índice de Shannon–Wiener para cada ventana basado en la

proporción de los tipos de uso del terreno de los 16 puntos muestreados.

En cada monolito se muestrearon las comunidades de lombrices de tierra e identificaron hasta especie y se cuantificó la abundancia (individuos por m²) y biomasa (gramos de peso fresco por m²), posteriormente los datos de abundancia y biomasa se extrapolaron a m².

Los usos del terreno muestreado se agruparon en seis antropobiomas (Ellis y Ramankutty, 2008) de acuerdo con la intensidad del uso en las categorías generadas: i) pastos nativos (*Paspalum notatum*, *Andropogon bicornis*, *Axonopus purpussii* y *A. compressus*) ii) coberturas boscosas (*Byrsonima crassifolia*, *Curatella americana*, *Sapium* sp., *Myrcia* sp., *Guazuma ulmifolia*, *Guarea* sp., *Cassia grandis*, *Pseudosamanea guachapel*, *Piptadenia* sp., *Ficus llanensis*, *Pseudolmedo laevigata*, *Spondias bombin*, *Callicophyllum spruceanum*, *Hemicrepidos permunchoifolium*, *Calophyllum brasiliensis*, *Pouteria* sp., *Carapa guianensis*, *Jacaranda copaia*, *Ceiba pectandra*, *Samanea saman*, *Ficus* sp., *Manilkara bidentata*, *Miconia* sp., *Cassia culeata*) iii) cultivos (*Citrus reticulata*, *C. aurantiifolia*, *Persea americana*, *Manihot sculenta*, *Musa* sp., *Oryza sativa*, *Mentha piperita*, *Astrophytum* sp., *Coriandrum sativum*), iv) palma africana (*Elaeis guineensis*), v) pastos mejorados (*Brachiaria humidicola* y *B. decumbens*) y vi) barbechos (terrenos en descanso o abandonados en los que predominan *Cecropia* sp., *Panicum fasciculatum*, *Cyperus rotundus*, *Crotalaria* sp., *Merrenia* sp.).

Para reducir la dimensionalidad de la información se realizó análisis de componentes principales (ACP) entre ventanas y usos del terreno y se detectó si las diferencias eran significativas con el uso de la prueba de Monte

Carlo y el programa de análisis multivariado R y SPSS. Se realizó análisis de varianza para comprobar el efecto de la transformación de los usos de la tierra con pruebas de comparaciones múltiples.

RESULTADOS

Procesos de ocupación humana del territorio. Los procesos de colonización de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia se pueden analizar con base en tres dinámicas mediadas por la introducción de diversas propuestas. La primera, entre el período prehispánico y el transcurso de la colonia hasta 1810, en el cual el territorio estaba ocupado por comunidades indígenas sedentarias, con alta población, sistemas complejos de agricultura, con cultivos de yuca, maíz, maní, frijol, algodón, yopo, tabaco elevados en forma de "camellones alargados" para defenderse de las inundaciones, la extracción de miel, cera, la caza de pequeños mamíferos, aves y la pesca como complemento de la dieta e intercambio de materiales con los vecinos y los habitantes de la región andina (Aguado, 1930; López, 1987); lo que demuestra que las formas de ocupación y aprovechamiento de los recursos eran diversas y con patrones culturales variables y fundamentados en la subsistencia. El proceso invasivo de los europeos hacia los indígenas se caracterizó por numerosas expediciones de aniquilamiento y desplazamiento progresivo de los nativos con la extinción del modelo de aprovechamiento eficiente de los ecosistemas regionales (Gómez y Cavalier, 1999).

Durante la segunda mitad del siglo XVI, las características de las expediciones que incursionaron en los Llanos se diferenciaron estructuralmente de las realizadas en la primera mitad del mismo siglo. Las misiones jesuitas

(1659-1767) desarrollaron las bases de la economía llanera, fundaron conglomerados, dejaron sembradas las ideas de libre albedrío. Los comienzos de la propiedad territorial se caracterizaron por la exigencia y recepción de tierras por parte de los encomenderos en inmediaciones de poblados indígenas y la formación de congregados en pueblos, tema poco estudiado y menos cuando se relaciona con las formas de explotación de las tierras. Por ejemplo en la fundación de Santiago de las Atalayas se formaron ocho encomiendas con 438 indígenas (achaguas, caquetios, gohaibos), legitimación que sirvió para que en menos de 200 años despojaron en un 95% a los indígenas de sus tierras y los llevó casi a la extinción en el transcurso del siglo XVI y XVII (Pérez, 2007; Gómez, 1987). Reunir a los indígenas en poblados hacía viable el dominio sobre la población, permitía identificar las formas de resistencia con interés en la conservación de las tradiciones y permitía romper el entorno ecológico (Pérez, 2007).

En la segunda dinámica, a partir el establecimiento del Estado republicano, continuó el asalto sobre las tierras de las comunidades indígenas acrecentando la hacienda mercantil (la tierra y las minas se constituían en los medios de producción) y el hato (binomio ganadería-usufructo de la tierra con aprovechamiento extensivo de pastizales naturales). Los sistemas productivos extendieron la frontera agrícola estableciendo relaciones de mestizaje entre nativos de la región andina y de los Llanos. La dinámica del desarrollo y de la productividad era lenta, estable y predominaban los sistemas agrícolas para abastecer los mercados locales y regionales. El modelo de extracción (quina, caucho, pieles de tigre, fibras y aceites naturales) impulsó la presión sobre los recursos naturales en el siglo XIX y comienzos del XX (Fierro, 2006).

La tercera dinámica, después de 1948, se caracterizó por la introducción de sistemas con la única función de la producción, procesos de colonización espontáneos y confrontaciones armadas partidistas que transformaron la tenencia de la tierra, la composición socio-cultural de las ciudades y los campos. La colonización no planificada buscó la ampliación de la frontera agrícola y la integración de territorios baldíos a la economía nacional, siendo pobladas por campesinos andinos que introdujeron sistemas de cultivo y de cría que no respetaron la fragilidad de los ecosistemas del trópico bajo.

A partir de 1969 se profundizó el proceso de cambio abrupto con la introducción de sistemas altamente especializados y con la única vocación del intercambio comercial y la exportación. Se estableció el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, CNIA- Carimagua, fruto de un convenio entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), para investigar en especies forrajeras, ganadería bovina y cultivos tropicales (tabaco, yuca, arroz, sorgo, frutales, maní y maíz) (García 2009). En la década del 70 la economía de Arauca y Casanare giraba en torno de la ganadería, complementada con agricultura de subsistencia y la explotación maderera. En el Meta los cultivos transitorios empezaron a tecnificarse bajo los preceptos de la revolución verde. Programas como el PNR, el DRI contemplaron de manera desigual distribución de la tierra con desequilibrios urbano-rurales agudizados. En los años 80s, se desarrollan los experimentos que seleccionaron las líneas de arroz, el maíz, la soya y los forestales multipropósito: marañón, maderables, caucho, palma africana para suelos ácidos y de baja fertilidad (MADR – CIAT 1998). En los 90's se introducen alarmas relacionadas con el efecto de gases de invernadero para Colombia, en los cuales el cambio de usos del terreno y la

silvicultura aportan 11175 Gg (52.4%) de CO₂, la agricultura y 1408 Gg de CH₄ (13.9%) (González, 1990).

Caso de estudio para el nuevo siglo. A pesar a la cercanía relativa de Tauramena con los centros más poblados del interior se esperaba el predominio de los sistemas impulsados por las instituciones de investigación y desarrollo agrícola. Sin embargo en los 96 muestreos en las seis ventanas, dominaron los pastos nativos (n=32, sistema tradicional de prácticas que ha conservado una inercia de aproximadamente 500 años y que incluye el pastoreo y las quemás), junto a los cuales se puede agrupar el sistema de descanso de barbechos (n=6). El argumento también se refuerza por la escasa adopción del sistema de pastos mejorados (n=7). Ha habido una mayor contribución de los sistemas agrícolas a la transformación de la cobertura del terreno como lo ejemplifican la presencia de cultivos (n=15) y de plantaciones de palma africana (n=13). En el manejo de los recursos también es de destacar la presencia de las coberturas boscosas (n=23) por los servicios ecosistémicos que prestan en conservación de la biodiversidad, captura de carbono, regulación de caudales, estabilización de orillas de los ríos, aportes de fibra y alimentos a humanos y servicios de alimento y habitación a otros organismos vivientes. Los valores para diversidad del hábitat fueron más altos para V1 (1.4) y V2 (1.34) en la que hubo mayor presencia de pastos nativos, cobertura boscosa y cultivos. La más baja diversidad de hábitat se observó en V3 (0.92) debido al predominio de la palma africana en las unidades de paisaje muestreadas. Los valores intermedios observados en V2 (1.24), V3 (1.29) y V6 (1.25) están estrechamente relacionados debido a la presencia de mezclas de pastos nativos, coberturas boscosas y pastos mejorados (Tabla 1).

Tabla 1. Diversidad de hábitat por antropobioma en los usos del terreno muestreados.

Diversidad de usos del terreno	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Pastos nativos	6	6	8	3	4	6
Cobertura boscosa	4	7	4		3	6
Barbecho	1	1	1	1		2
Palma africana				9	3	
Pastos mejorados	1	1	1	2		2
Cultivos	4	1	2	1	6	
Diversidad	1.4	1.24	1.29	0.92	1.34	1.25

Los números indican las veces que se muestreó cada usos del terreno en cada ventana (V).

Relaciones entre usos del terreno y las lombrices de tierra. Al relacionar las comunidades de lombrices en los usos del terreno muestreados por ventana se observó que el ACP separó en el eje 1 (explicando el 41.7% de la variabilidad) los sitios con predominio de pastos nativos, cobertura boscosa, cultivos de cítricos y yuca (V1) de sistemas con pastizales nativos con carga animal superior a 1.5/ha y signos fuertes de degradación (V6) y, cultivos de arroz (V3), plantaciones de palma africana (V4). Los usos de mayor intervención antrópica (V3, V4 y V6) se caracterizaron por la mayor abundancia y biomasa de la especie exótica *Pontoscolex (P.) corethrurus*, mientras que en aquellos con menor intervención (coberturas boscosas) predominaron las nativas tales como *Andiodrilus* sp., *Andiorrhinus (Turedrilus)* sp., *Martiodrilus (Maipure) savanicola*, *Martiodrilus (Martiodrilus) sp. 1*, *Righiodrilus sp. 1*, *Righiodrilus sp. 2*, *Righiodrilus sp. 3*, *Tupinaki* sp., sin presencia de *P. (P.) corethrurus*. El segundo eje (24%), en el cuadrante negativo se destacó el dominio de coberturas boscosas con alta presencia de bosques de galería y morichales lo cual acentúa el efecto positivo de prácticas que conserven la vegetación natural asociado con la oligoquetofauna de las sabanas (Figura 1).

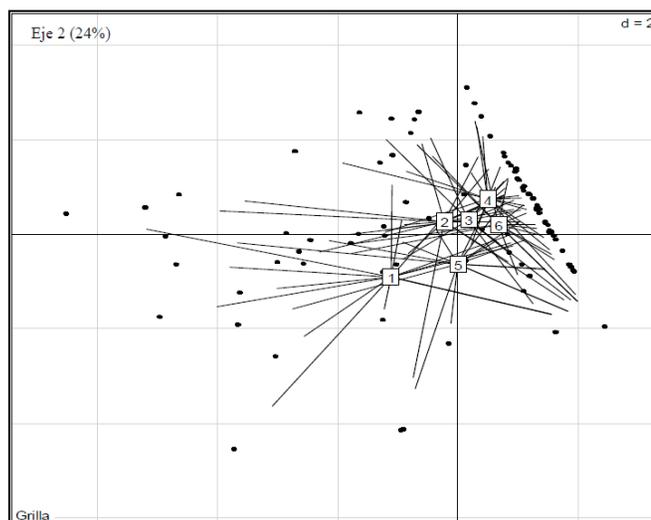


Figura 1. ACP de la abundancia y biomasa de lombrices en las ventanas para tres profundidades de muestreo ($p < 0.025$).

Las ventanas también se separaron la abundancia y biomasa con diferencias significativas ($p < 0.025$). En la abundancia los valores más altos se registraron en V4 (656 ind.m²), V6 (608) y V3 (404) con bajos valores a profundidades por debajo de 0-10 cm; mientras que la biomasa introdujo la distinción entre valores V6 (216.3 g.p.f.m²), V2 (212.2) y V4 (98.8) con cuantías que disminuyeron fuertemente con la profundidad del suelo (Figuras 2 y 3).

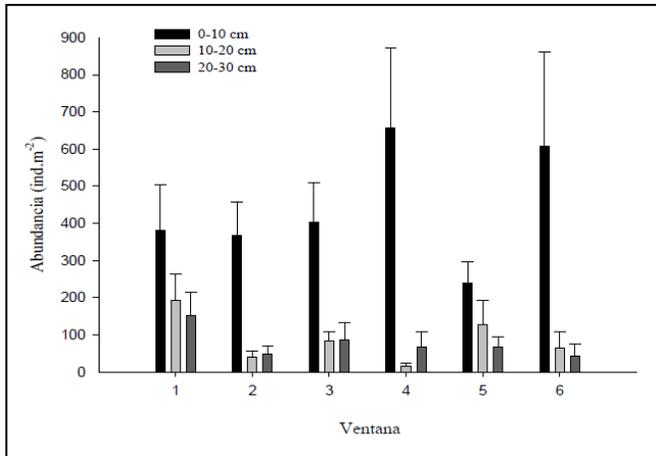


Figura 2. Cambios en la abundancia de lombrices en tres profundidades del suelo para las ventanas muestreadas.

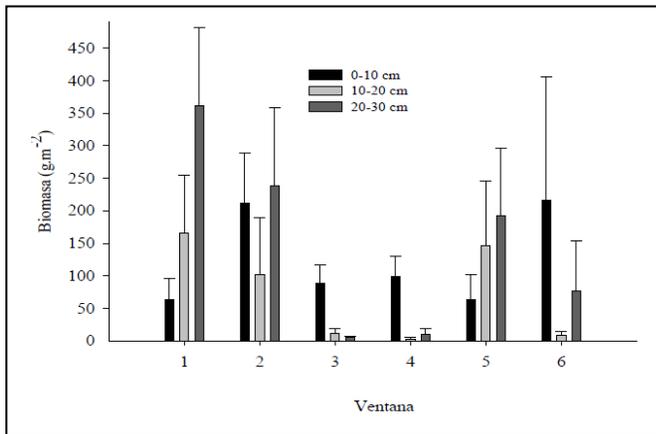


Figura 3. Cambios en la biomasa de de lombrices en tres profundidades del suelo para las ventanas muestreadas.

Los usos del terreno también presentaron diferencias con la presencia de lombrices de tierra. La variable abundancia de lombrices no separó con diferencias significativas los pastos mejorados de los nativos, registrando valores de 612.6 vs 518 ind.m⁻² respectivamente (Figura 4); mientras que la biomasa sí introdujo la distinción entre valores (624.3 vs 80.1 g/m² respectivamente) (Figura 5). El contraste en la biomasa se atribuye a la colonización y adaptación a los pastizales mejorados por la especie anécica *Martiodrilus*

(*M.*) sp. 1, de gran longitud (38.2 cm) y peso (15.2 g) y por tanto de mayor masa corporal. Las plantaciones de palma africana también alojan individuos con abundancia media (359.4 ind.m⁻²) y la especie que solo contribuye a la masa biológica fue la peregrina exótica *P. (P.) corethrurus*; sin embargo en las plantaciones de palma africana la abundancia y biomasa decrecen fuertemente con la profundidad (359.4, 14.8, 14.8 ind.m⁻²; 99.4, 0.19, 92.3 g/m² respectivamente).

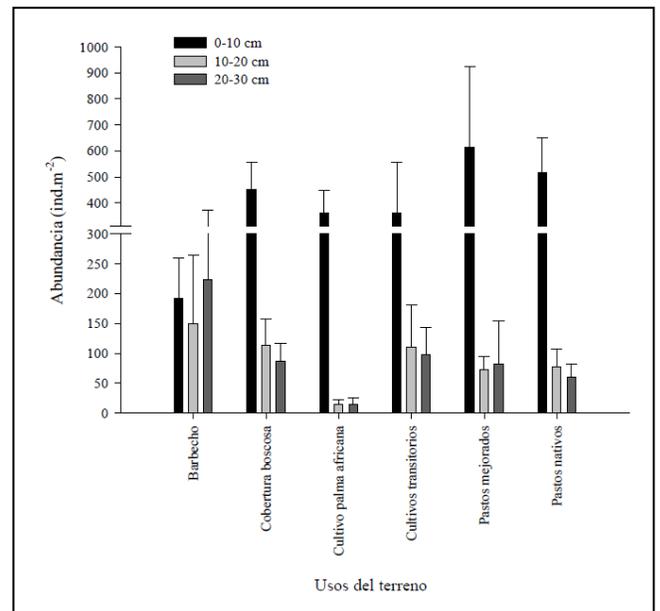


Figura 4. Abundancia de lombrices de tierra muestreadas a tres profundidades en los usos del terreno.

En las coberturas boscosas la biomasa se conserva con tendencias similares con relación al cambio en la profundidad (129.2, 103.5, 136.4 g/m²), esto se debió a la presencia de abundantes lombrices de tamaño pequeño en 0-10 cm (450.8) (*Righiodrilus* sp. 1, *Righiodrilus* sp. 2, *Righiodrilus* sp. 3, *Tupinaki* sp.), menor abundancia en 10-20 y 20-30 cm (114.1, 86.3 ind.m⁻²) pero tamaño mediano a grande a mayor profundidad (*Andiodrilus* sp., *Andiorrhinus (Turedrilus)* sp., *Martiodrilus (Maipure) savanicola*, *Martiodrilus*

(*Martiodrilus*) sp.. Los valores más bajos en individuos y biomasa se encontraron en los barbechos, excepto para la profundidad 20-30 cm (192, 149.3, 224 ind / m²; 10.24, 7.14, 59.4 g/m² respectivamente) (Figuras 4 y 5).

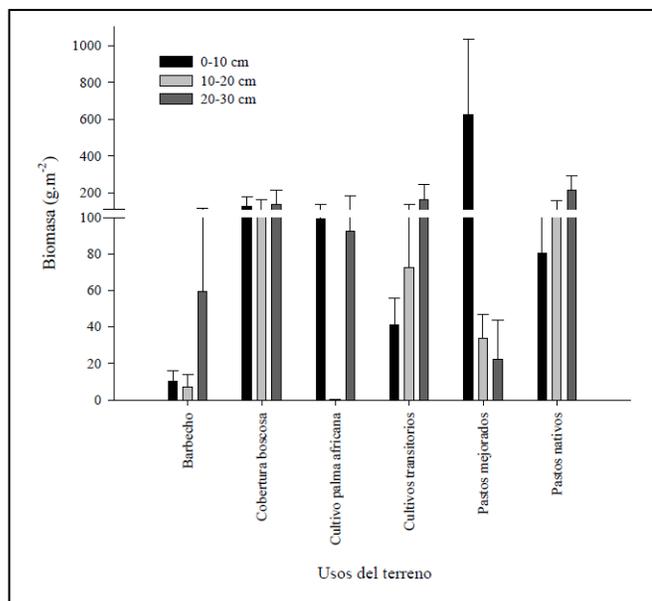


Figura 5. Biomasa de lombrices de tierra muestradas a tres profundidades en los usos del terreno.

DISCUSIÓN

El mosaico de paisaje resultante en el municipio de Tauramena nos habla de una cultura del manejo de los agroecosistemas y de los sistemas boscosos muy alejada de la que promueven los modelos de modernización, la cual sólo enfatiza en la función productiva y extractiva de recursos. Los períodos analizados nos muestra como la visión de subsistencia y aprovechamiento local de los recursos se fue transformando hacia políticas de producción intensiva para la exportación y extracción de minerales para satisfacer los mercados regionales y posteriormente los nacionales y globales con el sacrificio e intervención masiva y sin medida de las

comunidades locales. Ninguna política busca el aprovechamiento de la biodiversidad para gestionar los planes de ordenamiento del territorio y mucho menos la valoración en los paisajes a partir del conocimiento de las comunidades locales, ignorando el papel de los agricultores locales en el reconocimiento, valoración y uso de la biodiversidad. Además aproximar a los agricultores como socios en el diseño de políticas pareciera un sueño, sin embargo esto permitiría adicionar muchos años de experiencia y sabiduría en la construcción de espacios asociados con el entorno de sus tierras y el manejo asociado con la distribución de la biodiversidad.

Lo anterior se pudo visualizar al comparar antropobiotomas tales como los sistemas tradicionales (V1, V3, V5) y la gran plantación de palma africana (V4), en los primeros la diversidad de hábitat es superior y predominan las lombrices nativas (*Andiodrilus* sp. 1, *Andiorrhinus* (*Turedrilus*) sp. 1, *Martiodrilus* (*Martiodrilus*) sp. 1, *Martiodrilus* (*Maipure*) *savanicola*, *Martiodrilus* (*Maipure*) sp. 1, *Righiodrilus* sp. 1, *Righiodrilus* sp. 2, *Righiodrilus* sp. 3 con ausencia de las exóticas y distribución diferencial en el perfil del suelo. Mientras que en el segundo la diversidad de hábitat es baja y también alojan individuos con abundancia media (321 ind / m²) y la especie que solo contribuye a la masa biológica fue la peregrina exótica *P. (P.) corethrurus*, que se ha registrado con alta densidad en otros sistemas cultivados del neotrópico (Feijoo y col., 2010; Marichal y col., 2010; Feijoo y col., 2011); sin embargo, en las plantaciones la abundancia y biomasa decrecen fuertemente con la profundidad, lo cual está asociado con la estructura del sistema radicular de las palmeras que solo coloniza la parte superficial del suelo.

Al comparar pastos nativos y mejorados para medir el alcance de otras opciones modernas que se han propuesto para los suelos de sabanas de los

Llanos Orientales de Colombia para ampliar la frontera agrícola y la capacidad de ingresos en la función producción, se observó que la prueba de Monte Carlo no separó los pastos mejorados de los nativos, registrando valores cercanos; mientras que la biomasa si introdujo la distinción entre valores pero con marcadas diferencias en la profundidad. El contraste en la biomasa se atribuye a la colonización y adaptación a los pastizales mejorados por la especie anécica *Martiodrillus* (*Martiodrillus*) sp. 1, similar a lo encontrado por Jiménez y col., (1998).

El bajo valor de individuos y de biomasa en los barbechos (192, 149.3, 224 ind / m²; 10.24, 7.14, 59.4 g/m²) se puede explicar por el tiempo que requiere la recuperación de la biofertilidad de los suelos de sabana debido a la alta intensidad en las prácticas previas al descanso, por lo cual sería necesario en futuras investigaciones diferenciar la edad de los barbechos como jóvenes, adultos y maduros.

Desde la mirada de los biomas antropogénicos es importante considerar el territorio como la totalidad de sistemas intervenidos que permiten el agrupamiento de la biodiversidad en pequeñas islas o conjuntos de parches que en algunos casos podrían favorecer el establecimiento de la biodiversidad por la forma de aprehensión de los agricultores de manera diferencial en las fincas. El presente trabajo demostró la importancia de fusionar los relatos históricos que documentan los procesos de ocupación humana del territorio, con el conocimiento de la biodiversidad; en el caso de estudio las comunidades de lombrices de tierra también permiten la documentación de los hechos en el territorio y posibilitan contar historias que muestran como los cambios en las políticas y procesos de transformación afectan o benefician el establecimiento de las lombrices en las fincas. En la medida que ingresan los sistemas de cultivo

intensivos con la única función de la producción y generación de productos para la exportación, la riqueza de lombrices se deprime hasta llegar a la unidad (Feijoo y col., 2011), mientras que en el caso de los sistemas tradicionales de cultivo con mantenimiento de la cobertura y mayores posibilidades de circulación de nutrientes con sistemas radiculares profundos y diversos, los cuales permiten mantener un elevado depósito de especies nativas. Este hecho es de vital importancia para tener en cuenta en el sistema de toma de decisiones en el ordenamiento territorial y las administraciones municipales y departamentales, porque su inclusión haría parte de información con fundamentos científicos que demuestran la necesidad de planificar el territorio con la participación de las comunidades locales, pues son ellos los que conocen la evolución y transformación de las coberturas y usos del terreno.

Conclusiones. El paisaje del municipio de Tauramena ha sido fruto de la hibridación entre las agriculturas industriales y las tradicionales o campesinas, por esta razón, al lado de la función producción en las fincas, se manifiestan otras funciones relacionadas con la conservación (al mantener relictos de selva, humedales con presencia de morichales, bosques de galería y pequeños parches con vegetación natural) de la biodiversidad de especies nativas de lombrices de tierra y la preservación de la cultura (producción diversificada, tradiciones culturales relacionadas con el manejo de la finca, cohesión social, herencia).

El panorama presentado en el trabajo demostró la necesidad de la consolidación de políticas públicas con base en la comprensión de los biomas antropogénicos introducidos mediante las agriculturas industriales y tradicionales o campesinas, lo cual implica ir más allá de la planeación territorial

a nivel municipal o de la división política administrativa, con la introducción de elementos que recojan la relación sistema humano y natural.

Otro aspecto interesante es la necesidad de incluir el panorama de la biodiversidad en la construcción de los planes o esquemas de ordenamiento territorial teniendo en cuenta el riesgo territorial diferencial. En el caso de estudio se demostró cómo la introducción de sistemas de cultivo tradicional o campesino genera menor

riesgo porque pueden llegar a mantener un depósito de especies nativas de lombrices interesante en programas de conservación de la biodiversidad y la regulación del aporte de servicios ambientales y el cambio climático. Mientras que la introducción de palma africana contribuye con el riesgo hacia la degradación al permitir la entrada de sólo una especie de lombriz exótica e invasora, lo que indica la reducción de los servicios ambientales y el incremento de las emisiones de gases de invernadero.

AGRADECIMIENTOS

A los propietarios de las fincas Rosario Forero, Margarita Forero, Pedro Forero, Luis y Carlos López, Jakeline Coronado, Graciela Cogua, Oscar

Naranjo y a Lino Vega y Luisa Vega, por ser gestores de esta idea. A la Universidad Tecnológica de Pereira por brindar el espacio y el tiempo para realizar el trabajo.

LITERATURA CITADA

- Anderson, JM & Ingram, J.S.I. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: a Handbook of Methods. CAB International, Oxford. 221 pp.
- Aguado, F.P. 1930. Recopilación historial resolutoria de Santa Marta y Nuevo Reino de Granada de las indias del Mar Océano. Tomos I, II. Espasa Calpe, Primera Edición, Madrid. 278 pp.
- Ávila, CO. 2009. Dinámica de la acumulación de capital humano en Yopal (Casanare). *Apuntes del CENES*, 27(46):1-33.
- Baptista, SR. 2010. Metropolitan land-change science: A framework for research on tropical and subtropical forest recovery in city-regions. *Land Use Policy*, 27:139-147.
- Ellis EC, Ramankutty N 2008. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the World. *Frontiers in ecology and the Environment*, 6(8):439-447.
- Feijoo A, Zúñiga MC, Quintero H, Lavelle P 2007. Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 30(2):235-249.
- Feijoo-Martínez, A, Zúñiga, MC, Quintero, H, Carvajal, AF & Ortiz, DP. 2010. Patrones de asociación entre variables del suelo y usos del terreno en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, Número Especial 2:151-164.
- Feijoo, A., Carvajal, A. F., Zúñiga, M. C., Quintero, H., Frago, C. 2011. Diversity and abundance of earthworms in land use systems in Central-Western Colombia. *Pedobiología*, doi:10.1016/j.pedobi.2011.09.016.
- Fierro PM 2006. Llanos Orientales: de los hermosos atardeceres al conflicto armado. *Revista Javeriana*, 724:60-67.

- Forero, CA. 2009. Estructura y composición de las comunidades de lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) presentes en diferentes usos del terreno en un área del municipio de Tauramena Casanare – Colombia. Bogotá. Tesis pregrado Universidad de Los Andes. 110 p.
- García DO 2009. Carimagua: La investigación y el desarrollo en ecosistemas de baja fertilidad. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*, 22(1):74-78.
- Gómez LA. 1987. Llanos Orientales: colonización y conflictos interétnicos 1870 -1970. FLACSO sede Ecuador. Tesis Antropología. 218 p.
- Gómez LA, Cavalier, I. 1999. Las sociedades indígenas de los Llanos: sistemas económicos y características socio-culturales. www.lablaa.org/blaavirtual/faunayflora/orinoco/orinoco7a.
- González F. 1990. Inventario preliminar de gases de efecto invernadero fuentes y sumideros: Colombia 1990. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, colección Jorge Álvarez Lleras No. 11.
- Jiménez, J.J., Moreno, A.G., Lavelle, P., Decaëns, T. 1998. Population dynamics and adaptive strategies of *Martiodrilus carimaguensis* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a native species from the well-drained savannas of Colombia. *Applied Soil Ecology*, 9(1-3):153-160.
- López, G. 1987. Proceso histórico regional 1835-1870 Capítulo 1. Disponible <http://www.flacsoandes.org/dspace/bitstream/10469/558/12/03>.
- MADR – CIAT. 1998. Resultados, adopción e impacto en los Llanos Orientales de Colombia. Documento de trabajo No. 194.
- Mace, GM, Baillie, J. 2007. The 2010 Biodiversity Indicators: Challenges for Science and Policy. *Conservation Biology*, 21(6):1406–1413.
- Maes, WH, Fontaine, M, Rongé, K, Henry, M, Muys, B. 2010 A quantitative indicator Framework for stand level evaluation and monitoring of environmental sustainable forest Management. *Ecological indicators* doi: 1016/j.ecolind.2010.07.001.
- Marichal, R, Feijoo MA, Praxedes, C, Ruiz, D, Carvajal, A, Oszwald, J, Hurtado, MP, Brown, GG, Grimaldi, M, Desjardins, T, Sarrazin, M, Decaëns, T, Velasquez, E and Lavelle, P. 2010. Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in Amazonian landscapes *Applied soil Ecology*, 46:443–449.
- MEA, 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. Island Press, Washington, DC. 320 pp.
- Pérez, A. 2007. La hacienda y el hato en la estructura económica, social y política de los llanos colombo-venezolanos durante el período colonial. *Procesos Históricos*, Número 11.
- Haines-Young, R. 2009. Land use and biodiversity relationships. *Land Use Policy*, 26:178–186.
- Ruíz, D. H., Bueno-Villegas, J., Feijoo, M. A. 2010. Uso de la tierra y diversidades alfa, beta y gamma de diplópodos en la cuenca del río Otún, Colombia. *Universitas Scientiarum*, 15(1):59-67.
- Sousa JP, Da Gama M, Pinto C, Keating A, Calhõa F, Lemos M, Castro C, Luz T, Leitão P, Dias S. 2004. Effects of land-use on collembola diversity patterns in a Mediterranean landscape. *Pedobiologia*, 48:609-622.