

**PROCESOS DE CAMBIO EN LA PRESENCIA DE LOMBRICES DE TIERRA EN  
CULTIVARES DE PLÁTANO, EJE CAFETERO COLOMBIANO**

**LUISA FERNANDA GARCÍA RODRÍGUEZ**

**ANA MARÍA ESCOBAR REYES**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
PEREIRA, RISARALDA  
2018**

**PROCESOS DE CAMBIO EN LA PRESENCIA DE LOMBRICES DE TIERRA EN  
CULTIVARES DE PLÁTANO, EJE CAFETERO COLOMBIANO**

**LUISA FERNANDA GARCÍA RODRÍGUEZ**

**ANA MARÍA ESCOBAR REYES**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Administrador  
Ambiental**

**DIRECTOR**

**Alexander Feijoo Martínez**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
PEREIRA, RISARALDA  
2018**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

**FIRMA DEL DIRECTOR**

---

---

**FIRMA JURADO 1**

---

**FIRMA JURADO 2**

**PEREIRA, JULIO DE 2018**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por la vida y por permitirme ser una persona feliz,*

*A la memoria de mi abuelo, Campo Elías por su legado y especialmente por infundir en mí el valor del respeto y el amor hacia el campo y la naturaleza,*

*A mi abuela, Virgelina por ser ejemplo de mujer valiente y luchadora,*

*A mi mamá, Rosa por enseñarme el valor de la resiliencia y por su amor infinito,*

*A mi papá, Fabio por su incansable lucha y por sus manos trabajadoras,*

*A mi hermana, Juliana por ser mi gran ejemplo, por ser una mujer disciplinada y centrada,*

*A mis tíos y primos que siempre han confiado en mis capacidades,*

*A Sammy, Lukas y Malú por ser mis compañeros de camino, por su amor inagotable!*

**Ana María Escobar Reyes**

*A las fuerzas del universo, a la vida y al amor por permitirme estar alcanzando esta meta,*

*A mis abuelos por ser parte fundamental de mi vida,*

*A mi papá, José Luis por su lucha y responsabilidad con su hogar,*

*A mi mamá, Juliana por su enorme fortaleza y su amor infinito,*

*A mi hermana, Juanita por su compañía y su ternura,*

*A Mateo, por su enorme cariño y simplemente por estar conmigo en los momentos difíciles.*

**Luisa Fernanda García Rodríguez**

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco profundamente a toda mi familia por su apoyo incondicional en las etapas recorridas,  
Al profesor Alexander Feijoo Martínez por su tiempo, conocimiento y disposición,  
A todos los profesores y comunidad de la Facultad de Ciencias Ambientales,  
A los productores de plátano que nos abrieron las puertas y nos enseñaron tanto,  
A mis compañeros, en especial a Luisa F. García, Fiona Dayana Vanegas López, Nataly Quintero y  
Yonatan Alzáte López por su compañía, cariño y enseñanzas,  
A la familia García Rodríguez, por ser mi segunda familia, por acogerme en su hogar y hacerme  
sentir como en mi casa, por sus consejos y cariño,  
A mis amigos, en especial a Diego Callejas, Sebastián García, Germán Gómez y Humberto Giraldo,  
Y a mi pueblo, Versalles Valle por ser mi fuente de inspiración.*

**Ana María Escobar Reyes**

*Agradezco a toda mi familia por estar presente en los momentos más importantes de mi vida y porque  
sin ellos, no estaría alcanzando esta meta,  
Al profesor Santiago Restrepo Calle por inculcar en mi uno de los saberes más importantes para mí,  
Al profesor Alexander Feijoo Martínez por hacer parte fundamental de este trabajo de grado y al  
grupo de investigación GATA,  
A mis compañeros que estuvieron a mi lado y me acompañaron durante este tiempo en la universidad,  
en especial a mi compañera Ana María Escobar Reyes por su incondicional compañía, enorme  
cariño y paciencia,  
A Walter Betancur Melchor por su compañía y enseñanzas durante una parte de mi paso por la  
universidad,  
A Mateo Hincapié López por su confianza, protección y enorme cariño,  
Y finalmente a la vida y a la naturaleza por permitirme conocerlas un poco más.*

**Luisa Fernanda García Rodríguez**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Las lombrices de tierra en los sistemas agrícolas.....	9
2.2 Impacto de la introducción de agroecosistemas en la distribución de comunidades de lombrices de tierra.....	11
2.3 Mapificación de presencia de lombrices de tierra en la zona de estudio.....	12
3. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Área de estudio.....	13
3.2 Documentación de la presencia de lombrices de tierra muestreadas en 33 fincas de un área del Eje Cafetero.....	14
3.3 Comprensión del impacto en las 33 fincas en la presencia de lombrices como bioindicadores.....	16
3.4 Diseño de la mapificación de presencia de lombrices.....	17
3.5 Análisis de la información.....	19
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Documentación de la presencia de lombrices de tierra.....	19
4.2 Comprensión del impacto en fincas en la presencia/ausencia de lombrices como indicadores.....	27
4.3 Diseño de la mapificación de presencia de lombrices.....	31
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	33
5.1 Documentación de la presencia de lombrices de tierra muestreadas.....	33
5.2 Impacto de la introducción de agroecosistemas de cultivar plátano sobre las lombrices de tierra.....	34
5.3 Diseño de la mapificación de presencia de lombrices.....	35
6. CONCLUSIONES.....	36
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las fincas estudiadas.....	14
Figura 2. Estructura metodológica de la construcción del mapa de Presencia/ Ausencia.....	18
Figura 3. Mapificación de la presencia de especies/ finca.....	31

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Número de especies por finca.....	19
Tabla 2. Resultados de Frecuencia de Ocurrencia.....	20
Tabla 3. Resultados de Porcentaje de abundancia-dominancia.....	21
Tabla 4. Resultados de Abundancia Relativa.....	22
Tabla 5. Resultados del número de individuos/ muestreo.....	23
Tabla 6. Categoría Ecológica / Especie.....	24
Tabla 7. Categoría Ecológica Predominante/ Muestreo.....	25
Tabla 8. Categoría Ecológica/ Finca.....	25
Tabla 9. Resultados de Frecuencia de Ocurrencia/ Arreglo.....	26
Tabla 10. Resultados de (P.IA)/ Arreglo.....	27
Tabla 11. Especie predominante/ Muestreo.....	28
Tabla 12. Especie predominante/ Finca.....	28
Tabla 13. Especie predominante/ Arreglo.....	29
Tabla 14. Descripción General/ Especie.....	30

## RESUMEN

La relación del hombre con los ecosistemas ha implicado cambios significativos en la regulación de los sistemas naturales, un ejemplo de ello es la perturbación generada por la implantación de cultivos en sitios no aptos, la manipulación indiscriminada de insumos de síntesis química y la sobreexplotación de los suelos; por tanto se hace necesario plantear estudios e investigaciones que den cuenta del grado de perturbación que se genera en los procesos de la biota edáfica de acuerdo al establecimiento de agroecosistemas. Es por ello que la investigación buscó consolidar información que permita la comprensión de procesos de cambio en la presencia de lombrices de tierra en sistemas de cultivar plátano en el Eje Cafetero colombiano, específicamente en el departamento del Quindío.

El trabajo investigativo se guió bajo tres objetivos específicos, el primero, documentar la presencia de lombrices de tierra en las 33 fincas bajo el establecimiento de cuatro y cinco variables para el total de fincas, por cada finca, por arreglo y por muestreo; el segundo, comprender el impacto de la introducción de agroecosistemas de cultivar plátano sobre la distribución geográfica de las lombrices de tierra y, el tercero, diseñar un mapa con la distribución geográfica de las lombrices de tierra de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar, categorizado por zonas alta y baja.

Relacionado con lo anterior, se pudo evidenciar que el arreglo con mayor diversidad de especies fue el de plátano asociado con café (AC) con un total de 11 y el de menor diversidad específica fue el monocultivo (MONO) con 8. Asimismo, es de resaltar que, de 14 especies halladas, ocho pertenecen a la categoría ecológica epígeas y seis a la categoría endógeas, mientras que el mayor número de individuos para gran parte de las fincas, fue la especie *Pontoscolex corethurus*, la cual es común en ecosistemas perturbados.

La especie presente y dominante en 22 de las 33 fincas muestreadas fue *P. corethurus*, además de ser la dominante en todos los muestreos realizados y por la totalidad de arreglos. Además de ello, por medio del mapa se pudo establecer que esta especie se encontró presente tanto en la parte “alta” como en la parte “baja” y se constató que las especies fueron comunes de acuerdo a la cercanía de las fincas.

Palabras clave: agroecosistema, arreglos de plátano, biota edáfica, cultivo de plátano, lombrices de tierra, perturbación.

## ABSTRACT

The relationship of man with the ecosystems has involved significant changes in the regulation of natural systems, an example of this is the disturbance generated by the introduction of crops in places that are not suitable, the indiscriminate handling of inputs of chemical synthesis and overexploitation of soils; therefore it is necessary to raise studies and research to realize the degree of disturbance that is generated in the processes of soil biota of agreement to the



establishment of agro-ecosystems. That is why the investigation sought to consolidate information that enables the understanding of processes of change in the presence of earthworms in systems to grow bananas in the Colombian coffee axis, specifically in the department of Quindío.

Research work was guided under three specific objectives, in the first place, sought to document the presence of earthworms in the 33 farms under the establishment of (4) and (5) variables by the total number of farms, for each farm, by arrangement and by sampling. It was subsequently sought to understand the impact of the introduction of agro-ecosystems to cultivate bananas on the geographical distribution of earthworms and finally, designed a map with the geographical distribution of earthworms according to the height above sea level, that is, the map is categorized in a "high and "low".

In relation to the above demonstrate that the arrangement with greater diversity of species was associated with coffee banana (AC) with a total of 11, and the lowest specific diversity was the monoculture (MONO) with 8. It is also of note that of 14 species, 8 belong to the category and 6 ecological epigeas endogeas category and the largest number of individuals for a large part of the Farms was the species *P. corethurus*, which is very common in disturbed ecosystems.

For the record, the species present and dominant in 22 of the 33 sampled was *P. corethurus* farms, in addition to being the dominant in all sampling and for the full arrangements. In addition, by the middle of the map is able to establish that this species was present in both the "high" as in the "low" and it was found that the species were common according to the closeness of the farms.

Key words: agroecosystem, arrangements of banana, soil biota, cultivation of banana, earthworms, disturbance.

## 1. INTRODUCCIÓN

La aparición del hombre en la tierra ha representado necesariamente la manipulación y uso del soporte natural, pues es en éste donde se obtiene alimento, fibras, recreación y con el tiempo, se han encontrado formas de comerciar ciertos componentes inmersos en los sistemas naturales. En tal sentido, el crecimiento demográfico representa una mayor demanda de recursos, por lo cual la implementación de cultivos no sólo para autoconsumo sino también para fines de sustento económico ha sido determinante en el impacto a los ecosistemas.

Colombia posee alrededor de 114 millones de hectáreas (Ministerio de Agricultura, 2014) de las cuales, 5,3 millones están dedicadas a cultivos agrícolas; por lo cual, es claro que, por razones demográficas, geográficas e históricas, necesariamente se han intervenido los sistemas naturales, trayendo consigo perturbaciones en la biota edáfica que además ha desencadenado otro tipo de repercusiones, las cuales no han sido identificadas y estudiadas en su totalidad.

El cultivo de plátano en Colombia ha sido un factor importante y determinante en la economía campesina desde mucho tiempo atrás; en palabras de Lavelle (2013), ha sido un sector tradicional de la economía campesina y de suma importancia socioeconómica en el ámbito de seguridad alimentaria y generación de empleo.

El Eje Cafetero por estar inmerso dentro de la región andina colombiana, no ha sido ajeno a conflictos generados por la relación entre la sociedad y la naturaleza motivado en gran medida por ser una de las regiones más pobladas de Colombia y por ende con mayor dinamismo. El Eje Cafetero posee alrededor de 2700.000 habitantes, los cuales se dedican principalmente a actividades agrícolas, siendo representativo el cultivo de café y plátano.

Entretanto, se estima que, del área cultivada en plátano en el Eje Cafetero, el 87% se encuentra como cultivo tradicional asociado con café, cacao, yuca y frutales y el 13% restante, se encuentra como monocultivo tecnificado (Feijoo, et al., 2014). Por tanto, se hace necesario realizar estudios que determinen las formas de afectación a la biota edáfica, en este caso, específicamente en lombrices de tierra.

Es por ello, que la investigación buscó dar respuesta a las transformaciones en 33 fincas del Eje Cafetero y sus respectivos arreglos en sistemas de cultivar plátano por medio de variables como la riqueza, frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa enfocado en lombrices de tierra para conocer el impacto generado por la introducción de diversas prácticas de cultivo.

En tal sentido, se propuso como objetivo general, consolidar información que permita la comprensión de procesos de cambio en la presencia de lombrices de tierra en sistemas de cultivar plátano; asimismo, los objetivos específicos se enmarcaron en (i) documentar la presencia lombrices de tierra muestreados por finca y arreglo en sistemas de cultivar plátano; (ii) comprender el impacto de la introducción de agroecosistemas de cultivar plátano sobre la distribución geográfica de las lombrices de tierra; y por último, (iii) Diseñar la mapificación de presencia de lombrices de manera acorde a la información obtenida.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Las lombrices de tierra en los sistemas agrícolas.**

La biota edáfica se refiere a todos los organismos presentes en el suelo, ésta se encuentra dividida de acuerdo con el tamaño del individuo adulto, por tanto, se clasifica en microfauna, mesofauna y macrofauna (Lavelle, et al., 1992). La microfauna está constituida por animales acuáticos que se encuentran entre las partículas del suelo, miden menos de 0.2 mm y se incluyen, fundamentalmente, protozoarios, rotíferos y nemátodos. El segundo grupo lo componen organismos cuyo tamaño oscila entre los 0.2 y 2 mm y forman parte de él los microartrópodos (ácaros, colémbolos, proturos, dipluros y sínfilos) y los enquitreídos (Cabera, et al., 2001).

Por último, la macrofauna se encuentra compuesta por organismos de más de 2 mm de longitud que se mueven activamente a través del suelo y pueden elaborar galerías en las cuales viven. Forman parte de este grupo los isópodos (cochinillas), quilópodos (cienpiés), diplópodos (milpiés), arácnidos, moluscos, formícidos (hormigas), isópteros (termitas), coleópteros y oligoquetos (lombrices de tierra) (Cabera, et al., 2001).

Las lombrices de tierra cuentan con gran importancia, ya que sus funciones edáficas son determinantes en las características tanto físicas como químicas del suelo. Las lombrices de tierra son los organismos más importantes del suelo, especialmente en ecosistemas productivos, debido a su influencia en la descomposición de la materia orgánica, desarrollo de la estructura del suelo y el ciclo de nutrientes (Ríos, s.f).

Las lombrices de tierra y otra fauna asociada al interior de los suelos han sido llamados “los ingenieros del suelo” por la formación de galerías, hoyos y depósitos de excremento, características que se prestan para la modificación del ambiente para otros organismos (Ríos, s.f); sin embargo, el hecho de formar galerías es un factor importante en la aireación y la filtración de agua y nutrientes a los suelos.

De acuerdo con lo anterior, se han realizado estudios sobre la influencia de las lombrices de tierra en sistemas agrícolas que evidencian no sólo la importancia en la estructura del suelo como sustento de las actividades agrícolas sino también en su aporte a la fertilidad de los mismos.

Un estudio realizado por Van Groenigen, et al., (2014) da cuenta del aporte de las lombrices de tierra en la productividad agrícola, los resultados arrojaron que la presencia de lombrices incrementó la producción de granos en 25%, la biomasa de plantas en un 23% y la biomasa de raíces en un 20%; además de ello, se pudo constatar que la presencia de lombrices no incidió en el contenido de nitrógeno de las plantas por lo cual no hubo afectaciones en la calidad.

En tal sentido, es de acotar que la presencia de lombrices de tierra en sistemas agrícolas no aporta nitrógeno, sino que éstas ayudan a que éste disponible y sea asimilado por las plantas, factor que incide directamente en el crecimiento de las mismas. Con la construcción de galerías, la ingestión de suelo y la producción de coprolitos (excrementos), las lombrices liberan el nitrógeno presente en los residuos vegetales y en la materia orgánica del suelo, transformando lo que sería abono orgánico en mineral (Van Groenigen, et al., 2014).

Asimismo, un estudio realizado por Juárez y Fragoso (2014) en dos regiones del centro de México con sistemas de cultivo diferentes, concluyeron que de acuerdo al sistema de cultivo existirá una eficiente o deficiente relación con la biota del suelo; pese a que las condiciones de cada espacio geográfico son diversas, el uso de maquinaria para la transformación del suelo, así como el uso indiscriminado de componentes químicos incidirán en los efectos negativos sobre las lombrices de tierra. Éstos determinaron que para mejorar la relación de los sistemas de cultivo con la biota del suelo era necesaria la implementación de sistemas que incrementaran

los niveles de humedad y de la materia orgánica tales como usos de abonos de cobertera y estiércol.

De acuerdo a lo anterior, es de reconocer que los estudios enfocados a la importancia de la presencia de lombrices de tierra en sistemas agrícolas, cada vez toman mayor fuerza, no sólo para determinar los impactos negativos para las poblaciones, sino también para revelar los beneficios que aportan en la productividad de los cultivos. Aun así, los estudios enfocados en la perturbación de la biota edáfica inmersa en los sistemas de cultivo, son deficientes.

## **2.2 Impacto de la introducción de agroecosistemas en la distribución de comunidades de lombrices de tierra**

Al respecto son múltiples los estudios que han determinado los impactos negativos sobre las comunidades de lombrices de tierra, la labranza indiscriminada, el uso de agroquímicos y los cultivos intensivos son los principales referentes. Las aplicaciones prolongadas de insumos de síntesis química acidifican notoriamente los suelos, razón por la cual las comunidades se ven diezmadas.

Feijoo, et al., (2007), en su estudio titulado “Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia” determinaron que algunas especies como *P. corethurus*, *O. elegans* y *Glossodrilus saiija* son potenciales indicadores de ambientes perturbados dado el uso frecuente de agroquímicos, así como la incidencia de la carencia de sombra, y la recurrencia de sistemas intensivos que repercuten en el cambio de la composición y estructura del suelo, apoyado en la falta de coberturas que regulen tanto la humedad del suelo como el pH y la disponibilidad de fuentes alimenticias.

Asimismo, la introducción de agroecosistemas impacta la forma en cómo se distribuyen las comunidades de lombrices de tierra, por ejemplo, para Colombia según Feijoo, et al., (2004) de acuerdo a las condiciones particulares de cada lugar, las lombrices de tierra fueron caracterizadas de acuerdo a cinco grupos:

- Las especies nativas que habitan ambientes restringidos de las selvas Andinas, húmedas tropicales o de las sabanas nativas de los Llanos Orientales, por ejemplo *M. palmirus*, *O. loksai*, *O. benavidesi* y *M. columbianus*.
- Las especies nativas con amplia distribución, las cuales viven en ambientes que van desde selvas hasta sistemas de cultivo multiestratificados y pastizales, tales como *Andiodrilus ruizanus*, *A. uncinatus*, *G. griseus*, *G. lacteus* y *Martiodrilus* sp.
- Las especies exóticas introducidas de Europa o Norteamérica que habitan en suelos por encima de los 1,500 m de altitud, como por ejemplo *Dendrodrilus tenuis*, *Dendrobaena octaedra*, *Allolobophora rosea* y *O. tyrtaeum*.

- Las especies exóticas introducidas de Asia y África que invaden suelos con abundante cobertura superficial y que ocurren en ambientes desde 50 hasta 3900 m.s.n.m, tales como *A. corticis*, *A. gracilis*, *E. eugeniae* y *D. annae*.
- Las especies exóticas con origen en el Neotrópico que invaden sistemas de cultivo con alta degradación y que se encuentran por debajo de los 1800 m de altitud, por ejemplo *O. elegans* y *P. corethrurus*.

Entretanto, Ramírez, et al., (2013) en su estudio sobre dinámica de poblaciones establecieron que la presencia de lombrices de tierra depende de las prácticas de manejo empleada, pues si se establecen prácticas más agresivas, existirá un conflicto mayor sobre y debajo de la superficie del suelo afectando a los organismos que lo habitan; sostienen que la diversidad edáfica es muy importante para generar equilibrio en los ecosistemas, por lo cual si llegara a desaparecer una de éstas especies, se entraría en un estado de desestabilización.

Por su parte, otro tipo de cambios también se pueden generar en la transición de ecosistemas naturales a agroecosistemas, pues como lo establece Fragoso, et al., (1999) los efectos de la labranza en el tiempo se evidencian en la modificación de la biomasa, abundancia, número de especies, categorías ecológicas y composición de las especies de lombrices en el suelo.

Pese a todas las perturbaciones establecidas y analizando la información obtenida de los cinco grupos expuestos por Feijoo, et al., (2004), es claro que especies exóticas aprovechan las condiciones de transformación de los ecosistemas para establecerse y de alguna manera incidir en el desplazamiento de las especies nativas. Por tanto, se puede evidenciar que la afectación a ciertas especies no es negativa directamente, pero en conjunto estas nuevas modificaciones tanto estructurales como en términos de especies, termina siendo perjudicial sobre todo para las especies nativas.

En la actualidad muchos son los estudios adelantados en términos de población, dinámicas y perturbaciones hacia la biota edáfica, sin embargo, no existen muchos estudios que den cuenta de las dinámicas en poblaciones de interés, tanto de especies nativas como exóticas, siendo estas últimas un gran referente para entender además las implicaciones de los sistemas naturales con fuertes influencias antrópicas.

### **2.3 Mapificación de presencia de lombrices de tierra en la zona de estudio**

Se refiere principalmente a la representación de la ubicación espacial de las especies de lombrices de tierra presentes en un área determinada. Para este caso específico se pretendió visualizar los patrones de distribución de las especies de lombrices de tierra de acuerdo a su categoría ecológica y a su origen, es decir, de acuerdo a si son nativas o exóticas; además de contrastar la distribución con dos zonas establecidas en el área de estudio de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar, es decir, las lombrices presentes en la zona baja y las presentes en la parte alta, pues resulta ser el clima, un factor importante que afecta o determina la distribución

de los organismos; por tal motivo, los análisis de variables climáticas ayudan a comprender el por qué una especie crece en un determinado sitio y no en otro (Lindenmayer et al., 1991).

El área de distribución hace alusión a la fracción del espacio geográfico donde una especie está presente e interactúa de manera no efímera con el ecosistema. La presencia o ausencia de éstas en el espacio geográfico está definida por factores biogeográficos, fisiológicos, así como ecológicos (Maciel, et al., 2015). Actualmente existen métodos y modelos que permiten determinar la distribución de las especies, sin embargo, es importante recalcar la dificultad de estimación de esta variable, pues los ecosistemas, las especies y otros factores de carácter antrópico influyen en cambios específicamente de las áreas geográficas.

Entretanto, la mapificación de la presencia de las especies permite determinar acciones de manejo y control especialmente cuando se trata de especies invasoras, además de predecir áreas que describan las condiciones ambientales adecuadas para la supervivencia de una determinada especie (Palma, et al., 2014).

De acuerdo a Maciel et al., (2015) existen gran cantidad de estudios a diferentes escalas con relación a la distribución de las especies, donde se documentan los patrones, las formas, los tamaños y el solapamiento del área de dicha distribución. Maciel et al., (2015) refieren los estudios de Hall (1981) sobre mamíferos en Norteamérica, Smith y Taylor (1950) sobre reptiles de México y Orme, et al., (2006) sobre las aves del mundo.

Sobre estos estudios, concluyen que la distribución de las especies cambia con el tiempo, para lo cual refieren el caso del jaguar (*Panthera onca*) que hace 10000 años tenía su límite geográfico al norte de su área de distribución en el paralelo 30°, ubicado a la mitad de Estados Unidos de América, y que a la fecha se ubica el límite norte en el paralelo 32°, localizado en la frontera sur de Estados Unidos con México; por lo cual se considera que el fenómeno espacial es dinámico.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Área de estudio**

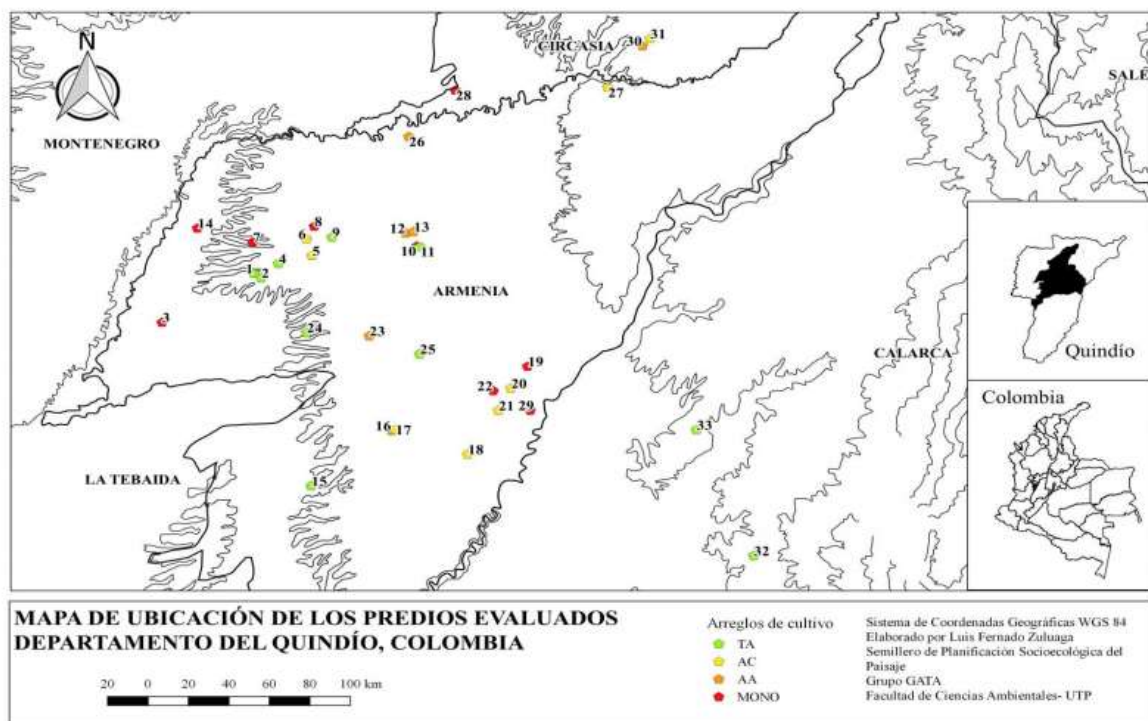
El área de estudio está localizada en el departamento del Quindío, específicamente en el municipio de Armenia a 4°32' longitud Norte y 75°41' longitud Oeste, con una extensión de 121,50 Km<sup>2</sup> lo cual equivale al 6,18% de la superficie total del departamento (Agenda Ambiental del municipio de Armenia, 2007). El municipio de Armenia presenta altitudes entre los 1000 y 2000 m.s.n.m. y precipitaciones entre 2000 y 2200 mm y una temperatura media anual entre 18 y 24 °C (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2010).

Armenia se constituyó en el área de estudio puesto que de las 12129,99 Ha que ocupan las coberturas agrícolas, el 69,5% de la superficie está cubierta por cultivos de plátano (25,9% equivalente a 3144,30 Ha) y banano (1,38% equivalente a 167,67 Ha) (IGAC, 2010).

En este municipio se localizan la mayor cantidad de fincas, en donde de 33 seleccionadas, se encuentran 28, las 5 fincas restantes se localizan en el municipio de Circasia (3) y Calarcá (2) en las que se identificaron cuatro arreglos de cultivar teniendo en cuenta la clasificación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) (2005): (i) Tradicional Arbóreo (TA), plátano tradicional asociado con café tradicional y árboles dispersos, sin distancias ni trazos definidos, ni fertilización y pocas labores agronómicas (10 fincas); (ii) Asociado con Café (AC) Plátano asociado con café, en barreras con distancias definidas y manejo agronómico significativo (8 fincas); (iii) Asociado con Aguacate y otros frutales (AA) Plátano asociado con aguacate y otros frutales, con manejo agronómico permanente, seis años de siembra, sin trazos y resiembras frecuentes (8 fincas); (iv) Monocultivo (MONO) Plátano monocultivo tecnificado, con manejo agronómico, trazo definido y renovación cada 5 a 6 años (7 fincas) (Zuluaga, 2017).

Para el caso del proceso de investigación, se eligieron 33 fincas, que se encuentran ubicadas en la zona baja (1000 a 1300 m.s.n.m) y en la zona alta (> 1301 m.s.n.m) las cuales se dividieron de esta manera para determinar si hay cambios con respecto al efecto de la altura sobre el nivel del mar en las variaciones del clima.

**Figura 1: Ubicación de las fincas estudiadas**



*Fuente: Zuluaga, 2017*

### 3.2 Documentación de poblaciones de lombrices de tierra muestreadas en 33 fincas de un área del Eje Cafetero.

Para el desarrollo, se realizó en principio la revisión de bases de datos existentes sobre abundancia, presencia y ausencia de macroinvertebrados en las 33 fincas adscritas al

macroproyecto “Servicios ecosistémicos generados por diversos arreglos del cultivo de plátano en el Eje Cafetero Colombiano” realizado por el Grupo de Investigación Gestión en Agroecosistemas Tropicales Andinos (GATA) de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Posteriormente, se realizó el conteo del número total de especies de lombrices de tierra para las 33 fincas, así como la obtención de resultados vinculados con la frecuencia de ocurrencia de las especies, el porcentaje de abundancia- dominancia de individuos y el número total de lombrices encontradas en las 33 fincas. En este caso se tuvieron en cuenta 4 variables de análisis.

Seguidamente, se evaluó el número de especies por muestreo, el número de especies por finca, la categoría ecológica de las especies en general y luego, la categoría ecológica predominante por finca y por muestreo. Para este caso de análisis se contó con 5 variables.

Para el análisis de los arreglos, se evaluó el número de especies, la categoría ecológica, la frecuencia de ocurrencia y el porcentaje de abundancia- dominancia de individuos, dando como resultado 4 variables.

### 3.2.1 Variables de análisis

El **número total de especies** da cuenta de la riqueza presente en las 33 fincas y puede representar un importante dato para responder a otro tipo de análisis tales como índices y porcentajes de abundancia, presencia o ausencia. En tal sentido, para realizar el conteo del número total de especies de lombrices de tierra se tuvo en cuenta los resultados proporcionados por la base de datos, donde 0 corresponde a ausencia y 1 corresponde a presencia; lo cual se llevó a cabo por cada muestreo. Seguidamente se realizó el conteo de abundancia con respecto a cada especie por finca.

**Frecuencia de ocurrencia (F.O):** esta variable presenta la probabilidad que tienen las especies de ser encontradas en cada unidad muestreada.

$$F.O = \frac{n}{N} * 100$$

Donde n= número de sitios en los que ocurre una especie.

N= número de unidades de muestreo que comprende el total de muestras.

Para expresar los resultados de esta variable se han establecido las siguientes categorías, de acuerdo a Feijoo (1993):

% F.O	Categoría
0 - 50	Baja
50- 70	Alta
75 - 100	Muy Alta



### **Porcentaje de abundancia- dominancia de individuos (PIA):**

$$PIA = \frac{n}{N} * 100$$

Donde n= número de individuos de una especie

N= número total de individuos

### **Abundancia relativa (Ar):**

$$Ar = \frac{A}{At} * 100$$

Donde A= número de individuos por grupo

At= total de individuos de la finca

La **categorización ecológica** de las especies de lombrices de tierra encontradas se llevó a cabo para conocer su actividad con relación al suelo y condiciones climáticas de su medio. Por tanto, las lombrices de tierra en general se pueden categorizar ecológicamente en epígeas, endógeas, epiendogeicas, anécicas y endoanécicas. Sin embargo, en las 33 fincas muestreadas solamente se encontraron lombrices epígeas y endógeas.

Las *lombrices epígeas* viven permanentemente asociadas a acumulaciones de materia orgánica sobre la superficie del suelo lo que las expone a situaciones permanentes de clima y depredadores, por lo cual han desarrollado una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas para asegurar su supervivencia (Bouché, 1984).

Por su parte, las *lombrices endógeas* viven de manera permanente en el sustrato mineral-orgánico del suelo, hasta unos 40 cm de profundidad. Éstas suelen obtener el alimento de raíces muertas o de materia orgánica integrada al suelo, de residuos enterrados por las lombrices anécicas o materiales transportados por el agua lluvia (Selles, et al., 2006).

### **3.3 Comprensión del impacto en las 33 fincas en la presencia de lombrices como bioindicadores.**

Para la comprensión del impacto en las fincas, se tomaron las variables utilizadas en el objetivo específico 1, es decir por finca, muestreo y arreglo. Asimismo, se tomó en cuenta el tipo de especie encontrada, si se trata de especies nativas o exóticas y su potencial como indicador ecológico. Para ello se establecieron tablas con los datos a analizar así como las principales características de las especies en cuestión.

El impacto de un determinado lugar puede determinarse de múltiples formas, una de ellas es por medio del análisis de macroinvertebrados presentes para el caso de ecosistemas. Las lombrices de tierra pueden ser útiles como indicadoras ya que poseen una movilidad moderada

y ciclos de vida relativamente largos (Mather y Christensen, 1992). Además de ello las lombrices de tierra al estar inmersas en el suelo son mucho más sensibles ante las perturbaciones, como lo expresa Blair, et al. (1996), las lombrices pueden ser muy útiles para determinar los efectos de algunas prácticas de manejo del suelo o los impactos de las actividades humanas sobre él.

### **3.4 Diseño de la mapificación de presencia de lombrices.**

A partir de los datos obtenidos en los objetivos específicos anteriores, es decir, en primer lugar las variables de análisis para el total de fincas, para cada finca, por muestreo y arreglo y en segundo lugar el impacto en las fincas que se ha causado debido al tipo de arreglo implementado en el sistema de cultivo, se diseñó un mapa con el consolidado de fincas (33) que dio cuenta de la presencia/ ausencia de lombrices.

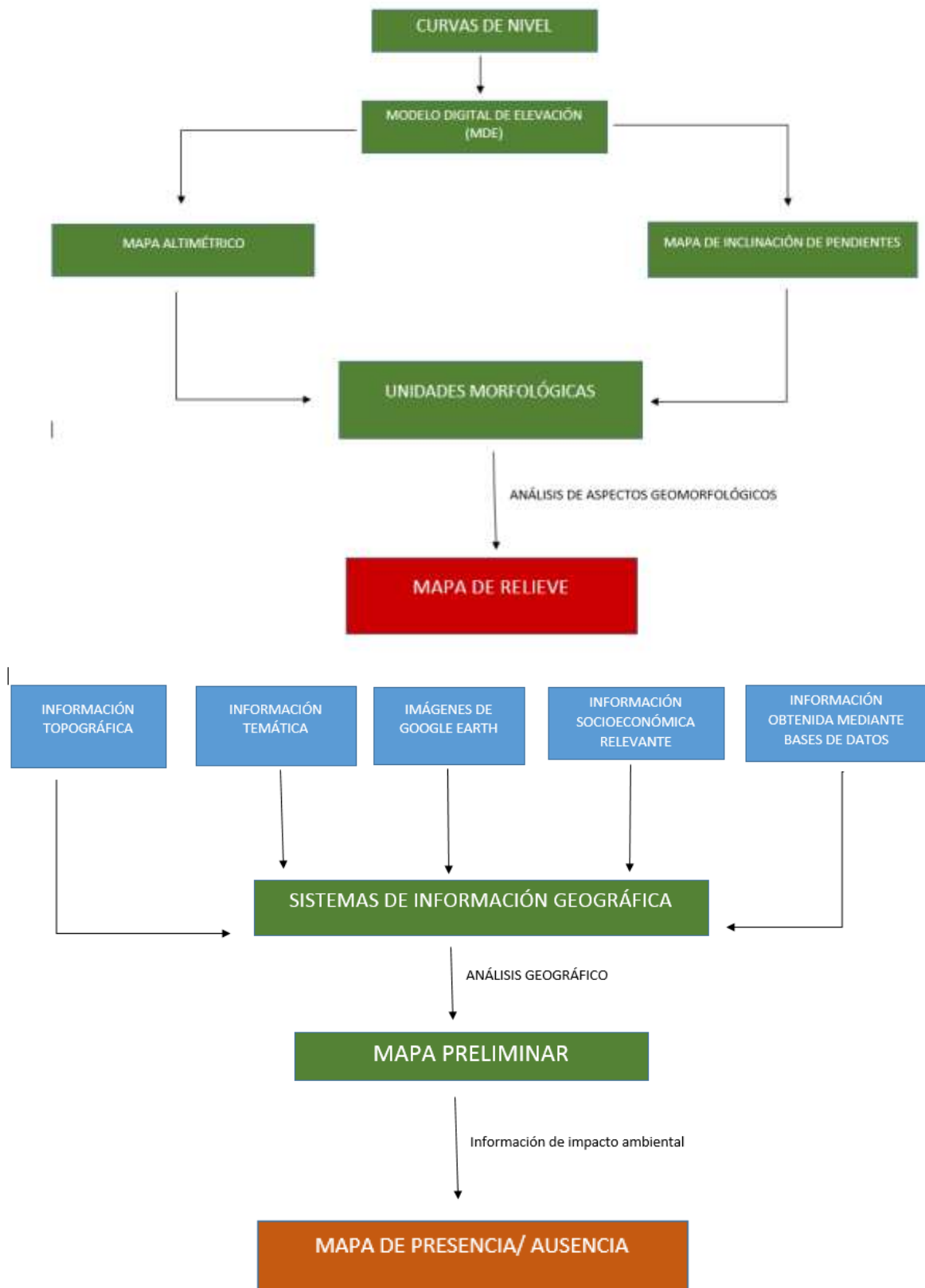
Además de ello, se tuvo en cuenta las geoformas del terreno, el tipo de suelo, la altura, el clima, en donde la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta fundamental, ya que ayudan a compilar toda esta información y a plasmarla gráficamente para la toma de decisiones y para poder obtener respuestas ante dudas suscitadas en el proceso de investigación. Según Salinas y Quintela (2001) se asumen varios presupuestos para la obtención de esquemas que permitan aplicar los Sistemas de Información Geográfica a la mapificación:

- A) La existencia de mapas temáticos para los componentes geología, suelos, vegetación, hidrografía y clima, además del mapa de uso de la tierra.
- B) Es posible (a partir del análisis de la información temática, topográfica y fotográfica) obtener un mapa preliminar, que podrá ser completado definitivamente con el resultado del trabajo de campo, en este caso, bases de datos.
- C) No todo el proceso, ni siquiera el de la confección del mapa preliminar, puede llevarse a cabo de forma automatizada. Aun utilizando los SIG, el elemento subjetivo juega un papel importante.

De esta forma se planteó un esquema que define los elementos generales de la relación SIG- Información obtenida por las bases de datos- Estado ecológico.

En esta etapa se llevó a formato digital la información relevante, además de las curvas de nivel, puntos con altura conocida, imágenes de satélite obtenidas por medio de Google Earth, rasgos de la hidrografía superficial, de la geología e información sobre objetos de origen antrópico presentes en el mapa topográfico. Esta información se estructuró en capas (shapes). Lo primero que se obtuvo fue un modelo digital de elevación (MDE), a partir de la información altimétrica básica el cual representa la variación continua de la altura sobre el nivel del mar (Salinas y Quintela, 2001).

**Figura 2. Estructura metodológica de la construcción del mapa de Presencia/ Ausencia**



### **3.5 Análisis de la información**

El análisis de la información para el primer objetivo se hizo por medio del software Excel, en donde las variables se agruparon en tablas, tomando como punto central las bases de datos aportadas por el grupo de investigación (GATA).

En el caso del segundo objetivo específico se utilizaron los resultados obtenidos en el objetivo anterior y posteriormente se empleó el software Excel.

Para el tercer objetivo se emplearon los resultados de los objetivos específicos 1 y 2, capas (shapes) obtenidos en el Sistema de Información Geográfico para el Ordenamiento Territorial (SIGOT) y posteriormente se plasmó esta información en mapas por medio del software ArcGis 10.2.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Poblaciones de lombrices de tierra**

#### **4.1.1 Número total de especies encontradas en las 33 fincas.**

En este caso, se observó que la finca con mayor número de especies fue La Sofe, la cual se encuentra dentro de un sistema de cultivo o un arreglo de plátano en asocio con café; por su parte, las fincas con menor número de especies fueron El Corzo con arreglo tradicional arbóreo, La Linda con arreglo de plátano en asocio con café, La Pradera (AC), La Francia (TA) y el Recuerdo (AC) (Tabla 1).

Se pudo constatar además que para esta variable específica no puede evaluarse a profundidad qué tipo de arreglo es más ideal en el tratamiento de la biota edáfica, pues a pesar de que se encontró mayor número de especies en un arreglo (AC), éste también presentó en otras fincas una sola especie.

Tabla 1. Número de especies por finca

Arreglo	No. finca	Nombre finca	No. especies por finca
TA	1	Bella Marina	5
TA	2	Villa Sofía	6
MONO	3	La Campiña	5
TA	4	San Marcanda	6
TA	5	Alejandría	2
AC	6	El Recuerdo	1
AA	7	Cajicá	2
MONO	8	Casa Blanca	3
TA	9	La Francia	1
MONO	10	La Miranda	3
TA	11	La Elena	2
AA	12	La Ermita	2
AA	13	San Miguel	2
MONO	14	Balsora	2
AC	15	La Cristalina	6
AA	16	Villa Lucy	2
AC	17	Las Colinas	4
AA	18	Germania	5
MONO	19	Córdoba	3
AC	20	La Pradera	1
AC	21	La Carmelita	2
AC	22	La Linda 1	1
AA	23	Carmen del Pinar	2
TA	24	El Corzo	1
TA	25	La Cabaña	4
AA	26	La Brasilia	6
AC	27	La Catalina	6
MONO	28	La Camelia	2
MONO	29	El Roble	4
AA	30	Buenos Aires	6
AC	31	La Sofe	7
TA	32	El Regalito	2
TA	33	Madrigal	2

TA: Tradicional Arbóreo; MONO: Monocultivo; AC: Plátano en asocio con café; AA: Plátano en asocio con aguacate

#### 4.1.2 Frecuencia de ocurrencia (F.O):

Los resultados permitieron establecer qué especie en especial se encuentra de manera más frecuente teniendo en cuenta el muestreo total para las 33 fincas; para el caso, se pudo observar que la especie con mayor porcentaje de frecuencia de ocurrencia (50%) fue *P. corethrurus*, ésta se encontró en 99 de los 198 muestreos realizados. A su vez, las especies con menor porcentaje de frecuencia de ocurrencia (1%) fueron *M. (maipure) sp*, *D. baloui*, *P. coreguaje* y *Parecida a P. corethrurus*, las cuales de 198 muestreos, se encontraron 1 y 2 veces. Pese a que *P. corethrurus* tuvo un porcentaje representativo, la categoría correspondiente en todos los casos analizados correspondió a “Baja” (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de Frecuencia de Ocurrencia

<b>Especie</b>	<b>Muestreos en que se halló la especie</b>	<b>FO</b>	<b>CATEGORÍA</b>
<i>P. corethrurus</i>	99	50%	Baja
<i>Aptodrilus fuhrmanni</i>	3	2%	Baja
<i>A. gracilis</i>	20	10%	Baja
<i>D. affinis</i>	28	14%	Baja
<i>G. griseus</i>	20	10%	Baja
<i>P. coreguaje</i>	1	1%	Baja
<i>D. baloui</i>	1	1%	Baja
<i>P. excavatus</i>	7	4%	Baja
<i>D. saliens</i>	17	9%	Baja
<i>Glossodrilus sp</i>	7	4%	Baja
<i>P. columbianus</i>	8	4%	Baja
<i>M. (maipure) sp</i>	1	1%	Baja
<i>Glossodrilus sp 2</i>	7	4%	Baja
<i>Parecida a P. corethrurus</i>	2	1%	Baja
<b>TOTAL MUESTREOS</b>	<b>198</b>		

#### 4.1.3 Porcentaje de abundancia- dominancia de individuos (P.IA):

El porcentaje de abundancia-dominancia permitió dar cuenta de aquellas especies con mayor número de individuos y por tanto, con mayor participación y dominio; se observó que la especie más abundante y dominante fue *P. corethrurus* con 1255 individuos encontrados con un porcentaje representativo del 79,6% además de *D. affinis* con 93 individuos hallados y un porcentaje de 5,8%. Asimismo, la especie menos abundante y dominante fue *P. coreguaje*, de la cual únicamente se halló un individuo, presentando un porcentaje del 0,1% (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de Porcentaje de abundancia-dominancia

<b>Especie</b>	<b>Abundancia de la especie en las fincas</b>	<b>P.IA</b>
<i>P. corethrurus</i>	1255	79,6%
<i>Aptodrilus fuhrmanni</i>	6	0,4%
<i>A. gracilis</i>	38	2,4%
<i>D. affinis</i>	93	5,8%
<i>G. griseus</i>	72	4,5%
<i>P. coreguaje</i>	1	0,1%
<i>D. baloui</i>	5	0,3%
<i>P. excavatus</i>	15	0,9%
<i>D. saliens</i>	42	2,6%
<i>Glossodrilus sp</i>	38	2,4%
<i>P. columbianus</i>	8	0,5%
<i>M. (maipure) sp</i>	4	0,3%
<i>Glossodrilus sp 2</i>	8	0,5%
<i>Parecida a P. corethrurus</i>	5	0,3%
<b>TOTAL</b>	<b>1590</b>	<b>100%</b>

#### 4.1.1.4 Número total de lombrices (Ar):

Se pudo observar que las fincas con mayor número de individuos fueron La Brasilia (354) y un porcentaje de Abundancia relativa de 22,26%, Buenos Aires (AA) con 196 individuos y un porcentaje (Ar) de 12,33% y La Catalina (Ac) con 145 individuos y un porcentaje de 9,12%. Por su parte, las fincas donde únicamente se encontró un individuo (*P. corethrurus*) fueron El Recuerdo (AC), El Corzo (TA) y La Francia (TA) por lo cual no se tuvo en cuenta a la hora de representar la Abundancia relativa (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de Abundancia Relativa

Arreglo	Finca	Total individuos por finca	Ar
TA	Bella Marina	13	0,82%
TA	Villa Sofía	52	3,27%
MONO	La Campiña	21	1,32%
TA	San Marcanda	38	2,39%
TA	Alejandro	12	0,75%
AC	El Recuerdo	-	-
AA	Cajicá	17	1,07%
MONO	Casa Blanca	30	1,89%
TA	La Francia	-	-
MONO	La Miranda	34	2,14%
TA	La Elena	24	1,51%
AA	La Ermita	2	0,13%
AA	San Miguel	15	0,94%
MONO	Balsora	85	5,35%
AC	La Cristalina	81	5,09%
AA	Villa Lucy	18	1,13%
AC	Las Colinas	18	1,13%
AA	Germania	25	1,57%
MONO	Córdoba	38	2,39%
AC	La Pradera	15	0,94%
AC	La Carmelita	29	1,82%
AC	La Linda 1	5	0,31%
AA	Carmen del Pinar	77	4,84%
TA	El Corzo	-	-
TA	La Cabaña	6	0,38%
AA	La Brasilia	354	22,26%
AC	La Catalina	145	9,12%
MONO	La Camelia	5	0,31%
MONO	El Roble	43	2,70%
AA	Buenos Aires	196	12,33%
AC	La Sofe	78	4,91%
TA	El Regalito	51	3,21%
TA	Madrigal	63	3,96%
<b>TOTAL</b>		<b>1590</b>	<b>100%</b>

TA: Tradicional Arbóreo; MONO: Monocultivo; AC: Plátano en asocio con café; AA: Plátano en asocio con aguacate

## 4.1.2 Variables por finca y muestreo

### 4.1.2.1 Número de individuos por muestreo

Se pudo constatar que aunque hubo individuos de una especie particular que se hallaron una sola vez en la totalidad de muestreos realizados, hubo otras como *P. corethrurus* y *D. affinis* con una cantidad considerable. En este sentido, el muestreo donde se obtuvo mayor número de individuos fue el 2 con un total de 367, y el muestreo donde hubo menor cantidad de individuos hallados fue el 4 con un total de 196 (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados del número de individuos/ muestreo

ESPECIE	M1	M2	M3	M4	M5	M6
<i>P. corethrurus</i>	140	326	197	123	246	223
<i>Aptodrilus fuhrmanni</i>	4	0	0	2	0	0
<i>A. gracilis</i>	3	4	15	5	5	6
<i>D. affinis</i>	5	18	4	37	5	24
<i>G. griseus</i>	31	5	1	6	6	23
<i>P. coreguaje</i>	0	0	1	0	0	0
<i>D. baloui</i>	0	0	0	0	0	5
<i>P. excavatus</i>	8	1	1	1	0	4
<i>D. saliens</i>	8	8	11	6	5	4
<i>Glossodrilus sp</i>	19	1	0	9	1	8
<i>P. columbianus</i>	2	2	1	0	1	2
<i>M. (maipure) sp</i>	0	0	0	4	0	0
<i>Glossodrilus sp 2</i>	3	0	0	3	2	0
<i>Parecida a P. corethrurus</i>	0	2	0	0	3	0
<b>TOTAL</b>	223	367	231	196	274	299

### 4.1.2.2 Categoría ecológica de especies

Por medio de esta variable se muestra la categoría ecológica a la cual pertenece una especie, se observó que la gran mayoría de especies encontradas (8) corresponde a la categoría ecológica epígea y las 6 restantes corresponden a endógeas (Tabla 6); por tanto se establece que la mayoría viven en la superficie del suelo, sin embargo, *P. corethrurus*, pese a ser una especie endógea, fue la especie más representativa en los muestreos.



Tabla 6. Categoría Ecológica / Especie

ESPECIE	EPÍGEA	ENDÓGEA
<i>P. corethrurus</i>		X
<i>Aptodrilus fuhrmanni</i>		X
<i>A. gracilis</i>	X	
<i>D. affinis</i>	X	
<i>G. griseus</i>		X
<i>P. coreguaje</i>	X	
<i>D. baloui</i>	X	
<i>P. excavatus</i>	X	
<i>D. saliens</i>	X	
<i>Glossodrilus sp</i>		X
<i>P. columbianus</i>	X	
<i>M. (maipure) sp</i>	X	
<i>Glossodrilus sp 2</i>		X
<i>Parecida a P. corethrurus</i>		X

#### 4.1.2.3.1 Categoría ecológica predominante por muestreo

Las especies endógeas fueron las más representativas en el conjunto de muestreos realizados; a su vez, este resultado se explica por la participación relevante de la especie exótica *P. corethrurus* por pertenecer a esta categoría ecológica (Tabla 7).

Tabla 7. Categoría Ecológica Predominante/ Muestreo

MUESTREO	Epígea	Endógea
M1		X
M2		X
M3		X
M4		X
M5		X
M6		X

#### 4.1.2.3.2 Categoría ecológica predominante por finca

De acuerdo con los resultados presentados, se observó que la mayoría de las fincas (29) de las 33 muestreadas contienen en su mayoría especies pertenecientes a la categoría ecológica de las

endógeas. Las fincas La Cabaña, La Cristalina, La Ermita y Bella Marina en su mayoría se encuentran presentes especies de la categoría ecológica de las epígeas (Tabla 8).

Tabla 8. Categoría Ecológica/ Finca

FINCA	Epígea	Endógea
Bella Marina	X	
Villa Sofía		X
La Campiña		X
San Marcanda		X
Alejandría		X
El Recuerdo		X
Cajicá		X
Casa Blanca		X
La Francia		X
La Miranda		X
La Elena		X
La Ermita	X	X
San Miguel		X
Balsora		X
La Cristalina	X	
Villa Lucy		X
Las Colinas		X
Germania		X
Córdoba		X
La Pradera		X
La Carmelita		X
La Linda I		X
Carmen del Pinar		X
El Corzo		X
La Cabaña	X	
La Brasilia		X
La Catalina		X
La Camelia		X
El Roble		X
Buenos Aires		X
La Sofe		X
El Regalito		X
Madrigal		X

#### 4.1.3 Variables por arreglo

El arreglo donde mayor número de especies se halló fue el de plátano asociado con café (11); seguido del tradicional arbóreo (10); plátano asociado a aguacate y frutales con nueve especies y finalmente el arreglo donde menos especies se halló fue el monocultivo con ocho.

Los resultados dan cuenta de que la especie *P. corethrurus* tiene un porcentaje importante de frecuencia de ocurrencia en los arreglos monocultivo (54,8%) y en plátano asociado a aguacate

(54,2%). Asimismo *D. affinis* tuvo un porcentaje importante (25,0%) en el arreglo (AA) al igual que la especie *G. griseus*. Por su parte, todas las especies tuvieron alguna participación porcentual por encima del 2,1% en el arreglo plátano asociado a café a excepción de las especies Parecida a *P. corethrurus*, *D. baloui* y *P. coreguaje* (Tabla 9).

#### 4.1.3.1 Frecuencia de ocurrencia (F.O):

**Tabla 9. Resultados de Frecuencia de Ocurrencia/ Arreglo**

ESPECIE	TA	FO	MONO	FO	AC	FO	AA	FO
<i>P. corethrurus</i>	25	41,7%	7	54,8%	7	52,1%	7	54,2%
<i>Aptodrilus fuhrmanni</i>	0	0,0%	0	0,0%	2	6,3%	0	0,0%
<i>A. gracilis</i>	4	6,7%	3	14,3%	3	10,4%	2	10,4%
<i>D. affinis</i>	4	6,7%	3	9,5%	3	16,7%	4	25,0%
<i>G. griseus</i>	3	5,0%	3	7,1%	3	8,3%	5	20,8%
<i>P. coreguaje</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%
<i>D. baloui</i>	1	1,7%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>P. excavatus</i>	5	8,3%	0	0,0%	1	4,2%	0	0,0%
<i>D. saliens</i>	2	3,3%	0	4,8%	4	12,5%	2	14,6%
<i>Glossodrilus sp</i>	1	1,7%	2	4,8%	1	4,2%	2	4,2%
<i>P. columbianus</i>	7	11,7%	0	0,0%	2	2,1%	0	0,0%
<i>M. (maipure) sp</i>	0	0,0%	0	0,0%	1	2,1%	0	0,0%
<i>Glossodrilus sp 2</i>	1	1,7%	1	2,4%	1	4,2%	3	6,3%
Parecida a <i>P. corethrurus</i>	0	0,0%	1	2,4%	0	0,0%	1	2,1%
<b>TOTAL MUESTREOS/ ARREGLO</b>	60		42		48		48	

#### 4.1.3.2 Porcentaje de abundancia- dominancia de individuos (P.IA):

El porcentaje de abundancia-dominancia para el caso de los arreglos permitió determinar que la especie abundante-dominante es *P. corethrurus* y presentó su mayor porcentaje (86,6%) en el tipo de arreglo de plátano asociado a aguacate (AA). Seguidamente, la especie *D. affinis* tuvo un porcentaje apreciable de 11,1% en el arreglo de plátano asociado con café (AC) y la especie *G. griseus* obtuvo un porcentaje representativo de 17,4% en el arreglo tradicional arbóreo (TA) (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados de (PIA)/ Arreglo

ESPECIE	TA	PIA	MONO	PIA	AC	P.IA	AA	PIA
<i>P. corethrurus</i>	166	64,1%	210	82,0%	269	72,5%	610	86,6%
<i>Aptodrilus fuhrmanni</i>	0	0,0%	0	0,0%	6	1,6%	0	0,0%
<i>A. gracilis</i>	10	3,9%	6	2,3%	15	4,0%	7	1,0%
<i>D. affinis</i>	11	4,2%	11	4,3%	41	11,1%	30	4,3%
<i>G. griseus</i>	45	17,4%	4	1,6%	5	1,3%	18	2,6%
<i>P. coreguaje</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,1%
<i>D. baloui</i>	5	1,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>P. excavatus</i>	10	3,9%	0	0,0%	5	1,3%	0	0,0%
<i>D. saliens</i>	3	1,2%	12	4,7%	9	2,4%	18	2,6%
<i>Glossodrilus sp</i>	1	0,4%	10	3,9%	14	3,8%	13	1,8%
<i>P. columbianus</i>	7	2,7%	0	0,0%	1	0,3%	0	0,0%
<i>M. (maipure) sp</i>	0	0,0%	0	0,0%	4	1,1%	0	0,0%
<i>Glossodrilus sp 2</i>	1	0,4%	1	0,4%	2	0,5%	4	0,6%
<i>Parecida a P. corethrurus</i>	0	0,0%	2	0,8%	0	0,0%	3	0,4%
<b>TOTAL</b>	<b>259</b>	<b>100</b>	<b>256</b>	<b>100</b>	<b>371</b>	<b>100</b>	<b>704</b>	<b>100</b>

## 4.2 Comprensión del impacto en fincas en la presencia/ausencia de lombrices como indicadores.

### 4.2.1 Categoría ecológica y especie predominante por muestreo

Para efecto del análisis de las especies potenciales como indicadores ecológicos se tuvo en cuenta datos de los resultados anteriores; para el caso, la especie dominante en todos los muestreos fue *P. corethrurus* (Tabla 11). Sin embargo, como se ha podido, ésta ha sido representativa por ser una especie exótica, por lo cual se constituye y fundamentado en otros estudios como indicadora de agroecosistemas perturbados.

Tabla 11. Especie predominante/ Muestreo

MUESTREO	Epígea	Endógea	Especie predominante
<b>M1</b>		X	<i>P. corethrurus</i>
<b>M2</b>		X	<i>P. corethrurus</i>
<b>M3</b>		X	<i>P. corethrurus</i>
<b>M4</b>		X	<i>P. corethrurus</i>
<b>M5</b>		X	<i>P. corethrurus</i>
<b>M6</b>		X	<i>P. corethrurus</i>

#### 4.2.2 Categoría ecológica y especie predominante por finca

Los resultados presentados dan cuenta de la transversalidad de la especie *P. corethrurus* con categoría ecológica endógena en la gran mayoría de fincas muestreadas (25) pese a tener arreglos de diferente tipo. Por su parte, las fincas que presentaron especies dominantes diferentes a *P. corethrurus* fueron La Cabaña donde las especies dominantes fueron *P. excavatus* (epígea) y *P. columbianus* (epígea); La Cristalina con *D. affinis* (epígea); La Ermita con *G. griseus* (endógena) y *P. coreguaje* (epígea); San Marcanda con *G. griseus* (endógena); La Campiña con *Glossodrilus sp* (endógena); Villa Sofía con *G. griseus* (endógena) y Bella Marina con *P. excavatus* (epígea) (Tabla 12).

Tabla 12. Especie predominante/ Finca

FINCA	Epígea	Endógena	Especie predominante
Bella Marina	X		<i>P. excavatus</i>
Villa Sofía		X	<i>G. griseus</i>
La Campiña		X	<i>Glossodrilus sp</i>
San Marcanda		X	<i>G. griseus</i>
Alejandría		X	<i>P. corethrurus</i>
El Recuerdo		X	<i>P. corethrurus</i>
Cajicá		X	<i>P. corethrurus</i>
Casa Blanca		X	<i>P. corethrurus</i>
La Francia		X	<i>P. corethrurus</i>
La Miranda		X	<i>P. corethrurus</i>
La Elena		X	<i>P. corethrurus</i>
La Ermita	X	X	<i>G. griseus</i> <i>P.</i>
San Miguel		X	<i>coreguaje</i>
Balsora		X	<i>P. corethrurus</i>
La Cristalina	X		<i>P. corethrurus</i>
Villa Lucy		X	<i>D. affinis</i>
Las Colinas		X	<i>P. corethrurus</i>
Germania		X	<i>P. corethrurus</i>
Córdoba		X	<i>Glossodrilus sp</i>
La Pradera		X	<i>P. corethrurus</i>
La Carmelita		X	<i>P. corethrurus</i>
La Linda 1		X	<i>P. corethrurus</i>
Carmen del Pinar		X	<i>P. corethrurus</i>
El Corzo		X	<i>P. corethrurus</i>
La Cabaña	X		<i>P. corethrurus</i>
La Brasilia		X	<i>P. excavatus</i> <i>P.</i>
La Catalina		X	<i>columbianus</i>
La Camelia		X	<i>P. corethrurus</i>
El Roble		X	<i>P. corethrurus</i>
Buenos Aires		X	<i>P. corethrurus</i>
La Sofe		X	<i>P. corethrurus</i>
El Regalito		X	<i>P. corethrurus</i>
Madrigal		X	<i>P. corethrurus</i>
			<i>P. corethrurus</i>
			<i>P. corethrurus</i>

### 4.2.3 Categoría ecológica y especie predominante por arreglo:

Los resultados en este caso, permiten constatar que la especie dominante no sólo en gran parte de las fincas sino también en todos los arreglos fue *P. corethrurus* (Tabla 13); por lo cual de forma preliminar se puede establecer que las prácticas de cultivo ligadas al tipo de arreglo no son limitantes para que esta especie exótica pueda reproducirse y convivir con las especies nativas. Por el contrario, pese a que unos arreglos sean más “amigables” con la fauna, el tratamiento de las especies exóticas potenciadas por las perturbaciones ya establecidas, suele ser un reto.

Tabla 13. Especie predominante/ arreglo

ARREGLOS	Epígea	Endógea	Especie predominante
Tradicional Arbóreo		X	<i>P. corethrurus</i>
Monocultivo		X	<i>P. corethrurus</i>
Plátano asociado con café		X	<i>P. corethrurus</i>
Plátano asociado a aguacate y frutales		X	<i>P. corethrurus</i>

### 4.2.4 Descripción general de las especies halladas.

Las características generales de las especies halladas se tomaron en cuenta por la importancia que tiene conocer el origen, es decir, si se trata de especies exóticas o nativas; en este caso, 9 de ellas corresponden a especies nativas, mientras que las cuatro restantes correspondieron a especies exóticas (*P. corethrurus*, *Amyntas gracilis*, *Dichogaster baloui* y *Perionix excavatus*). Además de ello, otras especies de origen nativo también son potenciales indicadores ecológicos como lo es el caso de *Glossodrilus sp* (Tabla 14).

Tabla 14. Descripción General/ Especie

ESPECIE	CATEGORÍA ECOLÓGICA	Característica
<i>P. corethrurus</i>	Endógea	Especie exótica, neotropical y geófaga; se le considera una especie muy común en los ecosistemas gestionados o en áreas sujetas a algún tipo de alteración (Tapia et al., 2003).
<i>Aptodrilus fuhrmanni</i>	Endógea	Especie nativa, habita en pastizales (Feijoo, et al., 2004)
<i>Amyntas gracilis</i>	Epígea	Exótica, habita suelos con abundante cobertura superficial (Feijoo, et al., 2004)
<i>Dichogaster affinis</i>	Epígea	Habita en pastizales (Bautista y Palacio, 2005).
<i>Glossodrilus griseus</i>	Endógea	Nativa, habita en zonas de vegetación que presentan diversos estratos y en pastizales (Feijoo, et al., 2004)
<i>Periscolex coreguaje</i>	Epígea	Nativa
<i>Dichogaster baloui</i>	Epígea	Exótica
<i>Perionix excavatus</i>	Epígea	Exótica
<i>Dichogaster saliens</i>	Epígea	Nativa
<i>Glossodrilus sp</i>	Endógea	Nativa, es un indicador de ecosistemas perturbados por la utilización de agroinsumos de síntesis química (Feijoo, et al., 2007)
<i>Periscolex columbianus</i>	Epígea	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) sp</i>	Epígea	Nativa, esta especie suele habitar en selvas primarias y secundarias, cultivos multiestrata con sombra y cobertura superficial o en páramos (Feijoo, et al., 2004)
<i>Glossodrilus sp 2</i>	Endógea	Nativa
Parecida a <i>P. corethrurus</i>	Endógea	Nativa

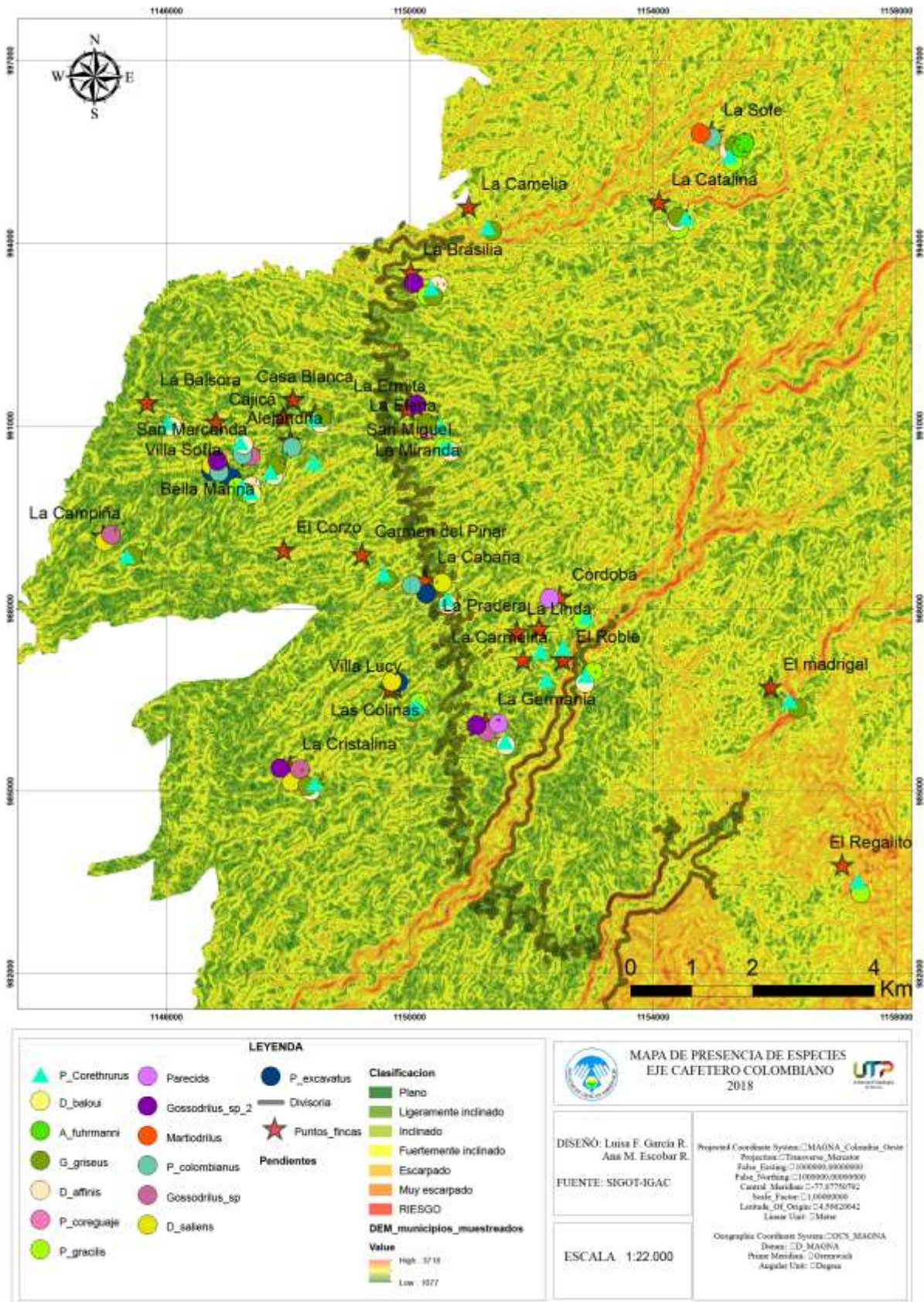
### **4.3 Diseño de la mapificación de presencia de lombrices.**

La Figura 3 presenta el resultado de la introducción de los resultados de presencia/ausencia de las 14 especies en las fincas respectivas. Cada finca está representada por una estrella roja, sin embargo, se incluyen los nombres. Seguidamente se representó cada una de las especies por medio de puntos de colores diferentes a excepción de *P. corethrurus* que por poseer mayor representatividad dentro de la investigación y por encontrarse presente en la mayoría de fincas, se presentó por medio de triángulos color jade.

Asimismo, la divisoria de las zonas “alta” (> 1301 m.s.n.m) y “baja” (1000 a 1300 m.s.n.m.) se representó por medio de una línea color negro. Además, se presenta sobre un modelo de elevación (DEM) y un mapa de pendientes que se logra representar por los colores verde, amarillo y rojo, siendo los matices verdes las zonas más bajas o de relieve menos quebrado; amarillo un relieve más quebrado y elevado y rojo, siendo las zonas más elevadas sobre el nivel del mar (Figura 3).



Figura 3. Mapificación de la presencia de especies/ finca



## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Documentación de lombrices de tierra muestreadas

#### 5.1.1 Variables para el total de fincas

Para las 33 fincas muestreadas se encontró un total de 14 especies de lombrices de tierra durante los seis muestreos realizados en cada una de ellas. Estas especies fueron: *P. corethrurus*, *Aptodrilus fuhrmanni*, *A. gracilis*, *D. affinis*, *G. griseus*, *P. coreguaje*, *D. bloaui*, *P. excavatus*, *D. saliens*, *Glossodrilus sp*, *P. columbianus*, *M. (maipure) sp*, *Glossodrilus sp 2* y *Parecida a P. corethrurus* (Tabla 1). Para el caso específico de las fincas El Recuerdo, El Corzo y La Francia, solamente se encontró la especie *P. corethrurus*, sin embargo, no se definió el número de individuos.

La mayor cantidad de especies que se encontró en una finca de las 33 muestreadas fue de 7, estas fincas poseen arreglos TA, AA y AC, ninguna finca en MONO registró ese número de especies, ya que el mayor número de especies muestreadas para este tipo de arreglo fue de 5 y solo se presentó en una finca de un total de 7 (Tabla 1) que poseen este tipo de arreglo; razón que puede explicarse porque al existir una sola línea de cultivo tal vez, no exista dinamismo con otros factores como sombra, o nutrientes aportados por las plantas en asocio. Sin embargo, es claro que no se puede basar el criterio únicamente a que si la finca posee una mayor diversidad de especies está “mejor” dentro del sistema de la biota del suelo, pues es necesario determinar otras variables importantes como la categoría ecológica y el origen de las mismas.

La Frecuencia de Ocurrencia (FO) determinó en términos porcentuales qué especie se halló de manera común en el total de muestreos; en este caso, para un total de 198 muestreos realizados en las 33 fincas, el dato más alto corresponde a la especie *P. corethrurus*, la cual fue hallada en 99 muestreos, es decir, con un porcentaje del 50%; en consecuencia, otras especies fueron halladas en un único muestreo, como *P. coreguaje*, *D. baloui*, y *M. (maipure)* (Tabla 2).

De igual manera, la variable de Porcentaje de Abundancia- Dominancia de individuos (PIA) determinó que la especie dominante fue *P. corethrurus*, con un porcentaje del 79.6%, por lo cual, se puede deducir que las especies nativas están siendo desplazadas por ésta especie exótica y por tanto con mayor resiliencia frente a los cambios generados en los agroecosistemas. El porcentaje menor (0,1%) fue para la especie *P. coreguaje*, la cual es nativa y secuencialmente puede estar siendo de las más afectadas no sólo por solapamiento del nicho, sino también por otras condiciones de carácter antrópico (Tabla 3).

De acuerdo a la Abundancia relativa (Ar), el mayor número de individuos se presentó en la finca la Brasilia con 354, ésta finca tiene un arreglo de plátano asociado con aguacate (AA) (Tabla 4). De las 3 fincas en total que presentaron un número mayor a 100 individuos muestreados, dos de ellas presentan arreglo AA y una AC. Sin embargo, en la finca La Ermita sólo se presentaron dos individuos de los 6 muestreos realizados y también posee un arreglo AA, lo que permite tener una seguridad del 66.6% de que los arreglos con aguacate poseen un

mayor número de lombrices. Sin embargo, respecto a la riqueza de especies el arreglo AC obtuvo el mayor puntaje con 11 especies de un total de 14 (Tabla 4).

### 5.1.2 Variables por finca y muestreo

Las variables por finca y muestreo dan cuenta de una colecta total de 367 individuos de las 14 especies. De acuerdo a los 198 muestreos realizados, el segundo para cada finca fue donde hubo mayor colecta de individuos (367) y el muestreo que menor número de individuos obtuvo fue el 4 con un total de 196 (Tabla 5).

La categoría ecológica predominante de acuerdo a todos los muestreos corresponde a especies endógeas, sin embargo, si se observa el dato por cada una de las fincas, se pueden determinar especies dominantes epígeas como en el caso de las fincas Bella Marina, La Ermita, La Cristalina y La Cabaña (Tabla 7).

### 5.1.3 Variables por arreglo

Específicamente las variables analizadas en arreglos mostraron que el mayor número de especies (11) corresponde al tipo de plátano asociado con café (AC), seguido de tradicional arbóreo (TA) con 10 especies, plátano asociado a aguacate y frutales (AA) 9 y el que menos presentó riqueza de especies fue el monocultivo (MONO) con 8 especies. Dentro de estas especies predomina la categoría ecológica epígeas.

En cuanto a la Frecuencia de Ocurrencia (FO) analizada para los 4 tipos de arreglos, se presenta un porcentaje alto para la especie *Pontoscolex corethrurus* especialmente en el arreglo de tipo Monocultivo (54,8%); seguidamente la especie *D. affinis* tiene un porcentaje representativo dentro del arreglo AA (25,0%). De igual forma, el porcentaje de abundancia - dominancia (P.I.A) está representado para los cuatro tipos de arreglo por la especie *P. corethrurus* teniendo una mayor participación en el arreglo AA con el 86,6% (Tabla 9)

## 5.2 Impacto de la introducción de agroecosistemas de cultivar plátano sobre las lombrices de tierra.

De acuerdo a los resultados obtenidos y teniendo en cuenta los resultados del objetivo específico 1, se observa que la especie predominante fue *Pontoscolex corethrurus*, de acuerdo a la variable estimada por finca, arreglos y muestreos.

Sin embargo, es también de destacar las especies predominantes para una minoría de las fincas, como lo fueron *P. excavatus*, *G. griseus*, *Glossodrilus sp.*, *P. coreguaje*, *D. affinis* y *P. Colombianus*, de las cuales 2 de ellas son exóticas y 4 son nativas (Tabla 12).

Al respecto, cabe destacar la importancia de *P. corethrurus* como indicadora de suelos perturbados; ésta pertenece a la familia Glososcolecidae, que pertenece a la categoría

ecológica de las endógeas mesohúmicas y es una especie exótica al ser originaria de la meseta de las Guayanas (Lavelle. et al., 1987).

El impacto de la introducción de agroecosistemas de cultivar plátano sobre las lombrices de tierra se ha determinado en este caso bajo la influencia de la especie *P. corethrurus* como indicadora, pues ésta especie suele establecerse muy bien en suelos perturbados por los diferentes factores macro (precipitación, temperatura y radiación solar) y microambientales (pH, materia orgánica, N, P, S, entre otros) así como las diversas técnicas de manejo, ambientales antropogénicos (Fragoso, 2001, Lavelle y Spain, 2001 y Edwards y Bohlen, 1996).

Entretanto, es posible constatar lo anterior, pues para todos los arreglos, la especie dominante fue *P. corethrurus* (Tabla 13) y fue de la que mayor número de individuos se pudo recolectar; por lo cual es de concluir que esta especie se adecúa muy bien a los diferentes ambientes y no suele ser afectada por las prácticas de cultivo generadas; por el contrario, esta especie se considera como compactadora ya que construye y mantiene una estructura según macroagregados resistentes en el suelo. Además de ello, es claro el impacto generado hacia las especies nativas, pues ésta suele desplazarlas y ocupar sus nichos.

Dado que el mayor número de individuos de la especie *P. corethrurus* fueron hallados en el arreglo de Plátano en asocio con Aguacate y el menor número de individuos se halló en el arreglo de Tradicional Arbóreo (Tabla 10) es posible realizar una hipótesis sobre los factores que inciden en su propagación, es posible que en tanto el agroecosistema se encuentre bajo la influencia de sombrero y un microclima más apto para la biota edáfica nativa, es más difícil competir tanto por espacio, como por alimento y las condiciones del medio no son tan favorables para ésta.

### **5.3 Diseño de la mapificación de presencia de lombrices.**

Por medio de la mapificación, se pudo observar que algunas especies, en su mayoría nativas, solo se presentan en una de las 33 fincas, esto da cuenta de manera somera del grado de afectación de dichas fincas ya que *P. corethrurus* si se encontró presente. Sin embargo, las condiciones climáticas al momento de hacer los muestreos también deben ser tenidas en cuenta.

Igualmente, se observó que en algunos casos, si una especie determinada se encuentra en una finca, igualmente se encuentra en las fincas más cercanas, por lo cual, es posible determinar de manera somera el rango de distribución de una especie en especial.

En este sentido, se puede observar de forma muy superficial porque es necesario estudios a detalle, que los factores como altitud sobre el nivel del mar y temperatura no influyeron de forma considerable porque las condiciones para esta escala son muy parecidas. Sin embargo, si se tuviera en cuenta una escala mayor, es decir, un análisis con una cobertura territorial mayor, los cambios generados por estas variables podrían observarse con claridad.

Entretanto, pese a que hay especies comunes en los diversos arreglos en las fincas, sí se puede observar que según sean las técnicas de cultivo e incluso paleado por uso de insumos de síntesis química, las especies encontradas serán diferentes o la variabilidad será definida por el número de individuos.

## 6. CONCLUSIONES

En el conjunto de las 33 fincas muestreadas, fueron halladas 14 especies de lombrices de tierra de las cuales 9 de ellas son nativas (5 de ellas endógeas y 4 epígeas) y 6 son de origen exótico (4 de ellas epígea y 2 endógeas); el mayor número de especies (7) se halló en la finca La Sofe, la cual posee un arreglo de plátano asociado con café.

Se constató además que la especie *P. corethrurus* fue la más representativa en las variables tenidas en cuenta para el desarrollo de este objetivo, por lo cual se constituye como la especie más abundante-dominante especialmente en el tipo de arreglo de plátano asociado con aguacate, y asimismo como la especie con mayor frecuencia de ocurrencia en comparación con las demás.

Por su parte, es importante destacar la apreciable participación de la especie *D. affinis* como segunda con mayor frecuencia de ocurrencia en los muestreos realizados, a su vez que tuvo un considerable número de individuos hallados (93) después de *P. corethrurus*. En tal sentido, se pueden catalogar estas dos especies como las de mayor incidencia en los cultivos de plátano, pese al tipo de arreglo implementado. Sin embargo, *P. corethrurus* tuvo mayor frecuencia de ocurrencia en el arreglo de monocultivo y *D. affinis* en plátano en asocio con aguacate.

Por su parte, el impacto generado por la introducción de diversos arreglos en los cultivares de plátano pudo establecerse por medio de los datos representativos de la especie *P. corethrurus* siendo ésta potencial indicadora de ecosistemas perturbados; asimismo, la especie *Glossodrilus sp* aunque no fue la más representativa, pudo hallarse especialmente en los arreglos de monocultivo y plátano asociado con café, generando así un dato importante al ser una especie indicadora de ecosistemas perturbados por la utilización de agroinsumos de síntesis química.

En este sentido, se puede afirmar que de acuerdo a la presencia y predominancia de *P. corethrurus* tanto en las variables analizadas por finca, arreglo y muestreos, todas las fincas presentan algún grado de perturbación pese a que las prácticas de cultivo sean más o menos intensivas y a que se utilice en mayor o menor medida agroquímicos; sin embargo éstos dos factores no fueron cuantificados durante el curso de esta investigación.

Bajo lo representado en el mapa, geográficamente las fincas presentan características muy similares dentro de la escala territorial, sin embargo, varían en este caso por el tipo de arreglo que hayan implementado. En este sentido, las especies encontradas comparten condiciones climáticas y geográficas parecidas, por lo cual, una misma especie es común en lugares cercanos a excepción de *P. corethrurus* que se encuentra presente en la gran mayoría de fincas.

De acuerdo a lo anterior, también se constató que el área de influencia de *P. corethrurus* es muy amplia en relación a otras especies que sólo fueron halladas en un solo muestreo como el caso de *P. coreguaje*, *D. baloui*, y *M. (maipure) sp.*

## **RECOMENDACIONES**

Esta investigación presenta de forma preliminar un llamado de atención ante la forma de cómo están siendo gestionados los agroecosistemas, y los vacíos existentes que se presentan alrededor de la biota edáfica, ya que se requieren estudios más especializados y detallados que puedan determinar nuevas variables y otros indicadores ecológicos relacionados con lombrices de tierra.

En tal sentido, estudios más detallados y enfocados a este tipo de fauna, presentarán y dará a conocer la importancia de ésta en los procesos a nivel de suelo, pero además su asociación con los ciclos productivos y que no sigan siendo relegados a un segundo plano.

Es de resaltar la labor del profesor Alexander Feijoo Martínez al dedicar gran parte de su vida al estudio de la biota edáfica, recalcando igualmente, que es necesaria la existencia de más investigadores de este tipo en un país megadiverso como Colombia.

## BIBLIOGRAFÍA

Agenda Ambiental del municipio de Armenia. (s.f). Corporación Autónoma del Quindío.

Blair, J. Bohlen, P. y Freckman, D. (1996). Soil invertebrates as indicators of soil quality. Pp 273-291.

Bouché, M. (1984). Les ver de terre. La Recherche 165 (15): 796-804

Bautista, F., Palacio, A. (2005). Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán, implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales.

Cabrera, G., Crespo, G. (2001). Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24. San José de Las Lajas, La Habana. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 35. No. 1, 2001. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193014947002.pdf>

Feijoo, A. (1993). Inventario de las Lombrices de Tierra (Annelida, Oligochaeta) de una región del Departamento del Valle, Colombia.

Feijoo, A. et al. (2014). Servicios ecosistémicos generados por diversos arreglos del cultivo de plátano en el Eje Cafetero Colombiano.

Feijoo, A., Zúñiga, M.C., 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.

Feijoo, A., Quintero, H., Fragoso, C., Moreno, A. (2004). Patrón de distribución y listado de especies de las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) en Colombia. Disponible en línea: <http://www.redalyc.org/pdf/575/57520213.pdf>

Fragoso, C., Kanyonyo, J., Moreno, A., Senapati, B., Blanchart, E., y Rodríguez, C. (1999). A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. Pp 1-26.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2010). Coberturas y usos de la tierra en el departamento del Quindío. Escala 1:10.000

Juárez, D. Fragoso, C. (2014). Comunidades de lombrices de tierra en sistemas agroforestales intercalados, en dos regiones del centro de México. Disponible en línea: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372014000300013](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372014000300013)

Lavelle, P. et al. (1997). Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* (33):159-193.

Lavelle, P. et al. (2001). SOM management in the tropics: Why feeding the soil Macrofauna? *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61 (1-2):53-61.

Lavelle, P., Spain, A., Blanchart, E., Martin, A., Martin, S. y Schaesfer, R. (1992). The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. *Myths and Science of Soil of the Tropics*. Special publication No.29. Washington, D.C. USA. Soil Science Society of America.

Lindenmayer, D., Nix, H., McMahon J., Hutchinson, M., y Tanton, M. (1991). The conservation of Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modelling. *Journal of Biogeography* 18:371-383.

Lavelle, P. (2013) "Alternativas Biológicas para el Cultivo de Plátano en el Departamento del Quindío, Colombia," MUSALAC – BIOVERSITY INTERTATIONAL II Congreso Latinoamericano y del Caribe de Plátano y Banano. Conf., pp 21

Lavelle, P. et al (1994). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. Pp. 137–169

Marichal, R. et al. (2010). Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazonian deforestation arc. *Applied Soil Ecology*. Volume 46, Issue 3. Pp 443-449. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139310001642>

Mather, J., Christensen, O. (1992). Surface migration of earthworms in grassland. *Pedobiología* 36: 51-57

Maciel, C., Manríquez, N., Octavio, P., Sánchez, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Ciencias Biológicas Agropecuarias y del Medio Ambiente*. México. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662015000200001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662015000200001)

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. Presentación Institucional.

Palma, O., Delgadillo, J. (2014). Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. *Botanical Sciences* 92 (4): 587-597, 2014. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v92n4/v92n4a10.pdf>

Ríos, Y. (s.f). Importancia de las lombrices en la agricultura. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Disponible en línea: [http://www.rapaluruaguay.org/organicos/Importancia\\_lombrices\\_agricultura.pdf](http://www.rapaluruaguay.org/organicos/Importancia_lombrices_agricultura.pdf)



Ramírez, R., Guzmán, M., Leiva, E. (2013). Dinámica de las poblaciones de lombrices en un Andisol sometido a distintos sistemas de uso del suelo. Rev. Fac. Agron. Medellín, Antioquia. Vol 66, No 2. P. 7045-7055. Disponible en línea: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/41146/46824>

Salinas y Quintela. (2001). Paisajes Y Ordenamiento Territorial: Obtención del Mapa de paisajes del Estado de Hidalgo en México a escala media con el apoyo de los SIG. Revista de Investigación del Bajo Segura. España. Número 7, pp.517-527

Sellés, G. et al. (2006). Lombrices de tierra como agentes mejoradores de las propiedades físicas del suelo en huertos frutales. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago de Chile. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33305.pdf>

Tapia, S., Luizao, F., Barros, E., Pashanasi, B. y Del Castillo, D. (2006). Effect of *Pontoscolex corethrurus* Muller, 1857 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) Inoculation on Litter Weight Loss and Soil Nitrogen in Mesocosms in the Peruvian Amazon. Caribbean Journal of Science, 42(3), 410-418.

Uribe, S. et al. (2012). *Pontoscolex corethrurus* (Annelida: Oligochaeta) indicador de la calidad del suelo en sitios de *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) con manejo tumba y quema. Revista de Biología Tropical Vol 60. No 4. San José Dec. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442012000400012](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442012000400012)

Van Groenigen, J., Lubbers, I., Vos, H., Brown, G., De Deyn, G. y Van Groenigen, K. (2014). Earthworms increase plant production: a meta-analysis. Disponible en línea: <https://www.nature.com/articles/srep06365>

Zuluaga, L. (2017). Interacciones, compensaciones y sinergias entre servicios ecosistémicos en cultivos de plátano, Eje Cafetero Colombiano. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. Risaralda, Colombia.