

**ESTILOS DE CULTIVAR PLÁTANO EN ASOCIO CON SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS DE APROVISIONAMIENTO DEL SUELO, ARMENIA, COLOMBIA**

**MARIA ALEJANDRA GÓMEZ VALENCIA**

**MARIA ALEJANDRA LÓPEZ YUSTY**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
PEREIRA  
2016**

**ESTILOS DE CULTIVAR PLÁTANO EN ASOCIO CON SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS DE APROVISIONAMIENTO DEL SUELO, ARMENIA, COLOMBIA**

**MARIA ALEJANDRA GÓMEZ VALENCIA**

**MARIA ALEJANDRA LÓPEZ YUSTY**

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

**Director  
Alexander Feijoo Martínez PhD.**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
PEREIRA  
2016**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

FIRMA DEL DIRECTOR

Pereira, Marzo del 2017

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por su entera confianza y apoyo durante el inicio de este loco camino, especialmente a mi madre por sus enseñanzas y por ser mi más grande motivo de orgullo, por ayudarme a construir esto que llamo vida y por ser mi más valioso tesoro. A mi padre por su esfuerzo, dedicación y astucia, por impulsarme a comprender la vida, por apoyar mi sueño y ser mi más grande soporte; a mis tías por ser un ejemplo de valentía y determinación y a mi abuela que siempre mantuvo la esperanza y confió en mí.

A todas las personas que me acompañaron y que fueron un estímulo y sostén a lo largo de la conformación de mi vida profesional, a la hermosa luz de tranquilidad, el árbol de la sala de mi casa, a mi colega por excelencia, a mi luna y mi delirio constante, siempre.

Hasta la raíz, al café y los plátanos.

MARIA ALEJANDRA GOMEZ V.

## **DEDICATORIA**

Agradezco inmensamente a mi familia, Gustavo López Valencia, Claribel Yusty Muñoz y Juan Camilo López Yusty, por su apoyo incondicional durante el recorrido de esta etapa que culmina y los alientos para las venideras. También a los docentes, compañeros y agricultores que contribuyeron a partir de sus conocimientos y tradiciones al desarrollo de este trabajo y a llevar una vida universitaria con alegrías, angustias, amarguras, fraternidad y logros. Y a mi compañera de trabajo de grado, María Alejandra Gomez Valencia, agradecerle por la compañía en este camino y desearle Feliz Viaje en las nuevas etapas de la vida que inician con el fin de este ciclo.

MARIA ALEJANDRA LOPEZ Y.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gratificamos a los agricultores que hicieron parte primordial en todo el proceso para llevar a cabo la investigación, por brindarnos un espacio en sus labores cotidianas, y por ser los principales colaboradores dentro de las actividades que se realizaron para poder lograr la formulación de éste proyecto.

De igual forma agradecemos el acompañamiento del grupo de investigación, Gestión en Agroecosistemas Tropicales Andinos (GATA). Al profesor Alexander Feijoo, por su dedicación y acompañamiento durante todo el proceso para la generación del proyecto de grado, a la profesora Maria Constanza Zuñiga por sus grandes aportes, su carisma y entusiasmo, a la profesora de la Universidad del Quindío, Janneth Molina por sus valiosas contribuciones y apoyo, tanto en el ejercicio académico como interpersonal.

Además agradecemos a la Universidad Tecnológica de Pereira y a la Facultad de Ciencias Ambientales por su excelencia académica, por la respetable participación y colaboración de sus admirables docentes y por ser nuestra casa durante estos maravillosos años.

## RESUMEN

Se evaluó la interacción de los estilos de hacer agricultura en asocio con los macroinvertebrados del suelo para determinar las variaciones en los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento en 12 Unidades Proveedoras de Servicios (UPS = fincas) agrupadas en cuatro arreglos de cultivares de plátano del municipio de Armenia. Los arreglos fueron (A1) Plátano asociado con árboles; (A2) Plátano asociado con café; (A3) Plátano monocultivo con manejo agronómico permanente y, (A4) Plátano tradicional con fertilización, sin distancias ni trazos definidos. La información relacionada con los estilos de cultivar plátano en las UPS fue recopilada durante cuatro visitas cada 15 días y, con el acompañamiento del grupo de investigación Gestión en Agroecosistemas Tropicales Andinos (GATA). Se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas con los propietarios, administradores y trabajadores de cada unidad. El protocolo permitió indagar sobre la procedencia y tiempo de permanencia de la familia en la UPS, personas que laboran, área, usos del terreno y manejo del plátano. Posteriormente, se usó la metodología del Programa TSBF para realizar 18 muestreos de comunidades de macroinvertebrados del suelo y se cuantificó la riqueza de unidades taxonómicas, abundancia y biomasa de éstos por UPS. Además, se evaluó el impacto ambiental con base en el manejo, intensidad y frecuencia de los estilos de hacer agricultura sobre las comunidades de macroinvertebrados para construir indicadores ambientales que señalaran los principales efectos.

Se encontró que los estilos de hacer agricultura intervienen significativamente en la presencia de macroinvertebrados, destacando el uso de productos de síntesis química, que alteran las comunidades de los mismos, formando la predominancia de especies exóticas, hecho que evidenció la alta diferencia de riqueza de unidades taxonómicas, abundancia y biomasa entre UPS; por otro lado, con los indicadores, (1) se demostró que los monocultivos proveen servicios ecosistémicos menores, considerando la contribución de los macroinvertebrados en la influencia de procesos edáficos claves para la provisión de servicios ecosistémicos y del impacto que reciben en sistemas de producción agrícola; (2) se evidenció que la procedencia del territorio se enfoca principalmente en el aspecto hereditario, siendo las condiciones de la actividad agrícola sucesión de enseñanzas ancestrales; (3) se justificó que el cultivo de plátano genera una fuente de ingreso para muchas familias en el departamento del Quindío, no obstante, en los canales de distribución para la venta del mismo están obstaculizados por intermediarios, permitiendo un déficit de precios en el mercado local generando inconformidad en los productores de la región.

**Palabras Claves:** Servicios ecosistémicos, agroecosistema, indicadores, Armenia y macroinvertebrados suelo.

## ABSTRACT

The interaction of farming styles in partnership with macroinvertebrates of the soil was evaluated to determine the variations in the ecosystem services of supply in 12 Service Provider Units (UPS = farms) grouped in four arrangements of plantain cultivars of the municipality of Armenia. Arrangements were (A1) Banana associated with trees; (A2) Banana associated with coffee; (A3) Monoculture plantain with permanent agronomic management and, (A4) Traditional plantain with fertilization, without distances or defined traces. Information related to banana cultivation styles at UPS was collected during four visits every 15 days and with the accompaniment of the research group Management in Tropical Andean Agroecosystems (GATA). Semi-structured interviews were carried out with the owners, administrators, and workers of each unit. The protocol made it possible to inquire about the origin and length of stay of the family in the UPS, people working, area, land use, and banana management. Subsequently, the methodology of the TSBF Program was used to perform 18 samplings of macroinvertebrate communities of the soil and quantified the wealth of taxonomic units, abundance and biomass of these by UPS. In addition, the environmental impact was evaluated based on the management, intensity, and frequency of farming styles on macroinvertebrate communities to construct environmental indicators that indicated the main effects.

It was found that the farming styles intervene significantly in the presence of macroinvertebrates, emphasizing the use of chemical synthesis products, which alter the communities of the same, forming the predominance of exotic species, fact that evidenced the high difference of wealth of units Taxonomic, abundance and biomass between UPS; On the other hand, with indicators, (1) it was shown that monocultures provide lower ecosystem services, considering the contribution of macroinvertebrates in the influence of key soil processes for the provision of ecosystem services and the impact they receive in agricultural production systems ; (2) it was evidenced that the origin of the territory focuses mainly on the hereditary aspect, being the conditions of the agricultural activity succession of ancestral teachings; (3) it was justified that banana cultivation generates a source of income for many families in the department of Quindío, however, in the distribution channels for the sale of the same are hampered by intermediaries, allowing a price deficit in the market Local level, causing disagreement among producers in the region.

**Keywords:** Ecosystem services, agroecosystem, indicators, Armenia and macroinvertebrates soil.



## INTRODUCCIÓN

Existe variedad en estilos de hacer agricultura, la ejecución de los mismos requiere de autonomía e identidad poblacional (Zhang et al., 2016), la introducción de coberturas y usos del terreno genera cambios en la composición y estructura de los ecosistemas con alteraciones de la calidad del suelo (biodiversidad, estructura física, composición química, reciclaje de nutrientes); además, la frecuencia e intensidad en el uso de productos de síntesis química altera la prestación de servicios ecosistémicos de los agroecosistemas (calidad productiva, biodiversidad, salud humana y animal), lo que conlleva a la necesidad de construir indicadores que posibiliten medir los efectos de las transformaciones, hecho que se convierte en acción transcendental para la producción vegetal y la alimentación animal y humana.

Los estilos de hacer agricultura incluyen las acciones involucradas en la producción primaria, (etapa de siembra, mantenimiento y cosecha), desde la preparación del terreno hasta la cosecha; la conservación de los recursos utilizados en la producción y seguridad de las personas involucradas en las labores productivas, destaca la ejecución de prácticas agrícolas y están sujetas a voluntad del productor y al compromiso adquirido para la instrumentación (Zuñiga et al., 2013); hechos que se relacionan con la transformación de los servicios ecosistémicos (sinérgicos o antagónicos) y que ameritan evaluaciones que asocien el estilo con la biodiversidad de macroinvertebrados del suelo.

Los servicios ecosistémicos son las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los mantienen sustentan y satisfacen la vida humana (Vaquero, 2013) y animal; este concepto ha tomado importancia ambiental porque se relaciona con el manejo que el hombre le brinda al entorno, la innovación que representa y las formas de apropiación en los espacios que ocupa.

La provisión de la mayoría de servicios ecosistémicos es regulada por la biodiversidad, ésta modula la productividad primaria (servicios como provisión de alimentos), el ciclaje de nutrientes, la regulación del ciclo hidrológico (provisión de agua y regulación de la calidad) y formación y retención del suelo (mantenimiento de la fertilidad y control de la erosión) (Díaz et al, 2006).

Las propiedades biológicas del suelo son dinámicas por esto poseen la ventaja de ser indicadores tempranos de degradación o de mejoría del mismo. Para el caso, los macroinvertebrados son valiosos por la estrecha relación en la interpretación de la dinámica de la materia orgánica y los procesos de transformación de los residuos orgánicos. Además, dan rápida respuesta a los cambios en el manejo del suelo (Doran y Parkin, 1994), con eficaces dictámenes en la presencia o ausencia en algunos grupos de macroinvertebrados tales como Diplopoda, Blattaria, Oligochaeta, entre otros y adicionalmente, aportan múltiples servicios ecosistémicos.

Adicionalmente, en la lectura de las nuevas interacciones que se manifiestan, es posible introducir indicadores que permiten obtener resultados cualitativos o cuantitativos que proveen respuestas asociadas con actividades de uso, intervenciones (Imaz y Virto, 2010) y estilos de

hacer agricultura; por medio de ellos, se logra reconocer impactos, mediante el empleo de un marco causal (Motor de Cambio, Presión, Estado, Impactos y Respuestas, DPSIR) que posibilita la descripción de las interacciones entre la transformación realizada por los agricultores y el agroecosistema, que se determina como el componente central para establecer la relación entre los estilos de hacer agricultura y los servicios ecosistémicos (Müller y Burkhard, 2012).

Algunos de los servicios de aprovisionamiento son alimentos derivados de la agricultura, ganadería, pesca y la acuicultura (Wood. et al., 2005), entre los productos agrícolas principales a nivel mundial se encuentra el plátano (*Musa paradisiaca*); este alimento es fuente de carbohidratos, contribuye con la seguridad alimentaria de millones de personas (MADR, 2005) y hace parte de la cultura culinaria en Colombia.

En los últimos 30 años en el Eje Cafetero Colombiano el panorama de las coberturas y usos del terreno han cambiado drásticamente debido a la baja de los precios del café, la sobreoferta en el mercado internacional, los problemas fitosanitarios, la pérdida de tenencia de la tierra y el detrimento de los valores de identidad y herencia. Las nuevas alternativas introducidas conllevaron a la reducción o desaparición, en algunas localidades de los cultivares de café tradicional asociados con plátano o sembradas con variedades mejoradas, se transformaron en cultivos tradicionales, industrializados o mixtos con plátano para lograr alternativas que brindaran bienestar (Zuñiga et al., 2013).

Las transformaciones ambientales como la deforestación, compactación, erosión, degradación de los suelos, contaminación de aguas, disminución de la biodiversidad y transformación del paisaje (Feijoo et al., 2011; Feijoo et al., 2014) son medibles, y por lo tanto, se propuso como objetivo general, evaluar la interacción de los estilos de hacer agricultura con las comunidades de macroinvertebrados y la influencia sobre los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento en 12 fincas agrupadas en cuatro arreglos de cultivares de plátano. Asimismo en los objetivos específicos (i) se caracterizó el sistema de manejo, la intensidad y frecuencia de los estilos de hacer agricultura culturales en las UPS; (ii) se cuantificó la riqueza de unidades taxonómicas (UT), abundancia y biomasa de macroinvertebrados en cuatro arreglos de cultivares de plátano y; (iii) se construyeron indicadores ambientales en un marco causal a partir de la interacción entre estilos de hacer agricultura, la comunidad de macroinvertebrados y los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento.

El desarrollo de este proyecto se encuentra dentro del perfil del administrador ambiental en las líneas de formulación de planes, programas y proyectos de Investigación Ambiental y formulación de planes, programas y proyectos de Monitoreo y Seguimiento Ambiental.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudio**

El trabajo se llevó a cabo durante 12 meses en el municipio de Armenia, departamento del Quindío, centro-occidente de Colombia, con 250 km<sup>2</sup> de cobertura (6,2% del área total del departamento) y densidad de población de 321378 habitantes, con 1285 hab/km<sup>2</sup> (DANE, 2005). Se sitúa entre 1000 a 2000 msnm, con precipitación entre 2000 mm a 2200 mm, temperatura media anual de 18 a 24 °C y evapotranspiración de 1100 mm a 1200 mm (IGAC, 2014). Los suelos en la región son profundos, bien drenados, fuertemente ácidos, con baja fertilidad y se sitúan en la Consociación El Cafetal, Typic Hapludands (IGAC, 2010).

En Armenia de las 12129,99 ha que ocupan las coberturas agrícolas, el 69,5% de la superficie está cubierta por los cultivos de plátano y banano, con 25.9% (3144.30 ha) y 1.38 (167.67 ha) respectivamente (IGAC, 2010). De acuerdo con el Ministerio de Agricultura (2011) se distinguen cuatro sistemas de cultivo de plátano y banano: (A1) Plátano asociado con árboles, sin distancias ni trazos definidos, ni fertilización y pocas labores agronómicas; (A2) Plátano asociado con café, en barreras con distancias definidas y manejo agronómico significativo; (A3) Plátano monocultivo con manejo agronómico permanente, seis años de siembra, trazo definido y renovación cada 5 a 6 años (A4) Plátano tradicional con fertilización, sin distancias ni trazos definidos. En el trabajo se denomina arreglos a aquellos subsistemas de cultivar plátano que presentan ciertas disposiciones en el tiempo, espacio y poseen estructura interna (vegetación compartida, arquitectura, especies y función al interior del sistema, presencia de sombra) con variaciones en la cantidad y la distribución espacial dentro de las parcelas (cultivos permanentes, cultivo en fajas, lotes multipropósito, huerto familiar, huerto de plantación frutal, entre otros).

Se realizaron 13 salidas de campo a la zona rural del municipio de Armenia para lograr el acercamiento con los agricultores y sus familias y definir 32 fincas objeto del macroproyecto titulado “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). Adicionalmente, se tuvo en cuenta las bases de datos con 291 registros de agricultores de plátano de la Secretaría de Agricultura Departamental del Quindío (2014) y se escogieron al azar 50 predios para visitar. En las visitas se tuvo como criterios de selección la indagación relacionada con los estilos de hacer agricultura (distribución de los usos del terreno por finca, estilos de hacer agricultura, intensidad y frecuencia de las prácticas), tiempo de permanencia del agricultor en la región, la posición de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar, distribución equitativa por altura en zonas baja y alta y el tipo de suelos (IGAC, 2010). A partir de lo anterior se situaron 32 fincas en las que se identificaron cuatro arreglos de cultivar plátano para caracterizar las operaciones de campo de los agricultores y determinar los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento.

Posteriormente, se hizo una nueva selección de 12 fincas, denominadas de aquí en adelante como Unidades proveedoras de servicios (UPS), para examinar el papel en la generación de servicios ecosistémicos en una escala espacial particular (estructuras y procesos) de los diferentes estilos de organización (estructuras y procesos). Además, se tuvieron en cuenta tres criterios y cuatro categorías para la selección, a partir de información disponible en la base de las 32 UPS previamente establecidas, relacionadas con el tiempo de permanencia de la familia como

propietaria (1 a 30, 31 a 60, 61 a 90, 91 a 120 años), tenencia de la tierra (herencia, compra, parcelación, aparcería) y mano de obra (familiar, trabajador, administrador y mixto con familiar y trabajador). Las 12 UPS, representan los cuatro arreglos: Asociado con árboles (A1, entre 3 y 20 ha), asociado con café (A2, entre 1.5 y 3 ha), monocultivo (A3, 1 y 60 ha) y tradicional sin distancias, trazos definidos, pocas labores agronómicas y sin fertilización (A4, entre 5.8 a 10 ha).

## **2.2 Sistema de manejo, intensidad y frecuencia de los estilos de hacer agricultura en las fincas**

En la recolección de información se realizaron cuatro visitas por UPS cada 15 días, en las que se usaron métodos de la etnografía tales como la observación participante y entrevista semi-estructurada. El protocolo permitió indagar sobre la procedencia y tiempo de permanencia de la familia en la UPS, personas que laboran (fuerza de trabajo familiar, propietario, administrador o jornalero), área de la UPS, usos del terreno anteriores y actuales (presencia de relictos de selva, huertos habitacionales, pastizales o cultivos). En el cultivo de plátano se auscultó por los estilos de hacer agricultura (procedencia y desinfección de colinos, formas de siembra, deshije, deshoje, descalcetamiento, desbellote, desmane, embolsado y peso del racimo), intensidad, frecuencia y cantidades de insumos aplicados (enmiendas, herbicidas, plaguicidas) (Tabla 1).

Las operaciones requeridas por el cultivo de plátano se establecieron en tres etapas: (i) siembra (origen y desinfección del colino, preparación del hoyo y distancia de siembra); (ii) mantenimiento (control de arvenses, fertilización química, deshije, deshoje, descalcetamiento, embolsado de racimo, desmane, desbellote, enmiendas orgánicas, plateo y manejo de enfermedades de plaga) y (iii) cosecha (Selección y recolección de racimos, pesaje, transporte o comercialización) (CORPOICA y MADR, 2014; DANE et al. 2014). Para el tratamiento de enfermedades (elefantiasis, moko) y plagas (picudo) se tuvo en cuenta el compuesto e ingrediente activo y categoría toxicológica de los insumos químicos (I: Extremadamente tóxicos, II: Altamente tóxicos, III: Medianamente tóxicos, IV: Ligeramente tóxicos) que se presentaron en las fincas.

Tabla 1. Características de las UPS

ARREGLO	A1			A2			A3			A4		
UPS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unidades de suelos	Ec	Ec	Ec-Pl	Ec	Ec	Ec	Ec	Ec	Pl	Ec	Ec	Cl
Altitud (msnm)	1292	1244	1288	1309	1310	1436	1336	1215	1241	1214	1228	1576
Área (ha)	20	3	3,75	3	1,5	3	1	60	12	7	10	5,8
Labores agrícolas	Adm., Hij, Trab	Adm., Trab	Adm., Trab	Trab	Prop, Trab	Prop, Trab	Trab	Trab	Adm., Trab	Prop	Prop, Trab	Prop
Origen colinos	Propio	Propio	Propio	Propio	Propio	Propio	Propio	Propio	Propio	Compra	Propio	Propio
Distancia de siembra (m)	3	2	2	2	1	3	1	3	2	3	4	3
Tiempo del cultivo (Años)	2	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	1
Usos históricos	Ps	G y C	C	C	C y Ps	C, Cn y Y	C	C y Ps	C y P	C	N, Gm y Yr	C
Usos actuales	P y A	P y M	P y F	P y C	P, C y F	P, C, Gm y N	P y C	P, C y A	P y Ps	P, N, L, S, Nr y Cm	P	P, N y Gm

\*Ec= . Pl= . Cl= . \*Adm.=administrador. Hij= hijos. Prop= Propietario. Trab= trabajador. \*P = plátano. C = café. Ps = pastos. A = aguacate. M = macadamia. G = guadua. F = frutales. Cn = caña. Gm = guamo. N = nogal. L = laurel. S = saman. Nr = naranja. Cm = caimo. Y = yuca. Yr = yarumo

### 2.3 Muestreo de macroinvertebrados en arreglos y cultivares de plátano

En cada UPS se trazó una línea en dirección del surco de plátano y se distribuyeron cada 20 o 50 m, seis puntos de muestreo central con georeferenciación, en un volumen de suelo de 25 x 25 x 20 cm de profundidad y toma de muestras en 0-10 y 10-20 cm, a una distancia de 50 cm de la planta, y adicionalmente, se hicieron réplicas a 5 m de distancia del muestreo central en dirección norte y sur, con volumen de 25 x 25 x 10 cm de profundidad (Figura 1) para un total de 288 muestreos en las UPS.

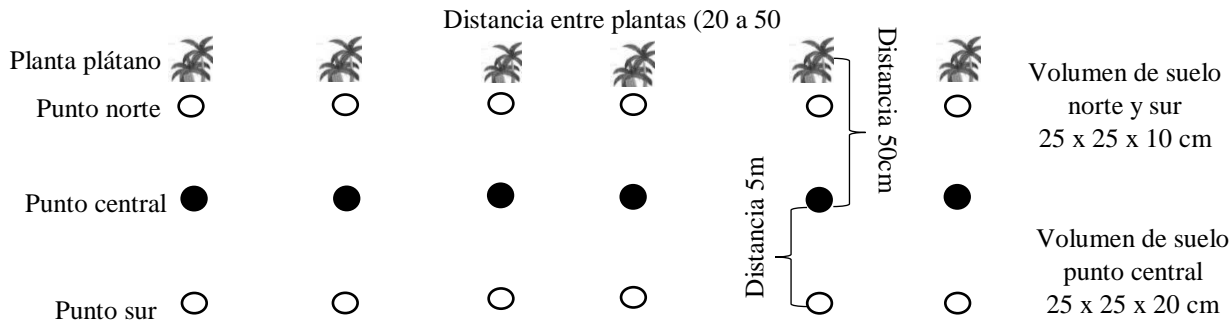


Figura 1. Distribución de las plantas de plátano y distancias entre muestreos

Las muestras de macroinvertebrados (animales visibles a la vista, de diámetro > 2 mm o longitud > 10 mm) fueron extraídas manualmente y las lombrices de tierra se fijaron y conservaron en alcohol al 96%; los animales restantes (Arácnidos, Blatida, Coleoptera, Chilopoda, Dermaptera, Diplopoda, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda, Isoptera, Lepidoptera, Molusca, Orthoptera, Thricoptera) se fijaron y conservaron en alcohol al 70%. Posteriormente los organismos se identificaron de acuerdo con las unidades taxonómicas, que para ejercicio del presente proyecto, hace referencia a la clasificación jerárquica entre *orden* y *especie* (N° de UT \* UPS), la abundancia (ind. m<sup>-2</sup>) y la biomasa (g.p.f. m<sup>-2</sup>). Los registros fueron tomados en 0,0625 de m<sup>2</sup> y luego se extrapolaron a 1 m<sup>2</sup>. Posteriormente, aquellos macroinvertebrados que presentaron valores iguales o inferiores al 10% del valor total de los morfotipos, fueron agrupados dentro de la categoría de Otros (Arácnidos, Chilopoda, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isopoda, Isoptera, Lepidoptera, Molusca, Orthoptera y Thricoptera).

### 2.4 Indicadores ambientales para interacción de la fauna del suelo y estilos de hacer agricultura en los arreglos

Se realizó la evaluación del impacto ambiental con base en el manejo, intensidad y frecuencia de los estilos de hacer agricultura sobre la riqueza de unidades taxonómicas, abundancia y biomasa de macroinvertebrados; para ello se usó la matriz de impacto (en el presente proyecto, impacto se entiende como el efecto, cambio o transformación provocada directa o indirectamente por los agricultores en las UPS) (Tabla 2), para la que se asignaron rangos de uno a tres para las variables y se tuvo en cuenta criterios tales como:

(a) Clase de impacto, el cual hace alusión a su consideración positiva (+) o negativa (-), con respecto al estado previo de la acción en el cultivo asociado con los estilos de hacer agricultura.

(b) Intensidad, la cantidad sobre una unidad de medida, es decir depende de cuantas veces en el tiempo se llevó a cabo la actividad evaluada (veces que se emplea fertilizante por año, cantidad de plaguicida aplicado por planta en el tiempo, desmane por año), donde cada puntuación se definió con base en la frecuencia con que se llevó a cabo la actividad, con calificaciones que oscilaron desde alta (3), más de tres veces durante el año; media (2), dos veces al año y; baja (1), una vez o menos por año.

(c) Magnitud, representó la extensión del impacto, para lo cual se calificó con base en la escala local (1, nivel de la UPS), regional (2, influencia aledaña a la UPS) y global (3, alejado de la UPS); para el mismo se tuvo en cuenta la presencia o ausencia de la biodiversidad.

(d) Duración, se refiere a la escala de tiempo de los impactos generados en cada UPS (1) día, (2) meses o (3) años, éste criterio está directamente relacionado con el manejo, la intensidad y la frecuencia en los estilos de hacer agricultura.

(e) Tipo de impacto, describe el modo en que se produce, es decir, la manera como es generado el impacto y se calificó como 3, directo y 1 indirecto.

(f) Probabilidad de ocurrencia, determina qué tan posible es que el impacto se produzca y sea motivado por estilos de hacer agricultura y para ello, se calificó con 1, baja probabilidad y 3 alta.

(g) Momento, determina el instante en que se produce el impacto, que pudo ser 3, inmediato (impacto instantáneo), 2 corto plazo (lapso de uno a ocho días), o 1 largo plazo (meses).

(h) Reversibilidad, tuvo en cuenta la posibilidad o dificultad de retornar a la situación anterior a la acción de acuerdo con el manejo, intensidad y la frecuencia de los tipos de arreglo de cultivares, que para el caso, los impactos pueden ser reversibles (1, la alteración puede mitigarse mediante el establecimiento de medidas correctoras), recuperables (2, la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible a corto, mediano o largo plazo) o, irreversibles (3, aquel cuyo efecto supone la imposibilidad de retornar a la situación anterior).

Tabla 2. Calificación de criterios para Matriz de impacto

Criterios Matriz Impacto		
Clase de Impacto	Impacto benéfico de estilos de hacer agricultura	Positivo
		+

	Impacto perjudicial de estilos de hacer agricultura	Negativo	-
Intensidad por actividad evaluada	Más de tres veces por año	Alto	3
	dos veces en un año	Medio	2
	una vez o menos por año	Bajo	1
Magnitud del impacto	Este rango se califica cuando la influencia es trascendental y tiene la posibilidad de inferir en terrenos distantes de la UPS	Global	3
	Se califica cuando hay influencia de alta dimensión, es decir, en otras UPS aledañas a la evaluada	Regional	2
	Este rango se genera cuando la influencia sólo se presenta en la UPS	Local	1
Duración del impacto en tiempo		Años	3
		Meses	2
	Relacionado con el manejo, intensidad y frecuencia de estilos de hacer agricultura.	Días	1
Tipo de impacto		Directo	3
	La manera de generar el impacto	Indirecto	1
Probabilidad de ocurrencia		Alto	3
	Probabilidad que se produzca el impacto	Bajo	1
Momento del impacto	Impacto instantáneo	Inmediato	3
	Lapso de uno a ocho días	Corto	2
	Lapso de tiempo en meses	Largo	1
Reversibilidad (posible retorno del impacto)		Irreversible	3
	Se valora de acuerdo con el manejo, intensidad y frecuencia		



Recuperable 2

Alteración a corto, mediano o largo plazo

Alteración se puede mitigar por medidas correctoras Reversible 1

---

La matriz se construyó a partir de una tabla de valoración, la cual se estableció por medio de la ecuación para el análisis de la calidad ambiental, que tuvo en cuenta los variables ya mencionadas (adaptado de Cotan, 2007) y define el rango de impacto alto (8,4 a 9,4), medio (7,3 a 8, 3) y bajo (6,2 a 7,2), lo que permite integrar la dinámica del fenómeno estudiado en la matriz con el resultado plasmado en la siguiente ecuación (Lavelle et al., 2014):

$$Ca = C * \{(I + M + D) * 40\% + (T + P + O + R * 60\%)\}$$

Ca: Calidad Ambiental

C: Clase de impacto

I: Intensidad

M: Magnitud

D: Duración

T: Tipo de impacto

P: Probabilidad de ocurrencia

O: Momento

R: Reversibilidad

Para evaluar los impactos ambientales en los estilos de hacer agricultura se propuso un método que permite asignar indicadores para mostrar el estado de los servicios ecosistémicos basado en un marco causal que clasifica y adapta los servicios de aprovisionamiento, regulación y culturales, con base en categorías (Morcillo et al., 2013): (i) *Motor de cambio*, hechos que modificaron y presionaron el manejo, intensidad, frecuencia de estilos de hacer agricultura y por consiguiente, la variación en la biodiversidad y el cambio de cultivo en las UPS, tal como sucedió en los cafetales, debido a la baja de los precios del café en los últimos 30 años por sobreoferta en el mercado internacional y los problemas fitosanitarios por presencia de plagas y enfermedades. (ii) *Presión*, circunstancias que modifican el motor de cambio y que condujeron a la reducción o desaparición de los cultivos de café tradicional, industriales o mixtos, que en algunos casos se encontraban asociados con plátano (Zúñiga et al., 2013). (iii) *Estado*, indaga acerca de las condiciones actuales de los agricultores con relación a la procedencia, tiempo de permanencia, tipos de canales de comercialización del plátano y participación en proyectos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), además de la condición o cambios en los tipos de arreglo y en el manejo del cultivo en cada UPS; teniendo en cuenta variables de predicción en el estado del arreglo, la riqueza de grupos de la biodiversidad, biomasa y diversidad. (iv) *Impactos*, son cambios o transformaciones que se presentan como consecuencia de diferentes decisiones tomadas en cada Unidad Proveedora de Servicios (UPS). (v) *Respuestas*, resultado esperado que surge de la

interacción entre los impactos identificados en las UPS con las causas que las producen, teniendo en cuenta las actividades llevadas a cabo por los agricultores (estilos de hacer agricultura, tipos de canales de comercialización del plátano, participación en proyectos BPA) y su medio (Tabla 3).

Tabla 3. Marco Causal de Indicadores Ambientales

<b>Motor de cambio (drivers)</b>	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>	<b>Respuesta</b>
Sucesos que modificaron, el manejo, intensidad, frecuencia de estilos de hacer agricultura y variación en la biodiversidad	Circunstancias que modifican el motor de cambio y que condujeron a la reducción o desaparición de los cultivares de café tradicional, industriales o mixtos	Indaga las condiciones actuales en las UPS, procedencia, tiempo de permanencia, canales de comercialización del plátano, participación en proyectos BPA y arreglos de cultivares	Cambios o transformaciones que se presentan como consecuencia de diferentes decisiones tomadas en cada UPS	Resultado esperado que surge de la interacción entre los impactos identificados en las UPS con las causas que las producen

## 2.5 Análisis de información

Para estudiar los estilos de hacer agricultura en las 12 fincas se clasificaron en cuatro arreglos de cultivares de plátano. Luego se especificaron las fincas destinadas a cada uno de ellos teniendo en cuenta las características de las UPS (Tabla 1); además se diferenció a los productores de acuerdo con la toma de decisiones relacionadas con los estilos de hacer agricultura. Las operaciones de campo en los cuatro sistemas de cultivo se agruparon en cuatro variables cualitativas: (i) contexto del predio (tiempo de administrar la UPS, proceso de tenencia de la tierra, mano de obra), (ii) etapa de siembra (origen y desinfección de colinos, preparación de hoyos y distancias de siembra) (iii) etapa de mantenimiento (control de arvenses, fertilización química, deshije, deshoje, descalcetamiento, embolsado de racimo, desmane, desbellote, enmiendas orgánicas, plateo y manejo de enfermedades de plaga) y (iv) etapa de cosecha (Selección y recolección de racimos, pesaje, transporte o comercialización); posteriormente, las variables analizadas permitieron una comparación entre las fincas, teniendo en cuenta que cada una tiene características diferentes y algunas similitudes representativas para el proyecto.

El análisis de los datos se realizó con herramientas cuantitativas como la medición (áreas, número de trabajadores, agroquímicos, producción) y estadística descriptiva. Se analizaron las interacciones entre riqueza de unidades taxonómicas y biomasa con los estilos de hacer agricultura, su intensidad y frecuencia. Se calcularon los valores promedios de densidad ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) y biomasa ( $\text{g.p.f.m}^{-2}$ ) de los macroinvertebrados, en cada uso de la tierra. La riqueza de unidades taxonómicas se calculó identificando la macrofauna hasta *ordenes*, a excepción de las lombrices y los coleopteros que fue posible identificarse hasta *especie*; la densidad se determinó a partir del número de individuos y la biomasa, sobre la base del peso húmedo en la solución preservante,

permitiendo un análisis comparativo entre los arreglos de cultivares de plátano con relación a la presencia de macroinvertebrados.

Para los indicadores ambientales se utilizó una matriz de impacto evaluada e instaurada por la relación entre los macroinvertebrados presentes teniendo en cuenta los servicios ecosistémicos (aprovisionamiento) y los estilos de hacer agricultura que en las UPS se establecieron. La distribución de los estilos de hacer agricultura se estableció en una columna y los criterios de evaluación en filas conformando la matriz de evaluación de impacto ambiental (Anexos, Tabla 9), para la posterior valoración con base en el manejo, intensidad y frecuencia de los estilos sobre la riqueza de unidades taxonómicas, abundancia y biomasa. Se procedió a la sumatoria de todos los criterios por práctica y se aplicó la ecuación ( $Ca = C * \{(I + M + D) * 40\% + (T + P + O + R * 60\%)\}$ ), con base en criterios desde la evaluación del análisis de calidad ambiental, que requirió de la identificación de estilos de hacer agricultura, según etapa del cultivo de plátano, y el establecimiento de criterios de evaluación de impacto ambiental para determinar el grado de impacto de cada una de los estilos de hacer agricultura en el arreglo y, por ende, en la prestación de SE.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Caracterización**

El territorio ocupado por los cultivadores de plátano en el municipio de Armenia, está conformado por moradores que proceden de los departamentos de Antioquia (UPS 1 y 10), Caldas (UPS 9), Cauca (UPS 2), Quindío (UPS 3, 5, 8, 11 y 12), Risaralda (UPS 6) y Valle del Cauca (UPS 4 y 7). Los derechos de tenencia de la tierra en la mayoría de las UPS (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 y 10) fueron heredados, mientras que en otros fue por compra (6 y 11) o parcelación (12). El tiempo de permanencia varió entre cinco a cien años, con predominio de 70, 80 y 85 años para las UPS 2, 3 y 10 y, de 100 años para 1, 4, 7 y 9. También se halló que los estilos de hacer agricultura las realizan administradores y trabajadores en el 45,4% de los casos (UPS 2, 3, 7, 8, y 9), en tanto que en el 27,7% (UPS 4, 5, 11) son llevadas a cabo por el propietario con apoyo de un trabajador, y con igual porcentaje en las fincas 1, 10 y 12, mientras que la mano de obra puede ser familiar.

Se identificaron cuatro tipos de estructura familiar, la conformada por un hombre y una mujer (dada, en el 16,6% de los casos), con la participación de esposa, hijos, tíos, primos y/o sobrinos (extensa, 8,3%), sólo una persona (monoparental 8,3%) y constituida por una pareja e hijos (nuclear, 66,6%). El área de las UPS varió entre 1 y 60 ha, con la mayor extensión para las fincas 1 y 8 y la menor en las fincas 2, 4 y 7 (Tabla 1). El cambio en los usos del terreno en los últimos 30 años para el A1 se hizo a expensas y a la reducción de cultivos como el café, guadua y pastos, en la actualidad predomina el plátano asociado con aguacate, macadamia y árboles frutales. En el A2, se eliminaron los cultivos de caña, pastos y yuca, se redujo el café (variedad Castilla) para asociarlo con plátano. En el A3 se introdujo el plátano tecnificado con manejo agronómico, trazo definido y renovación cada 5 a 6 años, en algunos casos asociados con aguacate, café y pastos. En A4 el plátano se asoció con guamo, laurel, naranja, caimo, nogal y samán modificando las estructuras anteriores en las que prevalecían el café, guamo, nogal y yarumo (Tabla 1).

En los arreglos de cultivares de plátano la distancia de siembra osciló entre dos y tres metros, con densidades de 1481 plantas por hectárea (A1), 1600 (A2), 1666 (A3) y 1001 (A4). En el material genético plantado se observó el predominio de la variedad Dominico Hartón, que fue replantado a partir de colinos extraídos del mismo cultivo, con la excepción de la UPS 6 en el arreglo A2 y la UPS 9, en A3 en las que el colino es comprado. En la etapa de siembra del plátano la operación de desinfección del colino se realiza preferentemente con técnicas químicas, con el uso de insumos como cal (11,7 %), furadan (17,6%), lorsban (29,4%), yodo (11,7%) y dos agricultores usan específico (11,7%); sin embargo, la UPS 3 del arreglo A1 y las UPS 11 y 12 de A4, no realizan la desinfección del colino. En la preparación de los hoyos se emplea cal (58,3%) y los insecticidas engeo (8,3%), furadan (16,6%) y lorsban (8,3%); en la UPS 11 de A4 se omite tal práctica. En la siembra los agricultores abonaron con insumos orgánicos como compost (8,3%), gallinaza (16,6%), porquinaza (16,6%), pulpa de café (50%) y sólo en la UPS 6 no se usan enmiendas orgánicas (Tabla 4).

Tabla 4. Descripción labores de la etapa de siembra en los arreglos de cultivares de plátano

<b>ETAPA DE SIEMBRA</b>					
<b>Arreglo</b>	<b>Labor / descripción</b>	<b>Origen colinos (N° veces/año)</b>	<b>Desinfección colinos (N° veces/año)</b>	<b>Preparación hoyo</b>	<b>Distancia de siembra (m)</b>
<b>A1</b>	Insumo o materia prima	Propios	Furadan y cal	Cal	2,33
	Intensidad	Sin precisar	Sin precisar	Sin precisar	1481 plantas/ha
	Frecuencia	5	5	5	Sin precisar
	Observaciones	Establecimiento de cultivo previo a temporada de lluvias			
<b>A2</b>	Insumo o materia prima	Propios	Específico, lorsban y yodo	Cal	2
	Intensidad	Sin precisar	Sin precisar	Sin precisar	1600 plantas/ha
	Frecuencia	4	4	4	Sin precisar
	Observaciones	Establecimiento de cultivo previo a temporada de lluvias			
<b>A3</b>	Insumo o materia prima	Propios y compra (sólo UPS 9)	Específico, lorsban, cal y yodo	Cal y engeo	2
	Intensidad	Sin precisar	Sin precisar	Sin precisar	1666 plantas/ha
	Frecuencia	6	6	6	Sin precisar
	Observaciones	Establecimiento de cultivo previo a temporada de lluvias			

	Insumo o materia prima	Propios		3
<b>A4</b>	Intensidad	Sin precisar	No realizan desinfección	1001 plantas/ha
	Frecuencia	6		Sin precisar
	Observaciones	Establecimiento de cultivo previo a temporada de lluvias		

En la etapa de mantenimiento, el control de arvenses es realizado en el 80% de los casos con métodos mecánicos (machete, manual y guadañada) y en el 40% se combina con métodos químicos (glifosato). En ésta etapa el 83 % de los agricultores utilizaron fertilizantes de síntesis química como Drench (5,5%), fosfato diamónico (DAP, 27,7%), PLAT (16,6%), úrea (27,7%), cloruro de potasio (KCl, 11,1%) y Triple 15 (11,1); mientras que las UPS 11 y 12 del arreglo A4 no usan sustancias químicas para fertilizar (17%). La práctica del deshoje, permite la renovación del cultivar con la separación de dos colinos vigorosos de la planta, se realiza cinco veces por año en el arreglo A1, cuatro veces por año para A2 y seis veces por año en A3 y A4. El deshoje depende del estado de las hojas (si están dobladas, secas o enfermas se podan), la frecuencia de la práctica es de 23 días en A1, 30 días en A2, 18 días en A3 y 40 días en A4. En el descalcetamiento se retiran las calcetas secas o descompuestas del tallo, cuatro veces por año en A1, seis veces en A2 y A4, y siete veces en A3. El desmane se hace dos semanas después de la floración con el fin de mejorar el desarrollo del grosor y largo de los dedos del racimo. El desbellote favorece el peso de los frutos. Y el plateo fue realizado manualmente, en el 58,3% de los casos, con machete y barretón y con la aplicación de herbicidas el 8,3% (glifosato) y el 33,3% combinan estos métodos (Tabla 5).

Tabla 5. Descripción labores de mantenimiento en los arreglos de cultivares de plátano

ETAPA DE MANTENIMIENTO												
Arreglo	Labor	Control de arvenses	Fertilización química (g/planta)	Deshije (veces/año)	Deshoje (días)	Descalcetamiento (veces/año)	Embolsado racimo	Desmane (manos cortadas)	Desbellote	Enmiendas orgánicas	Plateo	Manejo de enfermedades y plagas
A1	Insumo/ materia prima	Azadón- guadaña- glifosato	Drench- DAP-Plat- Urea	Barretón	Machete	Manual	Tratada	Manual	Manual	Gallinaza-Pula de café- Porquinaza	Guadaña-Machete- Herbicida	Furadán-Lorsban
	Intensidad	Sin precisar	150	Colinos vigorosos- distantes a la planta	Hojas enfermas	Calcetas secas o descompues tas		2	Según bellotas/planta	Sin precisar	Evita daños mecánicos en base del árbol. Prepara el suelo para fertilización. Infiltrción y dispersión del abono	Sin precisar
	Frecuencia	Sin precisar	3 veces/año	5	23	4	Evita daños por insectos, raspadores y chupadores	2 semanas después de floración, embolsado para mejor desarrollo	Favorece el peso, grosor y largo de los dedos	1 vez/ciclo de cosecha		Nivel de toxicidad entre 1 y 2 Según estado fitosanitario del cultivo
	Observaciones	Suministro de N, Potasio, boro y azufre				Evita enfermedad es	Acción sobre seudotallo				Abonos propios	
A2	Insumo/ materia prima	Guadaña- Glifosato- Machete	Úrea-Triple 15-DAP- KCI-PLAT	Barretón	Machete	Manual	Tratada	Manual	Manual	Pulpa de café- Gallinaza	Guadaña-Machete- Herbicida	Lorsban
	Intensidad	Sin precisar	73	Colinos vigorosos-	Hojas enfermas	Calcetas secas o		3	Según bellotas/planta	Sin precisar		Sin precisar
	Frecuencia	Sin precisar	4 veces/año	4	30	6	Evita daños por insectos, raspadores y chupadores	2 semanas después de floración, embolsado para mejor desarrollo	después de floración Favorece el peso, grosor y largo de los dedos	1 vez/ciclo de cosecha	Evita daños mecánicos en base del árbol. Prepara el suelo para fertilización.	Según estado fitosanitario del cultivo
	Observaciones	Suministro de N, Potasio, boro y azufre				Evita enfermedad es	Acción sobre seudotallo				Abonos propios	

	Insumo/ materia prima	Guadaña- Glifosato	Úrea-DAP- KCl-PLAT				Tratada	Manual	Manual	Pulpa de café- Porquinaza	Manual	Engeo-Lorsban- Furadan
A3	Intensidad	Sin precisar	90	Colinos vigorosos- distantes a la planta	Hojas enfermas	Calcetas secas o descompues tas		3	Según bellotas/planta	Sin precisar	Evita daños mecánicos en base del árbol. Prepara el suelo para fertilización.	Sin precisar
	Frecuencia	Sin precisar	3 veces/año	6	18	7	Evita daños por insectos, raspadores y chupadores	2 semanas después de floración, embolsado para mejor desarrollo de racimo	2 Semanas después de floración Favorece el peso, grosor y largo de los dedos	1 vez/ciclo de cosecha		Según estado fitosanitario
	Observaciones	Suministro de N, Potasio, boro y azufre		Evita enfermedad es	Acción sobre seudotallo					Abonos propios Compost- Pulpa de café	Infiltrción y dispersión del abono	Nivel de toxicidad de 2, 1 y 2
	Insumo/ materia prima	Guadaña- Machete	Triple 15	Barretón Colinos vigorosos- distantes a la planta	Machete	Manual Calcetas secas o descompues tas	N/A	Manual	Manual	Pulpa de café	Manual	Lorsban-Furadan
A4	Intensidad	Sin precisar	35	6	40	6		3	Según bellotas/planta	Sin precisar		Sin precisar
	Frecuencia	Sin precisar	2 veces/año					2 semanas después de floración, embolsado para mejor desarrollo de racimo	2 Semanas después de floración	1 vez/ciclo de cosecha Abonos	Evita daños mecánicos en base del árbol. Prepara el suelo para fertilización.	Según estado fitosanitario
	Observaciones	UPS 10 emplea fertilizante		Evita enfermedad es	Acción sobre seudotallo		UPS 11 emplea bolsa (no tratada)		Favorece el peso, grosor y largo de los dedos	UPS 10 no emplea enmienda	Infiltrción y dispersión del abono	Nivel de toxicidad de 1 y 2 para UPS 10 y 12

En el manejo de enfermedades y plagas predominaron los métodos químicos con el uso de cal, furadan, hipoclorito, lorsban, round-up y engeo. Las enfermedades presentes en las UPS son bacteriosis (UPS 10), elefantiasis (UPS 2, 3, 4, 5, 7, 10, 12), moko (UPS 4, 5, 7, 9, 10), sigatoka (UPS 1, 3, 4, 7, 10) y virosis (3, 5, 10), la plaga que más afecta el cultivo de plátano es el picudo (*Cosmopolites sordidus*, UPS 1, 2, 7, 9, 10). La práctica de embolsado con químico para el racimo de plátano se observó en todos los arreglos; los pesos promedios de los racimos por arreglo fueron de 13 kg en A1 y A2, 16 kg en A3 y de 14 kg para A4. Se consideran dos épocas definidas para hacer esta labor, de forma prematura, realizándola desde los 8 a 15 días de haberse generado el racimo, o en forma tardía desde los 16 a los 30 días de la aparición de la bellota; la decisión de la época de embolse, depende del nivel de daño de los frutos por insectos. La selección y recolección de los frutos se realiza cada 15 días (A1, A2 y A3) y cada 20 días (A4); el canal de comercialización del plátano es indirecto con la participación de intermediarios o con la asociación de productores de plátano (Asofrucol), mientras que en los restantes la relación vendedor comprador es directa (UPS 7) (Tabla 6).

Tabla 6. Descripción labores de cosecha en los arreglos de cultivares de plátano

ETAPA DE COSECHA				
Arreglo	Labor / descripción	Selección y recolección (días)	Pesaje (kg racimo)	Transporte (días)
A1	Insumo o materia prima	Manual	Balanza	Público y privado
	Intensidad	Según oferta del cultivo	13	Según oferta del cultivo
	Frecuencia	15	-	15
	Observaciones	-	-	Canal de distribución indirecto
A2	Insumo o materia prima	Manual	Balanza	Público y privado
	Intensidad	Según oferta del cultivo	13	Según oferta del cultivo
	Frecuencia	15	-	15
	Observaciones	-	-	Canal de distribución indirecto; la UPS 4 comercializa con asociación
A3	Insumo o materia prima	Manual	Balanza	Público y privado
	Intensidad	Según oferta del cultivo	16	Según oferta del cultivo
	Frecuencia	15	-	15
	Observaciones	-	-	Canal de distribución indirecto; sólo UPS 7 comercializa con asociación



Insumo o materia prima	Manual	Gramera	Manual y automotriz
Intensidad	Según oferta del cultivo	14	Según oferta del cultivo
<b>A4</b> Frecuencia	20	-	20
Observaciones	-	-	Distribución por medio de asociación (UPS 10), directo (UPS 11) e indirecto (UPS 12)

### 3.2 Unidades taxonómicas, abundancia y biomasa de macroinvertebrados por UPS y arreglo

La mayor riqueza de unidades taxonómicas (UT) se presentó en la UPS 6 (19 UT), seguida por la UPS 7 (18), en tanto que valores inferiores se hallaron en 2 y 9 (8 y 9 respectivamente). Las UPS en las que se encontró mayor número de UT para Oligochaeta fueron 1 (6), 7 (6) y en 10 (6), mientras que los valores más bajos se situaron en 4 (1); y de Coleoptera, los valores más altos los registró 4, 5 y 6 con 4 UT identificadas en cada UPS a diferencia de la UPS 2 (1 UT) (Figura 2).

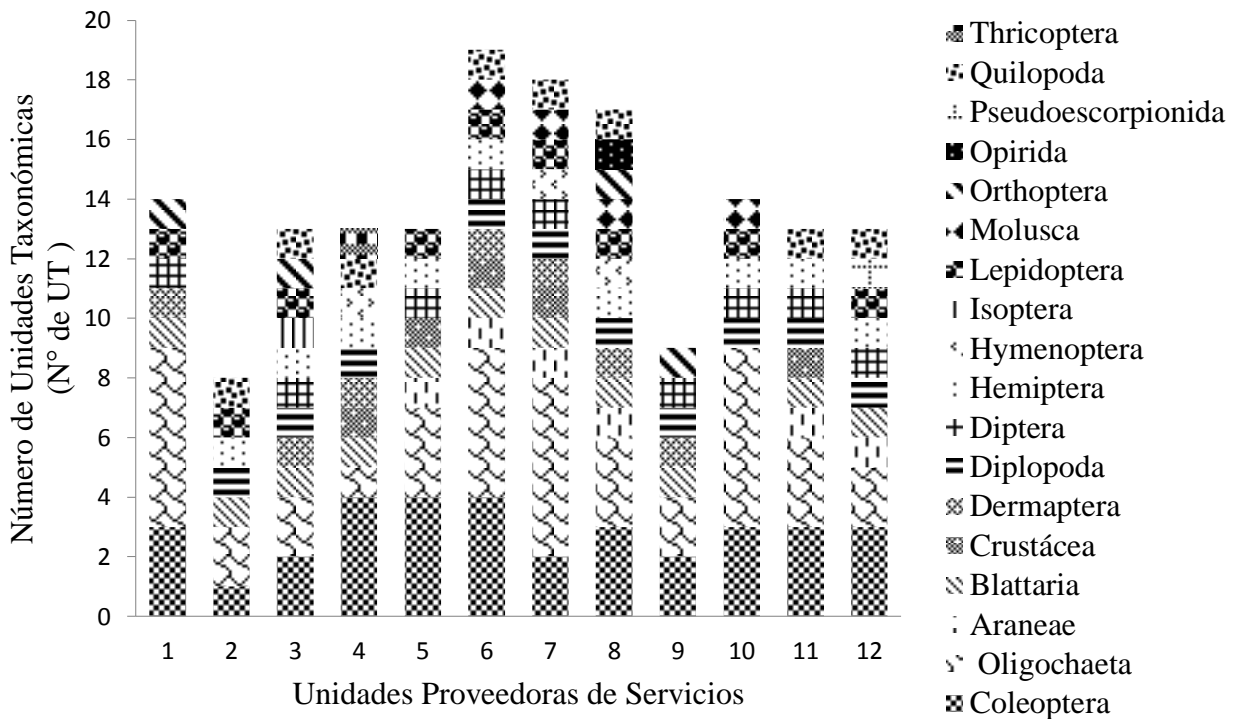


Figura 2. Unidades taxonómicas presentes en las UPS en el municipio de Armenia

La UPS de mayor abundancia fue la 1 ( $\bar{x}$ =243 ind.m<sup>-2</sup> n=18,  $\sigma$  =157,2), seguida por la 10 ( $\bar{x}$ =171 n=18,  $\sigma$  =116,7) y la 9 ( $\bar{x}$ =160 n=18,  $\sigma$  =193,2) mientras que en la 11 ( $\bar{x}$ =87 n=18,  $\sigma$  =68,2), 8 ( $\bar{x}$ =71 n=18,  $\sigma$  =44,1) y 4 ( $\bar{x}$ =48 n=18,  $\sigma$  =25,9) tuvieron menos individuos con altas diferencias significativas entre las UPS ( $p= 0,0001$ ) (Figura 3).

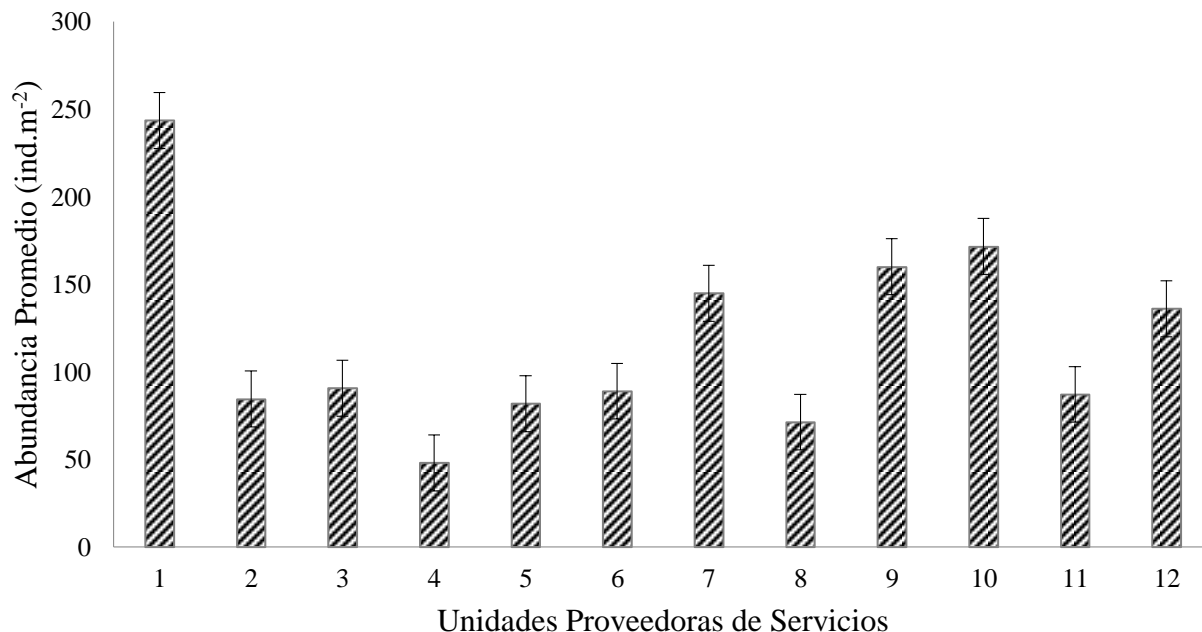


Figura 3. Abundancia promedio por UPS en el municipio de Armenia

En la biomasa los valores más altos se encontraron en la UPS 1 ( $\bar{x}$ =49,4 g.p.f. m<sup>-2</sup>, n=18,  $\sigma$  =30,6) seguido de la 10 ( $\bar{x}$ =38,3 n=18,  $\sigma$  =29,6), con predominio de Oligochaeta (42.7 g.p.f. m<sup>-2</sup>, UPS 1; 27.8 g.p.f. m<sup>-2</sup>, UPS 10) y Coleoptera (4.5 g.p.f. m<sup>-2</sup>, UPS 1; 9.1 g.p.f. m<sup>-2</sup>, UPS 10); en ambos se presentaron diferencias altamente significativas ( $p= 0,0001$ ), mientras que los pesos para las UT más bajas se presentaron en 6 ( $\bar{x}$ =8,8 n=18,  $\sigma$  =7,93) y 11 ( $\bar{x}$ =7,7 n=18,  $\sigma$  =9,6) (Figura 4).

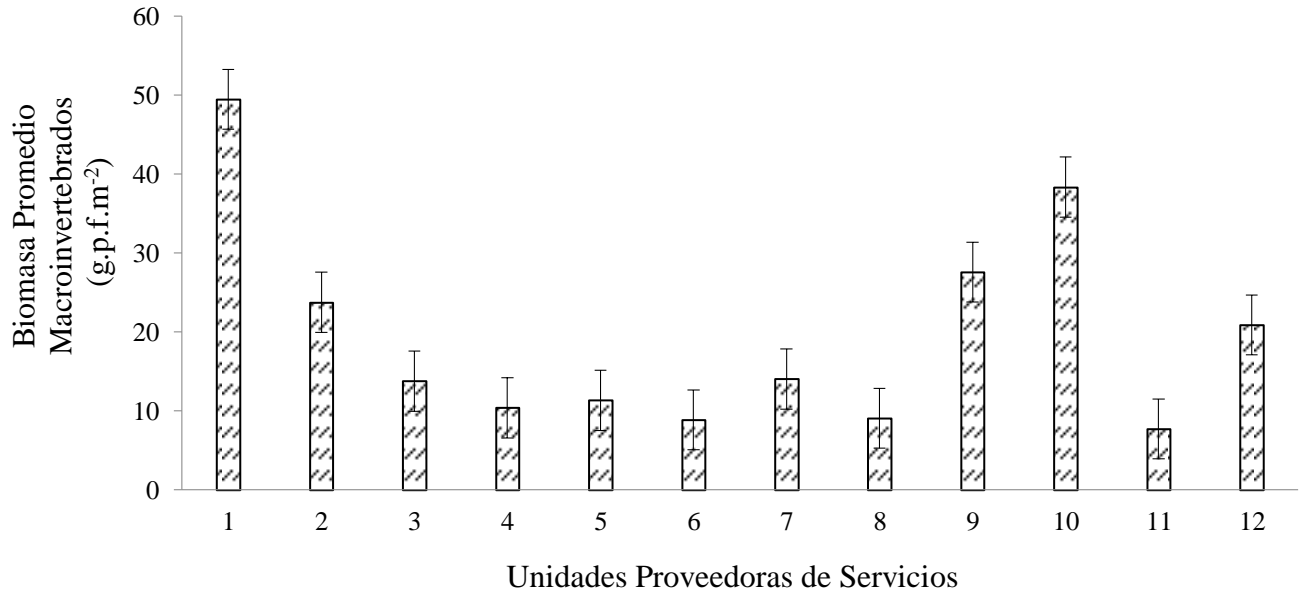


Figura 4. Biomasa Promedio en las UPS en el municipio de Armenia

La mayor riqueza de UT se halló en el arreglo A4 con un total de 25 y con el predominio de Oligochaeta (9 UT) y Coleoptera (4 UT); asimismo, el valor más bajo se observó en el arreglo A1 (18 UT), con la presencia de Isoptera (1 UT) escasa en los otros arreglos. Los arreglos A2 y A3 se caracterizaron por la presencia de grupos ausentes en los otros arreglos (Thricoptera y Opirida respectivamente) (Figura 5).

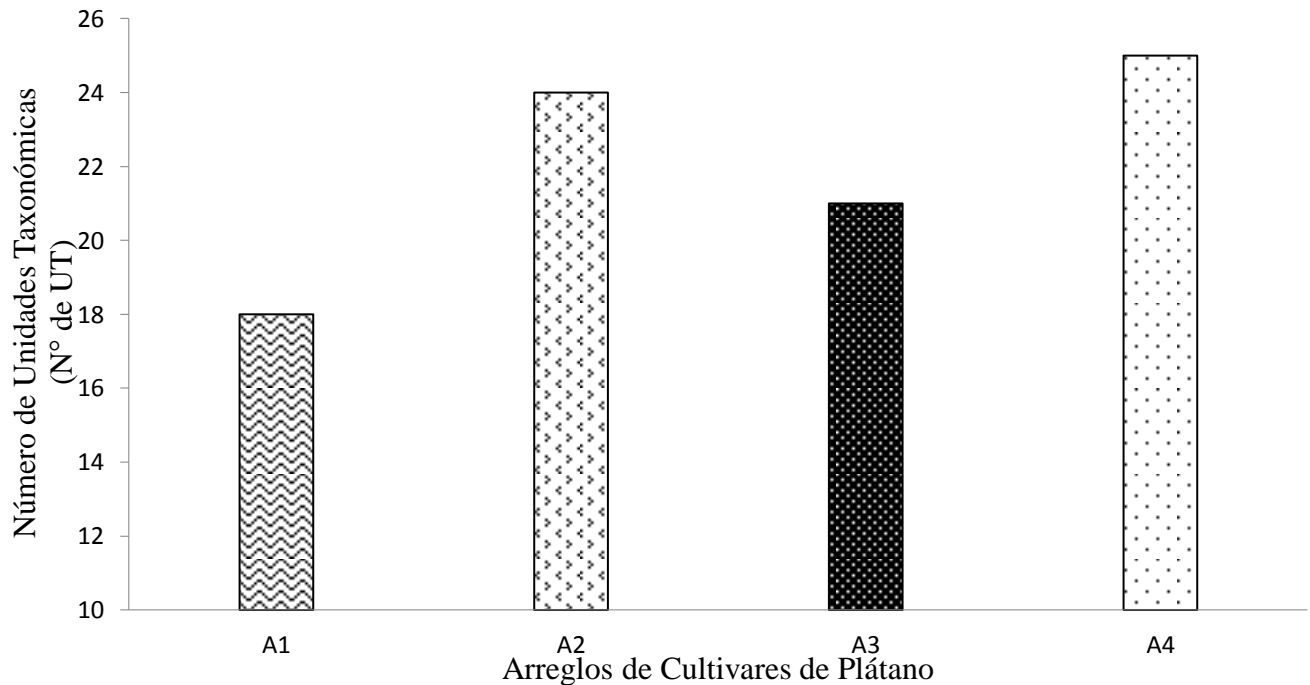


Figura 5. Unidades Taxonómicas presentes por arreglo

En abundancia por arreglo se encontró que A1 exhibió los valores más altos ( $\bar{x}=139$  ind.  $m^{-2}$   $n=54$ ,  $\sigma=117,1$ ), seguido por A4 ( $\bar{x}=123$   $n=54$ ,  $\sigma=84,9$ ), A3 ( $\bar{x}=106$   $n=54$   $\sigma=122,8$ ) y A2 ( $\bar{x}=100$   $n=54$ ,  $\sigma=106$ ), sin presentarse diferencias significativas ( $p=0,1698 > 0,05$ ) (Figura 6).

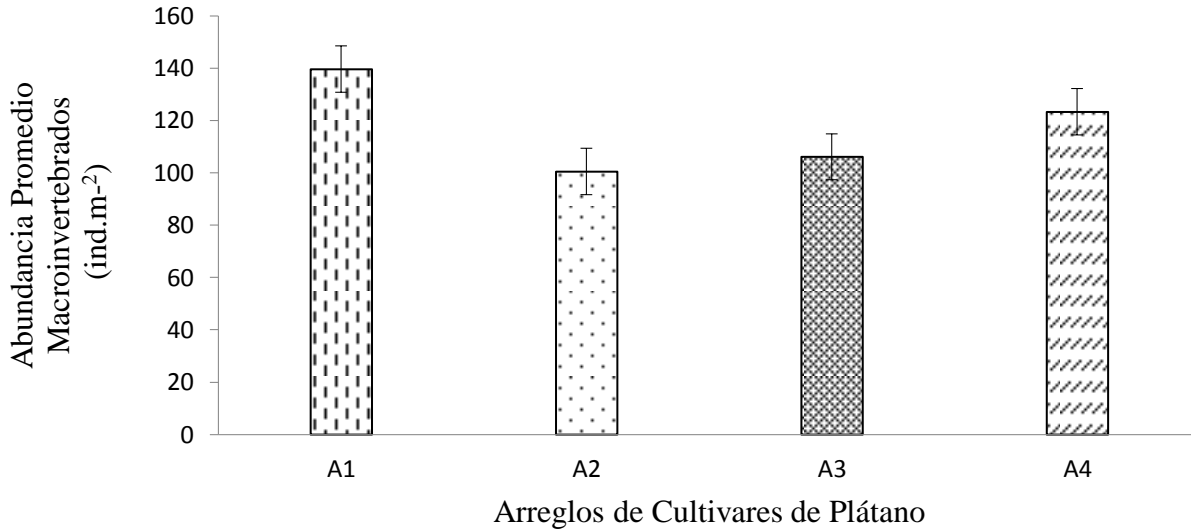


Figura 6. Abundancia de macroinvertebrados en cuatro arreglos de cultivares de plátano.

De otro lado, los valores superiores para biomasa con diferencias altamente significativas ( $p=0,009 < 0,05$ ), se pudieron observar entre el arreglo A1 ( $\bar{x}=28,995$  g.p.f.m<sup>-2</sup>  $n=54$ ,  $\sigma=25$ , con alta presencia de Oligochaeta) y los restantes arreglos, A2 ( $\bar{x}=20,031$   $n=54$ ,  $\sigma=21,94$  con predominio de Coleoptera), A3 y A4 ( $\bar{x}=14,791$   $n=54$   $\sigma=17,17$ ;  $\bar{x}=14,616$   $n=54$   $\sigma=13,82$  respectivamente con supremacía de Blattodea y Coleoptera (Figura 7).

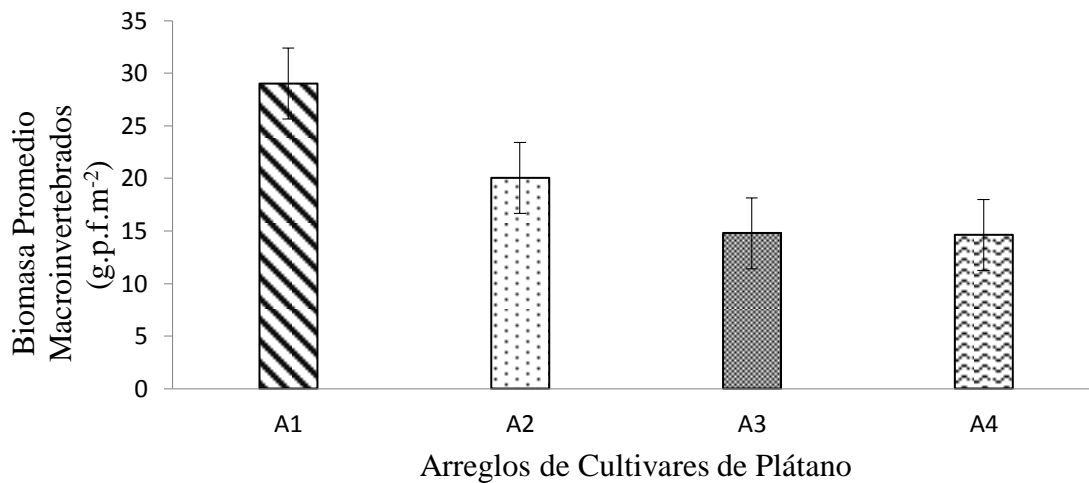


Figura 7. Biomasa promedio de macroinvertebrados en cuatro arreglos de cultivares de plátano

### 3.3 Indicadores ambientales de la interacción entre fauna del suelo y estilos de hacer agricultura en arreglos de cultivos de plátano

De acuerdo con los criterios generados para la evaluación de impacto ambiental, en el arreglo A3 se identificaron tres impactos calificados como altos, uno positivo (mejora en la producción del cultivo por deshoje, desmane, deshije y desbellote,  $p=9,2$ ) y los restantes negativos (pérdida de relevo generacional,  $p=8,8$ ; destrucción de la vegetación y pérdida de la biodiversidad por uso de agroquímicos con alta toxicidad,  $p=8,8$ ). En el arreglo A2 se observaron dos impactos altos, uno positivo (mejora en la producción del cultivo por deshoje, desmane, deshije y desbellote,  $p=9,2$ ) y uno negativo (alteración en el nicho ecológico de macroinvertebrados por el uso de agroquímicos,  $p=8,4$ ), en el arreglo A1 se obtuvo un impacto alto positivo (mejora en la producción del cultivo por deshoje, desmane, deshije y desbellote,  $p=9,2$ ) y en el A4 se identificó un impacto alto (mejora en la producción del cultivo por deshoje, desmane, deshije y desbellote,  $p=9,2$ ).

Con relación a la tenencia de la tierra se identificaron impactos positivos en los arreglos A1 y A2, que se caracterizaron por la presencia de UPS adquiridas por herencia, ( $p=7,6$ ), o en otros casos, A3 presentó impacto negativo debido a que los predios se adquirieron por compra ( $p=8,8$ ) y, en el arreglo A4, combinó la tenencia positiva y negativa con herencia, compra y parcelación ( $p=6,6$ ). Por otro lado, las labores agrícolas en el arreglo A1 se distinguieron como impacto alto con estilos de hacer agricultura llevados a cabo por el administrador y trabajador ( $p=6,4$ ), diferente al arreglo A3 en los estilos están a cargo de trabajadores ( $p=6,6$ ), mientras que para A2 y A4 fueron calificadas como impacto bajo por ser desarrolladas a cargo del propietario y el trabajador ( $p=7,2$ ).

Para el tratamiento de enfermedades y plagas, se encontró que el uso de productos de síntesis químicas tales como glifosato, furadán y lorsban en el arreglo A1, generan impacto negativo para el cultivo ( $p=7,8$ ), mientras que en A2 y A3 también es negativo por las aplicaciones de lorsban, ( $p=7,4$ ) o, engeo, lorsban y furadán ( $p=8,8$ ) respectivamente; en el caso de A4 el impacto fue positivo debido al uso de productos orgánicos tales como compostaje y pulpa de café ( $p=8$ ).

La fertilización se caracterizó como de tipo químico en la mayoría de las UPS que conforman los arreglos, por ejemplo, en A1 se diferenció como impacto negativo el uso de drench, DAP, PLA y Urea ( $p=8,2$ ), en A2 se distinguió como de impacto negativo las aplicaciones de DAP, Urea, cloruro de potasio y triple 15 ( $p=7,6$ ), para A3 fue identificado como impacto negativo la utilización de DAP, PLA, Urea y cloruro potasio ( $p=7,6$ ), mientras que en A4, fue negativo y variable, en las que en sólo una UPS (6) se usa triple 15, y en las restantes (7, 12), se omitió fertilizar ( $p=7,4$ ).

En los indicadores ambientales se construyó como indicador (1), la cuantificación a partir de la presencia o ausencia de la macrofauna, afectada por el *motor de cambio*, que se relacionó con la aplicación de fertilizantes y biocidas en los arreglos de cultivos, la *presión* se identificó con la disminución en el tiempo de cosecha y calidad del producto, en el *estado* se encontró la pérdida de biodiversidad y, se concluyó como *impacto* la alteración en la estructura y composición del suelo (Feijoo et al., sin publicar), así mismo, el *resultado* obtenido para éste indicador fue la pérdida de materia orgánica y macroinvertebrados afectados por productos de síntesis química (Tabla 10).

*Cuantificación a partir de la presencia o ausencia de los macroinvertebrados*

Los patrones de cambio en los usos del terreno y los estilos de hacer agricultura en la siembra, mantenimiento y cosecha influyen en la prestación de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento que se asocian con la riqueza de unidades taxonómicas, abundancia y biomasa en los arreglos de cultivares de plátano.

Para verificar los indicadores con la interacción entre los estilos de hacer agricultura y las comunidades de macroinvertebrados, es preciso mencionar que en A1 la abundancia y la biomasa representaron los valores mayores ( $\bar{X}=139$  ind.  $m^{-2}$ ;  $\bar{X}=28,995$  g.p.f. $m^{-2}$ ) con relación a los otros arreglos; sin embargo, la riqueza de unidades taxonómicas fue la menor (18 UT), asociación que se atribuye al uso de productos de síntesis química con alta toxicidad, los que contribuyen con la muerte de los macroinvertebrados nativos, dando lugar a las especies exóticas que invaden con alta abundancia y biomasa. Por ejemplo, se encontró que la especie de lombriz de tierra pantropical *Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus*, se beneficia del impacto que ocasionan ciertos estilos de cultivar y coloniza los espacios perturbados para dominar en abundancia y biomasa. Estas relaciones coinciden para A1 con la mayor densidad de plantas por ha (1481), hecho que indica otra variable que afecta la riqueza de unidades taxonómicas. En otro arreglo (A4) los valores de abundancia y biomasa fueron inferiores ( $\bar{X}=123$  ind.  $m^{-2}$ ;  $\bar{X}=14,616$  g.p.f. $m^{-2}$ ), pero a su vez, presentaron la mayor riqueza de unidades taxonómicas (25 UT); sistemas que se benefician por la incorporación al medio de productos orgánicos y la menor densidad de plantas (1001). El indicador relaciona la diferencia entre la presencia de macrofauna (ind. $m^{-2}$ ; g.p.f. $m^{-2}$  y UT) y el tipo de cultivo (arreglo de cultivar plátano).

Tabla 10.Marco Causal, indicador ambiental (biodiversidad)

Indicador Ambiental	Motor de Cambio	Presión	Estado	Impacto	Respuesta
Cuantificación a partir de la presencia o ausencia de los macroinvertebrados (biodiversidad)	Aplicación de fertilizantes y uso de agroquímicos	Disminución en el tiempo de cosecha y calidad del producto	Perdida de la biodiversidad	Alteración en la estructura y composición del suelo	Perdidas de materia orgánica y macrofauna por uso de agroquímicos

El indicador (2) asoció la la importancia de las actividades agrícolas y la mano de obra (familiar, trabajador, administrador y mixto con familiar y trabajador), el *motor de cambio* para el mismo fue la pérdida de relevo generacional, la *presión* en éste indicador hace referencia a los diferentes cambios (etapa de siembra, mantenimiento y cosecha) en el manejo del cultivo que se lograron identificar, en el *estado* se resalta el fenómeno de cambio de sistema tradicional a monocultivo, para el *impacto* se estableció como premisa la reducción del conocimiento tradicional, y para concluir, la *respuesta* identificada fue la pérdida del conocimiento tradicional por incursión de agentes externos y falta de relevo generacional (Tabla 11).

### *Importancia de las actividades agrícolas y la mano de obra*

Las fluctuaciones de los estilos de hacer agricultura evidenciadas en los cuatro arreglos de cultivares de plátano fueron variadas, dado que en A1 son llevados a cabo por el administrador y trabajador, diferente al arreglo A3 donde los estilos están a cargo de trabajadores, consecuentemente, los estilos de hacer agricultura son modificados por la trayectoria del trabajador y no por el conocimiento tradicional, mientras que para A2 y A4 son desarrollados por el propietario y el trabajador, dando lugar al uso de sistemas tradicionales e incluso al relevo generacional, donde se incluye la mano de obra familiar. Es menester mencionar que la homogenización de las coberturas vegetales, el uso de plaguicidas, fertilizantes y la labranza (manual y mecánica) puede generar efectos adversos concatenados como la erosión, pérdida de la diversidad genética (vegetal y animal) hasta la alteración de los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza. Por lo tanto, el indicador identifica y compara los estilos de hacer agricultura tradicionales y modernos (introducción de herramientas y uso sustancias químicas) con la mano de obra en los arreglos de cultivares de plátano.

Tabla 11. Marco Causal, indicador ambiental (población rural)

<b>Indicador Ambiental</b>	<b>Motor de Cambio</b>	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>	<b>Respuesta</b>
Importancia de las actividades agrícolas y la mano de obra (población rural)	Pérdida de relevo generacional	Problemas en el manejo del cultivo	Cambio de sistema tradicional a monocultivo	Reducción del conocimiento tradicional	Pérdida del conocimiento tradicional por incursión de agentes externos

Se creó como tercer indicador, (3) la variabilidad para la venta del producto, el *motor de cambio* para éste indicador se identificó como la variación en el canal de distribución, la *presión* fue establecida desde el ámbito de la disminución en la venta del producto, para el *estado* se identificó la pérdida del producto por ausencia de compradores, el *impacto* en éste indicador fue establecido como la variación del precio del producto, y por último, la *respuesta* fue determinada en las pérdidas y ganancias del productor por variación en la distribución (Tabla 12).

### *Variabilidad para la venta del producto*

Con relación al mercado agrícola, el canal de comercialización es una de las presiones más importantes en el ámbito rural. Se encontró que en la mayoría de las UPS (excepto 4, 6, 8) predominó el canal de distribución indirecto, con el manejo del mercado a cargo de los intermediarios, mientras que en las excepciones la distribución del plátano se realiza a través de una asociación (Asofrucol), hecho que los beneficia por conservar precios estables. Diferente a la UPS (7) que vende directamente (agricultor-comprador), asegurando un precio justo de acuerdo con la calidad del producto vendido, pero arriesgando a su vez una constancia en la compra.

Razón por la cual el indicador busca estandarizar los canales de comercialización con los beneficios de pertenecer a redes que permitan el mercadeo.

Tabla 12. Marco Causal, indicador ambiental (competencia externa)

<b>Indicador Ambiental</b>	<b>Motor de Cambio</b>	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>	<b>Respuesta</b>
Variabilidad para la venta del producto (competencia externa)	Variación en el canal de distribución	Disminución en la venta del producto	Pérdida del producto por ausencia de compradores	Variación del precio del producto	Pérdidas en las ganancias del productor por variación en la distribución

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Relación entre los estilos de hacer agricultura en las fincas con los arreglos de plátano

El relevo generacional y la mano de obra especializada son variables básicas para llevar a cabo los diferentes estilos de hacer agricultura; sin embargo, la ausencia y carencia de las mismas alteran los conocimientos tradicionales, valores generacionales o técnicas constructivas tradicionales que, de acuerdo con Zuñiga et al (2009), son conservadas y transmitidas por adultos para la preservación de prácticas culturales. Pese a ello, los jóvenes perciben que sus expectativas de realización personal tienen mejor oportunidad de desarrollo en las zonas urbanas, razón por la cual se presentan situaciones de desplazamiento desde la zona rural.

Por lo tanto, la ausencia de relevo generacional infiere directa e indirectamente en prácticas tradicionales (como en A4) para el control manual de arvenses y el control biológico de plagas; estilos tradicionales que según Bárberi (2004) integra en la planificación las características biológicas y ecológicas del cultivo, al utilizar productos de síntesis química (herbicidas y plaguicidas) con frecuencias e intensidades que pese a combatir malezas y plagas, altera la composición y distribución horizontal y vertical de la abundancia y biomasa de macroinvertebrados; como lo observado en A2 y A3. No obstante, la combinación, intensidad y aplicación de métodos tradicionales (manual) con productos químicos, como en A1, aumenta la efectividad en la erradicación de malezas (Bortoli et al., 2012), o el manejo de plagas; pero aumenta los efectos adversos sobre la biodiversidad y, por ende, la prestación de servicios ecosistémicos, menor riqueza en A1.

Varios inhibidores de flujos de materia y energía para la compleja prestación de servicios ecosistémicos son el uso de agroquímicos (herbicidas, fertilizantes de síntesis química y plaguicidas) que intervienen instantánea o subsecuentemente en la frecuencia e intensidad del crecimiento de la vegetación, en la abundancia, biomasa y diversidad de Unidades Taxonómicas (locales, regionales o exóticas) y, en casos donde se emplea bolsa tratada, en la disminución de hábitats para la avifauna. Para el caso de los arreglo A1, A2 y A3, la necesidad de suplir los elementos que requiere el cultivo durante el proceso productivo, calcio, magnesio y potasio



(Romero, 1998), fue realizado con DAP, DRENCH, Cloruro de potasio y Triple quince, en etapa de mantenimiento, cada tres meses entre 150, 73 y 6 g/planta respectivamente.

La discrepancia en la proporción de elementos disponibles para la planta en los arreglos y la ejecución de labores como desmane, desbellote y embolsado, según estilos por arreglo, permitió diferenciar pesos promedios en los racimos con variaciones de 13 kg (A1), 16 kg (A2), 15 kg (A3) y 12 kg (A4). Sin embargo, los niveles de toxicidad de los fertilizantes de síntesis química y las bolsas tratadas, así como los tiempos de exposición del agricultor a estas sustancias posibilitan el incremento de trastornos endocrinos y morbilidad (De Brito Sá Stoppelli y Crestana, 2005) y, una alteración en la composición y estructura biológica del suelo como relación intrínseca con la acción antropogénica intensiva (Ruiz et al, 2010)

Por otro lado, el sistema de monitoreo empleado por los agricultores (visual) para validar la sanidad del cultivo entre la etapa de mantenimiento y cosecha facilitó explorar acciones basadas en conocimientos tradicionales o técnicos. Desde lo técnico, relacionado con el carácter intensivo de A2 y A3 en el manejo de los recursos, la distribución espacial de las plantas (menos árboles y arbustos para siembra de nuevos colinos que genera una inevitable aparición de malezas y la necesaria aplicación de herbicidas) y la aplicación de plaguicidas, métodos invasivos que reducen, fragmentan y/o confinan la actividad biológica al generar cambios en la estructura y propiedades físicas y químicas del suelo (Ruiz et al, 2010). Las enfermedades identificadas por los agricultores en los arreglos fueron, bacteriosis, elefantiasis, moko, sigatoka y virosis, tratadas con cal, furadan, hipoclorito, lorsban, round-up y engeo, productos extremadamente tóxicos para animales (peces, macroinvertebrados e invertebrados acuáticos) (Dow AgroSciences, 2014).

El arreglo A4, representó las UPS donde los estilos de cultivares se basan en conocimientos empíricos, generacionales y, por lo tanto, tradicionales, encaminados al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo (proporciones óptimas de materia orgánica, carbono, nitrógeno y calcio), permeabilidad, retención hídrica, intercambio catiónico, estabilidad de agregados, mayor cantidad de residuos vegetales y menor densidad del suelo (Abaunza, 2014 y Feijoo, 2007) con la minimización de herbicidas, fertilizantes de síntesis químicas o plaguicidas (Aguirre y Pinereque, 2013). Los cambios en los estilos de cultivar y los usos del suelo han sido efectos adversos de la presión del mercado durante los últimos años donde, en la mayoría de los casos, se alteró el agroecosistema para alcanzar estándares niveles altos de rentabilidad. La agricultura tradicional, al requerir menos insumos como herbicidas, fertilizantes, insecticidas o plaguicidas (Aguirre y Pinereque, 2013), mejora las propiedades físicas, estructura y estabilidad de agregados, dado que el uso de enmiendas orgánicas favorece la actividad biológica y, por ende, la permeabilidad del suelo, la retención hídrica, el intercambio catiónico y el pH (Abaunza, 2014).

Lo anterior demuestra que es posible evaluar ambientes con características contrastantes y proponer algunos elementos que contribuyan al análisis de agroecosistemas, teniendo en cuenta la vida del suelo, como indicadores o señales de cambio regenerativo o de degradación y que tengan como fin el mantenimiento de la producción de fibra y alimentos y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, sería importante conjugar los elementos aquí propuestos para generar herramientas de análisis que proporcionen una mejoría para los agricultores que permita tomar decisiones que impliquen un menor costo y la participación activa de ellos en los procesos para hibridar el saber popular con el conocimiento científico (Marín y Feijoo, 2007).

## **4.2 Diversidad de macroinvertebrados en los arreglos de cultivares de plátano**

Es necesario analizar la riqueza, abundancia y biomasa de macroinvertebrados porque poseen una relación en los procesos del suelo y los servicios ecosistémicos dado que tienen distintos niveles de sensibilidad a la perturbación de hábitat y son bioindicadores en las labores de manejo. En la riqueza de macroinvertebrados se identificó en el A4 una mayor riqueza de Unidades Taxonómicas (25 UT) con relación a los demás arreglos. Mediante la oxidación biológica y estabilización de los sustratos orgánicos compuestos por elementos minerales como C, N, Ca, K, Mn y Zn, formados por la descomposición que ejercen los macroinvertebrados, se favorece la producción de enzimas para la transformación de la materia orgánica (Durán y Henríquez, 2007), mejora las condiciones de desarrollo de las plantas e influye en el balance de las poblaciones de macroinvertebrados del suelo.

Por lo tanto, las fluctuaciones en los estilos de hacer agricultura realizadas por un administrador o un propietario influyen, positiva y negativamente en las condiciones de estructura del suelo y composición en la riqueza, abundancia y biomasa de macroinvertebrados (Correia, 2002), dichas fluctuaciones se deben a diferencias en las tomas de decisiones y la administración de recursos paralelos con las capacidades y necesidades del agricultor (Carvajal et al., 2005). Feijoo y Marín (2007), plantean que la homogenización de las coberturas vegetales y el uso de plaguicidas permite al suelo regenerarse y mantener una estructura favorable, abastecer a la planta con cantidades suficientes de alimento en el tiempo, ayudando a prevenir o suprimir plagas y enfermedades, afirman que los manejos del suelo sobre la macrofauna causan alteraciones, como cambios estructurales, eliminación o reducción de especies y disminución de la abundancia y biomasa de la macrofauna, mientras que las prácticas de conservación, generan complejas interacciones bióticas en el suelo debido a los cambios físicos y químicos que se producen en él.

Por su parte, los macroinvertebrados como componentes del suelo realizan grandes aportes a la estructura, como los depósitos de carbono y la fertilidad del suelo al condicionar la porosidad, aireación, infiltración, drenaje, ciclaje de nutrientes y flujo de materia orgánica (Lavelle et al., 2014), la distribución espacial de las plantas en arreglos homogéneos como A2 y A3 para la siembra de nuevos colinos suscita el desplazamiento de vegetación arbórea, arbustiva o arvense que interfiere con la función del árbol como supresor de malezas y fijador de nitrógeno que a mediano y largo plazo conlleva a la pérdida de fertilidad de los suelos (Aguirre y Pinereque. 2013; Perfecto y Armbrecht. 2003) a diferencia de A1 y A4, donde están asociados con árboles (aguacate, macadamia y árboles frutales; guamo, laurel, naranja, caimo, nogal y samán, respectivamente) que proporcionan una alta cantidad de materia orgánica para la fauna edáfica.

La diversidad de lombrices de tierra es importante en los sistemas agrícolas y parte integral de la salud del suelo y la fertilidad del mismo, también ofrecen beneficios a los agricultores contribuyendo a la mejora de la resistencia de la planta a las plagas e indirectamente evitan enfermedades transmitidas por el suelo. La importancia de la diversidad contribuye con los seres humanos y para comunicarse se interrelacionan los diferentes actores, porque el conocimiento ecológico local puede utilizarse para facilitar la comunicación entre agricultores y científicos (Zúñiga et al., 2013). Dado que la presencia y permanencia de los macroinvertebrados está influenciada por la disponibilidad de alimentos, humedad del suelo, temperatura, intercambio de oxígeno, textura del suelo, pH y presencia de depredadores, por lo tanto en los agroecosistemas van a tener menor disponibilidad de alimento, el hábitat va a ser inconstante y por ende las

comunidades se reducen, esto repercutirá directamente en la prestación de los servicios ecosistémicos (Vaquero, 2013).

Dewi y Senge (2015) demuestran la importancia de la conservación de la diversidad de lombrices de tierra (*Oligochaeta*) a través de las amenazas presentadas en los ecosistemas por la agricultura, bajo la premisa de cómo las especies se adaptan a los constantes cambios para sobrevivir en suelos de agricultura y cómo éstos influyen en los servicios ecosistémicos dado que contribuyen entre el 40-90% de la biomasa del suelo. La importancia ecosistémica de las lombrices de tierra, se centra en las capacidades que le atribuyen al suelo en términos de fertilidad, regulación hídrica y materia orgánica, que para ejercicio de la presente investigación fueron identificadas como el mayor aporte de biomasa en todas las unidades proveedoras de servicios. Instauran entonces que aproximadamente el 60% de los servicios ecosistémicos se degrada porque el suelo se utiliza de manera insostenible; por lo tanto las lombrices de tierra se convierten en un bioindicador que asegura una mayor estabilidad de los suelos.

Los resultados obtenidos sobre las poblaciones de lombrices presentaron efectos significativos en los arreglos. Se observó predominancia en el A1 de la población de organismos endógenos como la lombriz de tierra *Pontoscolex corethrus*, que aprovecha espacios perturbados para dominar en abundancia y biomasa, desplazando especies nativas, porque los cambios de hábitat causados por las actividades humanas tienden a favorecer el establecimiento de especies exóticas, a expensas de las nativas que tienen menos oportunidad para adaptarse. La alta abundancia de lombrices puede ser un indicador de acumulación de hojarasca bajo el cultivo de plátano dado principalmente por el manejo de arvenses con productos de síntesis química (Bautista et al, 2014). Este hallazgo confirma que las lombrices de tierra son uno de los mejores indicadores del suelo para comparar sitios con alta perturbación (uso de agroquímicos) regeneración natural o inducida con pocos años de transformación en el uso (Feijoo y Marín, 2007).

La presencia de lombrices de tierra, puede contribuir a la disminución de las plagas y enfermedades; partiendo de este concepto, diversos estudios en plátano han reportado que la presencia de la lombriz *P. corethrus* presentó disminuciones significativas en los daños causados por el nematodo (parásito) *R. similis* (Clermont et al., 2004). La conservación de la riqueza y estructura funcional de las comunidades de lombrices está relacionada con la filogenia, el tipo de agroecosistema y los estilos de hacer agricultura (Fragoso et al., 1999).

En investigaciones realizadas por Lavelle et al, (2007), se afirma que las lombrices de tierra ejercen un "efecto de cebado" que explica el incremento en el contenido mineral N en el suelo que los cultivos con *P. corethrus*, mostrando significativamente más altos pesos en el fruto y una mejoría en la raíz de las plantas, que los cultivos sin lombrices de tierra, destacando de este modo un efecto positivo de *P. corethrus* sobre el crecimiento por encima del suelo y las partes aéreas de las plantas de plátano, proporcionando pruebas claras de que la lombriz de tierra *P. corethrus* aumentó notablemente el crecimiento de las plantas de plátano, muy probablemente debido a la mineralización de N orgánico realizada por la lombriz.

Esta investigación, adiciona la necesidad de incluir en los arreglos de cultivares de plátano, la presencia de relictos de selva, fragmentos conservados o barbechos que permitan la conservación de las especies nativas; los usos del terreno estudiados se caracterizaron por la ausencia de especies nativas y el predominio de exóticas; esto indica que el uso de productos de síntesis

química y la ausencia de vegetación arbórea, arbustiva o arvense trastornó la posibilidad de la conservación de sistemas que permitieran mantener o favorecer los patrones de colonización de las especies nativas. Con el fin de promover sistemas de cultivo de plátano innovadores que no usen productos de síntesis química y la adopción de estilos de hacer agricultura que favorezca la preservación o el aumento de las comunidades de lombrices de tierra en los cultivares de plátano podría por lo tanto representar una contribución útil a la sostenibilidad.

#### **4.3 Indicadores ambientales de la interacción entre fauna del suelo y estilos de hacer agricultura en los arreglos de cultivares de plátano**

Con respecto al indicador de biodiversidad (1), se demostró que los monocultivos con plátano (A3) provee servicios ecosistémicos menores, considerando la contribución de las lombrices de tierra con la ausencia de las comunidades de macroinvertebrados en dicho sistema, dado que se presenta evidencia de la influencia de las lombrices en procesos edáficos claves para la provisión de servicios ecosistémicos y del impacto que reciben en sistemas de producción agrícola. Las diferencias en la intensidad del uso de la tierra y los modos de operar entre fincas evidenció que los subsistemas de producción tradicionales favorecen especies que se encuentren acopladas a las condiciones geográficas (climáticas, geológicas), mientras que los subsistemas con monocultivo y asociados no se consideran efectivos por basarse en técnicas modernas (uso de herramientas y químicos) en donde se reemplaza los recursos locales por insumos externos. Dichas afirmaciones concuerdan con lo sugerido por numerosos autores con respecto al efecto negativo del cultivo sobre la estabilidad de los agregados biogénicos (Pulleman et al, 2005).

Dado que el objetivo principal del proyecto fue evaluar la interacción de los estilos de hacer agricultura con las comunidades de macroinvertebrados y la influencia sobre los servicios ecosistémicos, cabe resaltar, que en el suelo los macroinvertebrados son ampliamente reconocidos por tener funciones importantes en la regulación de los procesos clave que tienen un impacto favorable en la productividad de la planta, en general, los cambios en los estilos de hacer agricultura, que aplican productos químicos al suelo, es posible que mejoren las concentraciones y la disponibilidad de P, K, Ca y Mg, la variabilidad local en la textura del suelo y las diferencias en la ejecución de los estilos desempeñan un rol importante en la determinación de la dinámica del suelo, por lo tanto, se observó que se generaron diferencias entre los usos del territorio en las comunidades de macroinvertebrados por la sensibilidad a las transformaciones y su respuesta rápida a los cambios sutiles en la disponibilidad de recursos y condiciones de hábitat. Por consiguiente, la alteración de las comunidades de macroinvertebrados, generan cambios significativos en los agregados biogénicos y la porosidad del suelo (Lavelle et al., 2006)

Estas modificaciones a menudo resultan en mejoras a largo plazo, como la infiltración y cambios en los patrones de retención de agua que pueden producir efectos emergentes a escalas más grandes (Lavelle et al., 2006). En cualquier caso, el análisis confirmó que las comunidades de macroinvertebrados son indicadores tempranos sensibles al cambio (Velázquez et al., 2012). Estos cambios, sin embargo, pueden tardar mucho tiempo en manifestarse y se traducen en modificaciones significativas de los parámetros físicos del suelo, dado que las alteraciones de las propiedades químicas ocurren generalmente en mayores escalas de tiempo, excepto cuando incorporaciones masivas de cal y fertilizantes generan un cambio inmediato que a menudo

pueden tener efectos residuales persistentes (Lavelle et al., 2014). Por estas razones, es necesario modificarlas a través del tiempo para identificar una tendencia clara sobre los respectivos impactos a largo plazo en los patrones observados con relación a los servicios ecosistémicos en los arreglos de cultivares de plátano.

Con relación al segundo indicador de población rural (2), la procedencia del territorio se enfoca principalmente en el aspecto hereditario, dado que se rige en que las condiciones de la actividad agrícola serán una sucesión de enseñanzas ancestrales y evitara la ausencia de relevo generacional que comprende a la familia y el arraigo que tienen por su tierra y por la agricultura, es por esta razón que es importante resaltar que en el A1, las UPS dos y tres han sido propiedad de la familia durante seis años y la UPS uno durante siete años.

Los estilos de hacer agricultura han girado en torno a valores tradicionales influenciando un imaginario en la funcionalidad, el cual se manifiesta con la apreciación diferenciada de las actividades y labores desempeñadas por todos sus miembros, entre las características de la familia productora la perpetuación a través de varias generaciones de la práctica de la agricultura como actividad económica y referente identitario es uno de los principales componentes del paisaje cultural cafetero (PCC), es por esto que el diseño de estrategias orientadas a facilitar el relevo generacional es uno de los puntos principales para la permanencia tanto de la tradición como el patrimonio mundial (Arcila, et al; 2011).

La ausencia de relevo generacional, no solo es consecuencia de las exigencias propias de la competencia o del mercado, la mayoría de los retos a los que se enfrentan las familias están relacionados con la planificación de la sucesión, es decir, su profesionalización, en algunos casos suele ser un proceso largo, y no exento de dificultades, aunque debería ser posible planificarse, para lograr una sucesión (Rivera, 2006); este aspecto, que a veces no se considera, puede provocar la desaparición o venta de la UPS, además, es posible que desde el inicio del proceso, exista la ayuda de profesionales y/o gestores externos que ofrezcan objetividad antes de tomar decisiones.

La familia se concibe como comunidad de seres humanos en la que todos sus sistemas y componentes funcionan de una forma adecuada, sin caer en la obsolescencia y con una innata conformación, con alta sensibilidad al entorno, conservando su ideología central, concentrada en el crecimiento rentable y sustentado (Gutiérrez et al., 2014). Lo estratégico, lo cultural, lo cognitivo y lo normativo, son variables categóricas de la familia, son los elementos de la perdurabilidad y la longevidad. Algunas familias como lo menciona Zuñiga et al (2009) han logrado implementar estrategias de permanencia, es decir, actividades singulares que permiten ventajas, en algunos casos son originadas por situaciones que han originado transformación de importancia dentro de las familias.

Con respecto al tercer indicador sobre la competencia externa (3), el comercio acelerado en el mundo hace que cada día se generen nuevas expectativas frente a las utilidades requeridas, con el ánimo de hacer un negocio sostenible y rentable.

En el departamento del Quindío se concentra la mayor producción de este fruto, generando una fuente de ingreso para muchas familias campesinas; no obstante, la tercerización (canal de distribución indirecto) está permitiendo que las ganancias no sean equitativas para los productores, las relaciones tradicionales de comercialización ocasionan que en las cadenas productivas haya intermediarios, obteniendo éstos, las mayores ganancias. Por lo anterior se ha generado un déficit de precios en el mercado local generando inconformidad en los productores de la región, debido a que no hay garantías que permitan una competencia justa en los precios; la producción regional garantiza la compra a los productores asociados, esto genera una proyección de posicionamiento y seguridad en el momento de ofertar el producto pero no es posible una competencia justa con mercados externos (Trujillo y Sánchez, 2013). La importancia del canal de comercialización en la vida del campesino potencia las capacidades de gestionar, administrar y liderar, dado que el mismo debe adaptarse a los cambios que el medio genera.

## CONCLUSIONES

La metodología propuesta en el presente estudio hace valiosos aportes, porque abordó desde doce Unidades Proveedoras de Servicios (UPS) ecosistémicos, teniendo en cuenta tanto la unidad productiva, como el núcleo familiar y las características biofísicas del territorio, para indagar las interacciones entre los estilos de hacer agricultura y la respuesta a las formas de manejo que introducen los agricultores cultivadores de plátano en asocio con indicadores biológicos denominados como macroinvertebrados del suelo. Los resultados son novedosos por que posibilitaron construir protocolos para extraer las variables críticas que responden con las transformaciones que introduce el productor y que conforman el tipo de arreglo en el sistema de cultivo.

Las fincas fueron clasificadas inicialmente por cuatro sistemas de cultivo de plátano de acuerdo con el Ministerio de Agricultura (asociado sombrío, asociado café, monocultivo y tradicional), no obstante los estilos de hacer agricultura tuvieron variaciones entre las clasificaciones, ya que algunos estilos tradicionales se mantienen y otros se han transformado a lo largo de los años; la diferencia de ésta propuesta con relación al Ministerio fue que se tuvo en cuenta la fertilización, las distancias de siembra y los trazos definidos en los arreglos de cultivares de plátano.

El arreglo (A4) en el que se encontró mayor riqueza de unidades taxonómicas (25) se caracterizó por presentar estilos de hacer agricultura con un fuerte componente cultural que logra prevalecer y salvaguardar el saber tradicional, representado en la asociación del cultivo con árboles, sin trazo definido y la ausencia de la aplicación de productos orgánicos, mientras en el arreglo (A1), asociado con café, la aplicación de herbicidas como el glifosato influyó en la disminución de la riqueza de unidades taxonómicas (18) de los órdenes de macroinvertebrados. Los grupos más sensibles fueron Blattaria, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera, molusca, Chilópoda, Aracnae, Crustacea y Dermoptera;

Los indicadores de calidad ambiental en las doce fincas, fueron el resultado de las interacciones cualitativas y cuantitativas, demostrando la contribución de los macroinvertebrados en el cultivo de plátano a nivel ecosistémico y productivo, la trascendencia del relevo generacional manifestada en la permanencia del saber tradicional y la relevancia del canal de comercialización como fuente de ingreso para las familias campesinas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, S y Piraneque, N. 2013. Microbiología del suelo. Escuelas de ciencias agrícolas pecuarias y del medio ambiente. Universidad Abierta y a Distancia. Santa Marta. [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303019/MICROBIOLOGIA\\_DE\\_SUELOS\\_2013/MICROBIOLOGIA\\_DEL\\_SUELO\\_303019.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303019/MICROBIOLOGIA_DE_SUELOS_2013/MICROBIOLOGIA_DEL_SUELO_303019.pdf). Consultado en 08.09.16.

Arcila, et al. 2011. Factores que inciden en el relevo generacional entre los caficultores del paisaje cultural cafetero. Un estudio de caso en los municipios de Belalcázar, Filandía, Quinchía y Ulloa, PDF. Red Alma Mater. Universidad Tecnológica de Pereira.

Bárberi, P. 2004. Método preventivos y culturales para el manejo de malezas. Producción y protección vegetal, Estudio FAO. 120 Add.1 <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0e.htm>. Consultado en 04.03.17.

Bautista, G., Bolaños, M., Asakawa, M. y Villegas, B. 2014. Respuesta de fitonemátodos de plátano musa AAB simmonds a estrategias de manejo integrado del suelo y nutrición. Luna Azul (40): 69-81 <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a06.pdf> . Consultado en 03. 03. 17.

Bortoli et al. 2012. Efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y el funcionamiento de comunidades microbianas de dos suelos de plantaciones de olivo. Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral 22, 33-42. <http://www.ecologiaaustral.com.ar/files/22-1-4.pdf>. Consultado en 04.03.17.

Carvajal, A, Murillo, B., Feijoo, A. y Zuñiga, M., 2005. Evaluación de las estrategias productivas de algunos sistemas campesinos en un área del municipio de Alcalá, Valle del Cauca. Scientia et Technica 6, (28) 217-222.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2014. Modelo tecnológico. El Cultivo de plátano en el Eje Cafetero. [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303022/AVA-2014.2/303022. Entorno conocimiento 2014-2/Paq Tec Platano 1 .pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/303022/AVA-2014.2/303022_Entorno_conocimiento_2014-2/Paq_Tec_Platano_1.pdf). Consultado en 07.06.16.

Correia, M.E.F. 2002. Relações entre a diversidade da fauna do solo e os processos de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. Rio de Janeiro. Embrapa Seropédica 156, 33-39.

Cotan, S. 2007. Valoración de Impactos Ambientales. Director de División del Medio Ambiente. INERCO. Sevilla. [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf). Consultado en 10.04.16.

Clermont, C., Cabidoche, Y. y Meynard, J. 2004. Effects of intensive monocropping of bananas on properties of volcanic soils in the uplands of the French West Indies. *Soil Use and Management* 20, (2): 105-113.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2005. Bogotá, D.C.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA). 2014. Boletín mensual. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Colombia.

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_abr\\_2014.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_abr_2014.pdf). Consultado en 08.08.16.

Brito Sá Stoppelli, I.M. y Crestana, S. 2005. Pesticide exposure and cancer among rural workers from Bariri, São Paulo State, Brazil. *Environment International* 31, (5): 731– 738.

Dewi, W., y Senge, M. 2015. Earthworm diversity and ecosystem services under threat. *Agricultural Science* 3, 25-35.

Díaz S., Tilman D., Fargione J. 2006. Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being. *Plos Biology* 4, (8) 1300-1304.

Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F. y Stewart B.A. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. *Soil Science Society of America*. <file:///C:/Users/DELL/Descargas/books-sssaspecialpubl-definingsoilqua-frontmatter.pdf>. Consultado en 13.08.16

Dow AgroSciences. 2014. Uso agrícola, Lorsban. México. [file:///C:/Users/DELL/Descargas/EW\\_MEX\\_INS\\_Lorsban\\_480.pdf](file:///C:/Users/DELL/Descargas/EW_MEX_INS_Lorsban_480.pdf). Consultado en 08. 07.16.

Durán, L. y Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 32, (1): 41-51.

Feijoo A. y Marín, E. 2007. Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en vertisoles de un área de Colombia. *Effect of Tillage on Soil Macroinvertebrates in Vertisols in an Area of Colombia*. *Terra Latinoamericana* 25, 297-310.

Feijoo A., Zuñiga M., Quintero H., Fragoso C. 2011. Diversity and abundance of earthworms in land use systems in central- western Colombia. *Pedobiología* 54, S69-S75.

Feijoo A., Lavelle P., Zuñiga M., Quintero H., Murillo B., Molina J. 2014. Servicios Ecosistémicos generados por diversos arreglos del cultivo de plátano en el Eje Cafetero Colombiano. *Ciencias del Medio Ambiente y Hábitat*. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales. Risaralda.



Fragoso, C., P. Lavelle, E. Blanchart, B. Senapati, J. Jiménez, M. Martínez, T. Decaens, and J. Tondoh. 1999. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers16-03/010021555.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-03/010021555.pdf). Consultado en 03.03.17

Gutiérrez, J., Asprilla, E., y Gutiérrez L. 2014. Estructura Organizacional, Perdurabilidad Generacional y Transformación Gerencial de las empresas de Familia.

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

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2014. Estudio semi detallado de suelos y zonificación de tierras del departamento del Quindío.

Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Mesa, F., Margerie, P., Mora, M. y Rossi, J. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42, S3–S15.

Lavelle, P., Lafont, A., Dorel, M., Rhino, B., y Riséde M. 2007. Effects of the earthworm *Pontoscolex corethrurus* on banana plants infected or not with the plant-parasitic nematode *Radopholus similis*. *Pedobiologia* 51, (4): 311-318.

Lavelle, P., Rodríguez, Argüello, O., Bernal, J., y Botero, C. 2014. Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. *Agriculture, Ecosystems y Environment* 185, 106-117.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2005. Competitividad de las cadenas agroproductivas en Colombia. Análisis de su estructura y dinámica. Observatorio Agrocadenas. <https://books.google.com.co/books?id=niU32tEHs0C&pg=PA443&lpg=PA443&dq=La+Cadena+productiva+de+pl%C3%A1tano+cuenta+actualmente+con+tres+acuerdos+de+competitividad:+uno+firmado+a+nivel+nacional+en+el+2002&source=bl&ots=CaqZv9cKnH&sig=RSe6LVu9Gcmbso137KMnkFFwLiE&hl=es-419&sa=X&ei=WcXkVKWQLcqmNsegg9gH&ved=0CCYQ6AEwAQ#v=onepage&q=La%20Cadena%20productiva%20de%20pl%C3%A1tano%20cuenta%20actualmente%20con%20tres%20acuerdos%20de%20competitividad%3A%20uno%20firmado%20a%20nivel%20nacional%20en%20el%202002&f=false> . Consulta en 06.02.16

Morcillo, M., Plieninger, T., Bieling, C. 2013. An empirical review of cultural ecosystem service indicators. *Ecological Indicators* 29, 434-444

Abaunza, A. 2014. Evaluación de riesgos derivados del uso de residuos orgánicos como enmiendas del suelo: Implicaciones en el comportamiento de herbicidas en el suelo. Universidad de Salamanca

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/101411/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20riesgos%20derivados%20del%20uso%20de%20residuos%20org%C3%A1nicos%20como%20enmiendas%20del%20suelo.pdf>. Consultado en 05. 03.17.

Müller F., y Burkhard B. 2012. The indicator side of ecosystem services. *Ecosystem Services* **1**, (1): 26-30.

Perfecto, I. y Armbrecht, I. 2003. The Coffee Agroecosystem in the Neotropics: Combining Ecological and Economic Goals. CRC Press. <ftp://187.188.248.142/Texto/BIODIVERSIDAD/THE%20COFFEE%20AGROECOSYSTEM%20IN%20THE%20NEOTROPICS.pdf>. Consultado en 10.02.17.

Pulleman, M.M., Six, J., Van Breemen, N., Jongmans, A. G. 2005. Soil organic matter distribution and microaggregate characteristics as affected by agricultural management and earthworm activity. *European Journal of Soil Science* 56,453–467.

Rivera H. 2006. ¿Empresas o mitos? Elementos comunes de las empresas más antiguas del mundo. La importancia de la desmitificación. Universidad del Rosario. Universidad y Empresa. Bogotá, Colombia.

Rodríguez, A. y Rodríguez L. 2004. Importancia socioeconómica del cultivo de plátano en algunos países de América Latina plátano Colombia. *Infomusa* 10, (1): 4-9.

Romero. 1998. El control de la sigatoka en producción de banano orgánico. INIBAP, CIID, EARTH. Guácimo, Costa Rica. 173-179.

Ruiz, D., Feijoo, A., y Rodríguez, C. 2010. Comunidades de marcoinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno en la cuenca del Río Otún, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* 2, 165-178.

Secretaría de Agricultura Departamento del Quindío. 2014. Evaluaciones agropecuarias municipales Inofrme Agropecuario, Años 2012 y 2013. Armenia-Quindío.

Trujillo, L y Sánchez, J. 2013. Factibilidad Económica - Comercializadora de Plátano Semiprocesado Innovaplat S.A.S. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial. Pereira. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3818/65811T866.pdf;jsessionid=76DE633877BAA6D4DA161CC4A7965F6D?sequence=1>. Consultado en 07.03.17

Vaquero. 2013. Procesos ecosistémicos en suelos agrícolas de la Región Pampeana argentina: La contribución de las lombrices de tierra. Congreso; III Congreso Nacional de Ecología y Biología del Suelo [http://www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?keywords=debora&id=39894&congresos=yes&etalles=yes&congr\\_id=1679416](http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=debora&id=39894&congresos=yes&etalles=yes&congr_id=1679416). Consultado en 26.03.16

Velásquez, E., Fonte, S.J, Barot, S., Grimaldi, M., T. Desjardins, P. Lavelle. 2012. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. *Applied Soil Ecology* 56, 43–50.

Wood, S., Ehui S., Alder J., Benin S., Cassman K. 2005. Food, Ecosystems and human well-being. *Plos Biology* 1, 4324-4332.

Zúñiga V., Angel, J., Navarro, M., 2009. Directivos externos y la sucesión en la empresa familiar: un caso de estudio. *Universia Business Review* 22, 74-87.

Zuñiga, M.C., Feijoo A.M., Quintero H., Aldana N., Carvajal A. 2013. Farmers' perceptions of earthworms and their role in soil. *Applied Soil Ecology* 69, 61-68

Zhang L., Zhuang Q., Liu Y., Zhao Q., Shi X., Xing S., Guangxiang W. 2016. Toward optimal soil organic carbon sequestration with effects of agricultural management practices and climate change in Tai-Lake paddy soils of China. *Geoderma* 275, 28-39.

## ANEXOS

Tabla 9. Criterios Matriz de Impacto

Arreglo	Impacto	Clase de Impacto	CRITERIOS					Momento	Reversabilidad	Total	Ponderación	Impacto
			Intensidad	Magnitud	Duración	Tipo de Impacto	Probabilidad de ocurrencia					
A1	Alteración en la estructura y composición del suelo	-	2	1	1	3	3	3	2	15	8,2	Medio
	Favorece la densidad aparente del suelo	+	2	1	1	3	3	3	1	14	7,6	Medio
	Disminución en la calidad del suelo	-	1	1	2	3	1	3	3	14	7,6	Medio
	Alteración de nicho macroinvertebrados	-	1	1	2	3	1	3	1	12	6,4	Bajo
	Mejora la producción del cultivo	+	3	1	1	3	3	3	3	17	9,2	Alto
	Pérdida de la biodiversidad	-	3	2	3	1	3	1	2	15	7,4	Medio
	Menor interés en el manejo del cultivo	-	3	2	2	1	2	2	1	13	6,4	Bajo
	Variación en el manejo del cultivo	+	2	1	2	3	2	1	1	12	6,2	Bajo
	Conocimiento de practicas agrícolas	+	3	1	3	3	1	3	1	15	7,6	Medio
	Baja influencia en las prácticas culturales	+	3	1	2	3	2	1	1	13	6,6	Bajo
	Disminución de las ganancias del productor	-	3	2	2	3	3	2	1	16	8,2	Medio
	Alteración en las ganancias del productor	-	2	1	2	3	3	1	1	13	6,8	Bajo
	Valor agregado al producto	+	3	3	2	3	3	3	1	18	9,2	Alto
	Alteración en la estructura y composición del suelo	-	2	1	1	2	3	2	3	14	7,6	Medio
	Favorece la densidad aparente del suelo	+	2	1	1	3	3	3	1	14	7,6	Medio
	A2	Alteración en el nicho de macroinvertebrados	-	3	1	2	3	1	3	3	16	8,4
Protección contra enfermedades y plagas		+	2	1	2	1	3	2	3	14	7,4	Medio
Mejora la producción del cultivo		+	3	1	1	3	3	3	3	17	9,2	Alto
Disminución en la fertilidad del suelo		-	3	2	3	1	3	1	2	15	7,4	Medio
Mayor interés en el manejo del cultivo		+	3	1	2	3	2	2	1	14	7,2	Bajo
Variación en el manejo del cultivo		+	2	1	2	3	2	1	1	12	6,2	Bajo
Conocimiento de practicas agrícolas		+	3	1	3	3	1	3	1	15	7,6	Medio
Baja influencia en las prácticas culturales		+	3	1	2	3	2	1	1	13	6,6	Bajo
Aumento en las ganancias del productor		+	3	2	2	3	2	2	1	15	7,6	Medio
Aumento en las ganancias del productor		+	2	1	2	3	2	1	1	12	6,2	Bajo
Valor agregado al producto	+	3	3	2	3	3	3	1	18	9,2	Alto	

	Preservación de las condiciones biofísicas del suelo	-	2	1	1	3	3	3	1	14	7,6	Medio
	Aumento en la capacidad de infiltración del suelo	+	2	1	1	3	3	3	1	14	7,6	Medio
	Destrucción de la vegetación y pérdida de la biodiversidad	-	3	2	2	3	1	3	3	17	8,8	Alto
	Protección contra enfermedades y plagas	+	2	1	2	1	3	2	3	14	7,4	Medio
	Mejora la producción del cultivo	+	3	1	1	3	3	3	3	17	9,2	Alto
	Compactación y desagregación del suelo	-	3	1	3	1	2	2	2	14	7	Bajo
A3	Mayor interés en el manejo del cultivo	+	3	1	2	3	2	2	1	14	7,2	Bajo
	Preservación de prácticas agrícolas	+	2	1	3	3	2	1	1	13	6,6	Bajo
	Pérdida de relevo generacional y continuidad de practicas agrícolas	-	3	2	2	3	2	3	2	17	8,8	Alto
	Mayores alternativas de mejoras para el cultivo	+	2	2	2	3	2	2	1	14	7,2	Bajo
	Variación del precio en el producto	+	2	2	2	2	2	2	2	14	7,2	Bajo
	Aumento en las ganancias del productor	+	2	1	2	3	2	1	1	12	6,2	Bajo
	Valor agregado al producto	+	3	3	2	3	3	3	1	18	9,2	Alto
	Variación en las condiciones biofísicas del suelo	-	2	1	1	2	3	3	2	14	7,6	Medio
	Aumento en la capacidad de infiltración del suelo	+	2	1	1	3	3	3	1	14	7,6	Medio
	Protección contra enfermedades y plagas	+	2	1	2	3	3	3	1	15	8	Medio
	Destrucción de la vegetación y pérdida de la biodiversidad	-	1	1	2	3	1	3	3	14	7,6	Medio
	Mejora la producción del cultivo	+	3	1	1	3	3	3	3	17	9,2	Alto
	Alta presencia de materia orgánica	+	3	1	3	3	3	1	1	15	7,6	Medio
A4	Mayor capacidad de retroalimentación en prácticas agrícolas	+	3	1	2	3	2	2	1	14	7,2	Bajo
	Fortalecimiento de las labores agrícolas tradicionales	+	3	1	3	3	2	1	1	14	7	Bajo
	Fluctuación en las prácticas agrícolas	+	3	1	2	3	1	2	1	13	6,6	Bajo
	Baja influencia en las prácticas culturales	+	3	1	2	3	2	1	1	13	6,6	Bajo
	Disminución en las ganancias del productor	-	3	2	2	3	3	2	1	16	8,2	Medio
	Disminución en las ganancias del productor	-	2	1	2	3	2	3	2	15	8	Medio
	Valor agregado al producto	+	3	3	2	3	3	3	1	18	9,2	Alto