

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR EL EMPLEO DE AGROQUÍMICOS,
EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ARROZ Y PLÁTANO DE LA TROCHA CUATRO DEL
MUNICIPIO DE GRANADA (META)



STEFANY ALEJANDRA MEDINA MENDOZA
ANDREA DEL PILAR VÉLEZ MEDINA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR EL EMPLEO DE AGROQUÍMICOS,
EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ARROZ Y PLÁTANO DE LA TROCHA CUATRO DEL
MUNICIPIO DE GRANADA (META)

STEFANY ALEJANDRA MEDINA MENDOZA
ANDREA DEL PILAR VÉLEZ MEDINA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniera Ambiental.

Asesor:
Ing. CESAR AUGUSTO RIVEROS ROMERO
Ingeniero Agrónomo

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

Autoridades Académicas

P. JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA, O. P.

Rector General

P. MAURICIO ANTONIO CORTÉS GALLEGO

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ARTURO RESTREPO RESTREPO, O. P.

Rector Sede Villavicencio

P. FERNANDO CAJICÁ GAMBO, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental

CESAR AUGUSTO RIVEROS ROMERO

Director trabajo de grado

ALFONSINA BOCANEGRA GÓNEZ

Jurado

EDGAR EDUARDO MILLÁN MARTÍNEZ

Jurado

Villavicencio, 2 de agosto de 2018

Agradecimientos

Doy gracias a Dios por las bendiciones que han llegado a mi vida en distintos momentos del estrecho camino al éxito, algunas veces después de pasar difíciles pruebas. Por esto agradezco a Dios infinitamente por permitirme conseguir un logro más en mi vida profesional, a mi familia por siempre brindarme apoyo en todos los aspectos de mi vida y siempre estar cerca de mí. En especial quiero expresar mis agradecimientos a mi madre Pilar Medina y a mi abuelo Cesar Vélez por apoyarme en cada una de las decisiones de mi vida, sin importar el resultado.

Agradezco profundamente a mi director Cesar Augusto por su apoyo, orientación y recomendaciones para la elaboración de este estudio.

A los directivos de la Universidad Santo Tomás (Sede Villavicencio) y compañeros gracias por todo.

ANDREA VÉLEZ

En primer lugar, doy gracias a Dios por permitirme alcanzar todos los logros de mi vida.

Así mismo agradezco a mi familia, hermano y amigos, quienes me han brindado un apoyo incondicional a lo largo de este proceso; en especial a mi madre Liliana Mendoza por su apoyo absoluto para realizar todos los propósitos de mi vida.

De igual forma agradezco infinitamente a mi director Cesar Augusto, por aportar su buena energía y apoyo durante la elaboración del proyecto.

Por último, pero no menos importante, agradezco a la Universidad Santo Tomas, sede Villavicencio por ser parte de mi formación profesional como futura ingeniera ambiental.

STEFANY MEDINA

Contenido

	Pág.
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo I. Preliminares	4
Planteamiento del Problema.....	4
Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos.....	6
Justificación.....	7
Alcance del Proyecto.....	9
Antecedentes	10
Marco de Referencia	13
Marco Teórico	13
Marco Conceptual	15
Marco Legal	20
Capítulo II. Metodología	24
Hipótesis.....	24
Objeto y variables de estudio	25
Fase1. Caracterización de los sistemas agrícolas	27
Estructura de los sistemas productivos	27
Fase 2. Muestras y mediciones.....	28

CALIDAD DEL SUELO POR EL EMPLEO DE AGROQUÍMICOS

Unidades de muestreo	28
Forma de muestreo para los parámetros químicos	29
Forma De Muestreo Para La Actividad Biológica	30
Análisis de laboratorio	31
Tipos de análisis	31
Muestras y mediciones de la textura del suelo por Bouyoucos	33
Fase 3. Análisis de datos	33
Índice de correlación de Pearson.....	34
Capítulo III. Resultados – Análisis	36
Caracterización de los sistemas productivos.....	36
Análisis de resultados en el cultivo de arroz	52
Discusión de Resultados	81
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	84
Referencia Bibliográfica	86
Anexos.....	94

Lista de Tablas

Tabla 1.	29
Número de repeticiones de muestreas en los sistemas productivos según su fase de desarrollo y en el terreno de barbecho.	29
Tabla 2.	31
Parámetros, unidad e indicadores de calidad, relacionados a las propiedades químicas.	31
Tabla 3.	32
Parámetros, unidad, método e indicadores de calidad, relacionados a esta propiedad biológica	32
Tabla 4.	33
Parámetros, unidad e indicadores de calidad, relacionados a esta propiedad física.....	33
Tabla 5.	37
Distribución del área de la Trocha 4.	37
Tabla 6. Descripción de los lotes que componen la Finca La Montaña.	39
Tabla 7.	41
Dosis de Agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz teniendo en cuenta su fase y procedimiento.	41
Tabla 8.	45
Descripción de los lotes que componen la Finca Pensilvania.	45
Tabla 9.	46
Dosis de Agroquímicos utilizados en el cultivo de plátano teniendo en cuenta su fase y procedimiento.	46
Tabla 10.	51

CALIDAD DEL SUELO POR EL EMPLEO DE AGROQUÍMICOS

Resultados obtenidos en el terreno en estado de barbecho y rangos de calidad según estándares definidos en los indicadores..... 51

Tabla 11...... 52

Valores de pH y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido..... 52

Tabla 12...... 54

Índice de correlación de Pearson del cultivo de arroz en relación al terreno en barbecho para el pH..... 54

Tabla 13...... 55

Valores de Potasio y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido..... 55

Tabla 14...... 56

Índice de correlación de Pearson del cultivo de arroz en relación al terreno en barbecho 56

Nota. Pearson*= Índice de correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018..... 57

Tabla 15...... 58

Valores de Fósforo y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido..... 58

Tabla 16...... 59

Índice de correlación de Pearson del cultivo de arroz en relación al terreno en barbecho para el fosforo (P). 59

Tabla 17...... 60

Valores de Materia del suelo cultivado con arroz. 60

Tabla 18...... 62

Índice de correlación de Pearson del cultivo de arroz en relación al terreno en barbecho para la materia orgánica (MO)..... 62

Tabla 19...... 65

CALIDAD DEL SUELO POR EL EMPLEO DE AGROQUÍMICOS

Valores de Materia orgánica y rango de calidad del suelo cultivado con plátano de acuerdo al indicador establecido.	65
Tabla 20.	67
Índice de correlación de Pearson del cultivo de plátano en relación al terreno en barbecho para pH.	67
Tabla 21.	68
Valores de Potasio y rango de calidad del suelo cultivado con plátano de acuerdo al indicador establecido.....	68
Tabla 22.	69
Índice de correlación de Pearson del cultivo de plátano en relación al terreno en barbecho para potasio.	69
Tabla 23.	70
Valores de Fósforo y rango de calidad del suelo cultivado con plátano de acuerdo al indicador establecido.....	70
Tabla 24.	72
Índice de correlación de Pearson del cultivo de plátano en relación al terreno en barbecho para fósforo.	72
Tabla 25.	73
Valores de Materia Orgánica, del suelo cultivado con plátano.....	73
Tabla 26.	74
Índice de correlación de Pearson del cultivo de plátano en relación al terreno en barbecho para la materia orgánica (MO).	74
Tabla 27.	75
Cantidad de lombriz de tierra y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido.	75
Tabla 28.	76

CALIDAD DEL SUELO POR EL EMPLEO DE AGROQUÍMICOS

Índice de correlación de Pearson para la cantidad de lombrices en cultivo de plátano en relación a la cantidad de lombrices en terreno en barbecho. 76

Tabla 29...... 79

Índice de correlación de Pearson entre la materia orgánica y las demás propiedades en los dos cultivos en estudio..... 79

Tabla 30...... 81

Rango de calidad promedio para los terrenos estudiados. 81

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Localización general de la Trocha Cuatro del municipio de Granada (Meta).	9
<i>Figura 2.</i> Diagrama metodológico de las fases propuestas, Adaptado de “Lucidchart”;	26
<i>Figura 3.</i> Procedimiento a seguir para la obtención de una muestra compuesta	30
<i>Figura 4.</i> Ubicación Satelital de la Trocha Cuatro. Granada, Meta.	36
<i>Figura 5.</i> Elaboración de encuesta y entrevista de izquierda a derecha a propietarios de los predios La Montaña y Pensilvania.	39
<i>Figura 6.</i> Distribución de lotes de barbecho, cultivo y vivienda en la Finca La Montaña de la Trocha Cuatro	40
<i>Figura 7.</i> Fase vegetativa, reproductiva y de madurez de cultivo de arroz presente en la finca La Montaña.	41
<i>Figura 8.</i> Dosificación de fertilizantes para el cultivo de arroz en cada procedimiento.	42
<i>Figura 9.</i> Dosificación de herbicidas para el cultivo de arroz en cada procedimiento.	43
<i>Figura 10.</i> Dosificación de fungicidas para el cultivo de arroz en cada procedimiento.	43
<i>Figura 11.</i> Dosificación de insecticidas para el cultivo de arroz en cada procedimiento.	44
<i>Figura 12.</i> Distribución de lotes de barbecho, cultivos y vivienda en la Finca Pensilvania de la Trocha Cuatro. Granada, Meta. Adaptado de	45
<i>Figura 13.</i> Fase vegetativa, reproductiva y de madurez de cultivo de plátano presente en la finca Pensilvania. Adaptado.	46
<i>Figura 14.</i> Dosificación de fertilizantes para el cultivo de plátano en cada procedimiento.	47
<i>Figura 15.</i> Dosificación de herbicidas para el cultivo de plátano en cada procedimiento	48
<i>Figura 16.</i> Dosificación de fungicidas en Litros para el cultivo de plátano de cada procedimiento	48

CALIDAD DEL SUELO POR EL EMPLEO DE AGROQUÍMICOS

Figura 17. Dosificación de fungicidas en Masa (Kg) para el cultivo de plátano en cada procedimiento. 49

Figura 18. Texturas del suelo en el cultivo de arroz..... 64

Figura 19. Texturas del suelo para el cultivo de plátano. Adaptado en” Software 77

Lista de Anexos

Anexo I. Encuesta semi-estructurada aplicada a los productores de la trocha cuatro.....	94
Anexo II. Frecuencia de Agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz según el número de fincas encuestadas en la trocha cuatro.	96
Anexo III. Frecuencia de Agroquímicos utilizados en el cultivo de plátano según el número de fincas encuestadas en la trocha cuatro.	99
Anexo IV. Tomas fotográficas en los sistemas productivos de la Finca Pensilvania y La Montaña.	101
Anexo V. Resultados de las encuestas pertenecientes a la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta).	103
Anexo VI. Resultados obtenidos en laboratorio (UNILLANOS).	105

Resumen

En esta investigación se evaluaron las propiedades químicas y biológicas del suelo, en dos predios ubicados en la trocha cuatro del municipio de Granada-Meta (Finca la Montaña y Pensilvania), en donde se desarrollan sistemas de producción asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) y plátano (*Musa AAB*), con el fin de determinar la influencia que tiene la aplicación de agroquímicos sintéticos a lo largo del desarrollo del cultivo y la temporada climática (lluvia y sequia) sobre estas propiedades. Previo al análisis de los parámetros, se realizó una caracterización de la trocha cuatro en el municipio de Granada (Meta), donde se identificaron 2 predios modales (finca La Montaña y finca La Pensilvania). En la finca La Montaña se seleccionaron 6 lotes, donde se desarrolla el cultivo de arroz y en la finca Pensilvania se eligieron 5 lotes, 4 con cultivo de plátano y uno en estado barbecho.

A través del análisis y evaluación de las propiedades químicas (pH, materia orgánica, potasio y fosforo) biológicas (presencia de lombriz de tierra) y la textura por Bouyoucos según los valores establecidos en indicadores de calidad, se obtuvo como resultado que en el área donde se desarrollaron estos sistemas productivos, la calidad del suelo es baja. Teniendo en cuenta que en los dos cultivos los valores de pH oscilaron entre 5 y 6,2, el potasio fue muy bajo y en el caso específico del fosforo solo en el cultivo de arroz se registraron datos superiores a los 40ppm, que es el valor ideal para un suelo de buena calidad. Con respecto a la materia orgánica, se encontró una alta deficiencia en los dos predios (cultivo de arroz y plátano), además de presentarse ausencia total de lombriz de tierra en el cultivo de arroz y baja presencia en el cultivo de plátano.

Ahora bien, teniendo en cuenta los valores obtenidos de las propiedades químicas y biológicas con sus respectivos indicadores, el suelo del lote en estado de barbecho es de baja calidad, presentando valores de pH más bajos que los dos terrenos de cultivo. Pero, cabe mencionar que en los resultados del conteo de lombrices y texturas del suelo, se encontró un rango de calidad de 10, con respecto a los rangos establecidos de los predios con cultivos, que están por debajo de 6,6.

Palabras Claves: indicadores De Calidad, Materia Orgánica, Fertilización, Propiedades Del Suelo.

Abstract

In this research, the chemical and biological properties of the soil were evaluated in two properties located on the fourth track of the municipality of Granada-Meta (Finca la Montaña and Pensilvania), where production systems associated with rice cultivation are developed (*Oryza sativa*) and plantain (*Musa AAB*), in order to determine the influence of the application of synthetic agrochemicals throughout the development of the crop and the climatic season (rain and drought) on these properties. Prior to the analysis of the parameters, a characterization of gauge four was made in the municipality of Granada (Meta), where 2 modal farms were identified (La Montaña farm and La Pensilvania farm). In the La Montaña farm, 6 lots were selected, where the rice cultivation was developed and in the Pennsylvania farm 5 lots were selected, 4 with plantain cultivation and one in fallow state.

Through the analysis and evaluation of the chemical properties (pH, organic matter, potassium and phosphorus) biological (presence of earthworm) and texture by Bouyoucos according to the values established in quality indicators, it was obtained that in the area where these productive systems were developed, the quality of the soil is low. Taking into account that in the two cultures the pH values ranged between 5 and 6.2, the potassium was very low and in the specific case of phosphorus only in the rice crop data was recorded above 40ppm, which is the value ideal for a good quality floor. With regard to organic matter, a high deficiency was found in the two farms (rice and plantain cultivation), in addition to the total absence of earthworm in rice cultivation and low presence in plantain.

Now, taking into account the values obtained from the chemical and biological properties with their respective indicators, the soil of the fallow lot is of low quality, presenting lower pH values than the two cultivation areas. However, it should be mentioned that in the results of the count of earthworms and soil textures, a quality range of 10 was found, with respect to the established ranges of the farms with crops, which are below 6.6.

Key Words: Indicators Of Quality, Organic Matter, Fertilization, Soil Properties.

Introducción

Durante las décadas de cultivo intensivo o convencional, el manejo de los suelos agrícolas ha estado enfocado hacia la maximización de la producción y una marcada despreocupación por la protección del suelo como ente vivo; recurriendo a prácticas como el laboreo intensivo, escasa rotación de cultivos, control fitosanitario con agroquímicos de síntesis, fertilización a base de producto minerales y omisión bastante generalizada de la materia orgánica para el mantenimiento de unas buenas condiciones de estructura y actividad biológica del suelo (Vallejo, 2013).

De acuerdo a lo anterior, el sector agrícola en Colombia, en los últimos años ha presentado cambios a nivel social y ambiental, cambios cuyos efectos a lo largo de su implementación han generado el deterioro de los recursos ecosistémicos. Es por esto, que en los Llanos Orientales, desde hace varios años se ha venido haciendo un esfuerzo por parte de entidades privadas y públicas como la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y la Universidad de los Llanos, entre otras, para desarrollar investigaciones tendientes a conocer los procesos y las condiciones, para lograr calificar su calidad (Jamioy, Menjivar, & Rubiano, 2014).

Con base a lo anterior, se consideró pertinente elaborar un proyecto en el área rural del municipio de Granada (Meta), específicamente en la trocha cuatro, donde se permitiera evaluar el estado del suelo, el cual se ha caracterizado por el uso permanente de agroquímicos sintéticos, dirigido especialmente a dos cultivos de mayor producción agrícola de la zona, como lo son el cultivo de arroz y plátano. Teniendo en cuenta, que el área objeto de estudio se define por la presencia de pequeños y medianos productores, además del bajo nivel educativo y la poca tecnología disponible, hacen que los sistemas productivos agrícolas tradicionales ocasionen una acelerada degradación del suelo. Con los resultados obtenidos, se establecerán recomendaciones encaminadas para un manejo sustentable del recurso suelo.

Capítulo I. Preliminares

Planteamiento del Problema

Uno de los grandes retos de la humanidad es la racionalización en el uso y explotación de los recursos naturales, dentro de los cuales se encuentra el recurso suelo como un sistema vivo y sinérgico. El suelo es un medio de producción agrícola importante, desde el cual las plantas suplen sus requerimientos hídricos y nutricionales, considerado como un recurso natural renovable, sin embargo, esta capacidad de renovación depende en gran medida de los usos y manejos que este recurso haya recibido (Perry & Maloney, 2005).

De acuerdo a esto, una de las problemáticas evidenciadas actualmente es que la producción agrícola nacional va en crecimiento constante determinada con el crecimiento poblacional, lo que ha provocado la extensión de la frontera agrícola induciendo factores como, la deforestación, cambios en el uso vocacional del suelo, sistemas de tenencia de tierras, la sobreexplotación, abuso en el uso de agroquímicos sin recomendación técnica, y factores socioeconómicos y culturales, entre otros que son causas del deterioro de las características físico químicas y biológicas del suelo, que interactúan sinérgicamente en este recurso y que son claves para la producción de materias primas relacionadas con los sectores agropecuario y forestal; generando a la vez una serie de factores de degradación creciente que incrementan los costos de producción en la recuperación de este valioso recurso (Perry & Maloney, 2005).

También, dentro de los costos ambientales que pueden presentar las aplicaciones intensivas de agroquímicos están: eliminación de organismos que no son de interés dentro de las aplicaciones (especies no blanco), contaminación del suelo; generando degradación progresiva sobre este, efectos de resistencia de poblaciones de plagas, entre otros. Según la Superintendencia Industria y Comercio, en el año 2015 el país presentó un total de consumo interno de 119.486 litros de plaguicidas químicos de uso agrícola, distribuyendo esta cifra entre la población colombiana, se llega al promedio de 2.97 mililitros de agrotóxicos por habitante (SIYC, 2014).

Ahora bien, los suelos de los llanos orientales, se caracterizan por su bajo pH (entre 4.0 y 4.8) y bajos niveles de nutrientes disponibles para las plantas, incluyendo las características climáticas de la región, que se caracteriza por presentar altos niveles de precipitación. Lo antes enunciado, son factores para que estos suelos presenten una alta susceptibilidad a la degradación, ocasionando cambios tanto cualitativos como cuantitativos, en su mayoría adversos que conllevan a la pérdida de la capacidad productiva (Nivia, 2014).

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio se enfocó en determinar el estado actual del suelo de la Trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), dirigido a dos fincas dedicadas a los sistemas productivos de arroz y plátano, las cuales hacen uso constante de agroquímicos sintéticos sin la guía de medidas técnicas. Así mismo, es importante mencionar que las dos fincas objeto de estudio, han sido utilizadas únicamente para uso agrícola, lo cual es de gran interés llegar a conocer los efectos que ocasionan estas actividades antrópicas en el recurso suelo y los cambios que pueden conllevar a algunas propiedades químicas (pH, P, K, MO) y biológicas (lombriz de tierra). Es por ello, que se debe responder de manera adecuada y oportuna a la necesidad de preservar la capacidad productiva y se desarrollen recomendaciones que conduzcan a conservar y mejorar los suelos, aplicando principios de sostenibilidad, mediante prácticas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de los mismos.

Respecto a lo anterior, se planteó la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los efectos generados en los invertebrados (lombriz de tierra) y algunas propiedades químicas del suelo (pH, P, K, MO) en tiempo seco y lluvioso por el empleo de agroquímicos en la fase vegetativa, reproductiva y de madurez de los cultivos de arroz y plátano de la Trocha cuatro del municipio de Granada (Meta)?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la calidad del suelo por empleo de agroquímicos, en los cultivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), determinando las propiedades químicas y la presencia de invertebrados (lombriz de tierra).

Objetivos Específicos

1. Caracterizar las prácticas de manejo en la fase vegetativa, reproductiva y de madurez en los cultivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta).
2. Determinar la presencia de invertebrados (lombriz de tierra) y evaluar las propiedades químicas, mediante pruebas de campo y ensayos de laboratorio en suelos utilizados para cultivos de arroz y de plátano, en sus tres fases de crecimiento (vegetativa, reproductiva y de madurez), ubicados en dos predios de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta).
3. Establecer y valorar la influencia del uso de agroquímicos sobre la presencia de invertebrados (lombriz de tierra) y propiedades químicas en los suelos de los sistemas productivos asociados a los cultivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio Granada (Meta).

Justificación

La degradación de los suelos es un problema causado principalmente por cambios en el uso y por la adopción de prácticas de manejo propias de cada cultivo. La evaluación de los efectos de la actividad agropecuaria en el suelo permite establecer los parámetros necesarios para estimar la magnitud del impacto ambiental ocasionado por los sistemas productivos, lo que ayuda a la toma de decisiones enfocadas en la conservación, la sostenibilidad, y la productividad del suelo. Para lograr este objetivo es necesario conocer la calidad del suelo y tener indicadores para evaluarla, en ese sentido la calidad se puede definir como la capacidad de un suelo de funcionar. (Jamoy, 2014)

Aunque el suelo es un recurso que permite sostener el desarrollo de cultivos necesarios para la vida, sólo recientemente se ha reconocido su susceptibilidad a la degradación y consecuente disminución de la productividad de cosechas. De acuerdo a esto, muchas de las regiones Colombianas están creciendo de manera desordenada, con lo que se causa un gran impacto al medio ambiente, debido al desarrollo no planificado ni sostenible de sus actividades productivas (Orozco, 2011), además de una serie de problemáticas sociales que han generado controversias con el tipo de producción y el área donde debe realizarse con el fin de evitar al máximo los impactos ambientales que puedan generarse.

Para el año 2012 el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, junto con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y otras entidades realizaron un estudio sobre “Los conflictos de uso de territorio colombiano”, con el fin de generar y formular políticas, las cuales permitan reglamentar y planificar el territorio. La investigación constituye una alerta sobre tierras con mayor riesgo a la degradación por usos actuales que superan las limitaciones y potencialidades impuestas por la naturaleza, configurando conflictos por sobreutilización; también, se señalan y cuantifican las tierras que, teniendo mayor potencial productivo, se encuentran subutilizadas. Entendiéndose que: “Los conflictos de uso resultan de la discrepancia entre el uso que hace el ser humano del medio natural y el uso que debería tener de acuerdo con sus potencialidades y restricciones ambientales (ecológicas, culturales, sociales y económicas)” (MADR, 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior, el área rural del municipio de Granada (Meta), presenta sólo un 14% de su superficie sin conflictos de uso del suelo, ya que el 54% del municipio tiene conflictos asociados a subutilización, debido a la presencia de mosaicos en áreas con vocación agrícola. Mientras que el 13% presenta conflictos asociados con la presencia de cultivos y pastos en áreas pantanosas (MADR, 2013).

Las actividades relacionadas con el desarrollo de cultivos en el municipio de Granada, está presentando problemáticas actuales por el uso de suelo, identificándose una afectación considerable sobre este recurso, ya que cerca del 36% del municipio se encuentra dedicado a la agricultura, predominando los cultivos permanentes con un 19%; debido a que las tierras no cuenta con las condiciones adecuadas para ser utilizadas en agricultura, debido a la acidez de sus suelos, los altos contenidos de aluminio y bajos niveles de materia orgánica (Orozco, 2011), requiriendo de correctivos, en donde los agricultores en su mayoría, hacen uso indiscriminado de agroquímicos sintéticos, causando cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del recurso. Destacando, que a nivel nacional se manejan 2.490 productos con registro de venta de los 35.000 existentes en el mundo; para el año 2014 se produjeron y vendieron 78.469 toneladas de plaguicidas; siendo los más utilizados: el Glifosato, Mancozeb y Propanil (SIYC, 2014).

Respecto a lo antes anunciado, el proyecto tiene como objetivo evaluar el estado del suelo en donde se desarrollan sistemas productivos, específicamente el cultivo de arroz y plátano, en la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), con el fin de conocer las consecuencias del uso de agroquímicos sintéticos y los efectos del manejo inadecuado del suelo. Con los resultados obtenidos, se formularon recomendaciones que pueden aplicar los pequeños y medianos productores de la zona para lograr un mayor rendimiento productivo y a su vez ser sostenible y agradable con el medio ambiente.

Alcance del Proyecto

La investigación se llevó a cabo en el piedemonte llanero de Colombia, en el municipio de Granada, Departamento del Meta. Granada está localizado geográficamente en la República de Colombia, limitado al Norte con el municipio de San Martín y al Occidente con Lejanías (Guzman, 2011). Este municipio, se considera capital de la subregión del Ariari, por la dinámica del desarrollo agrícola, respecto a esto, el 36% del área rural del municipio, se dedica principalmente a cultivar arroz, maíz, plátano, cacao, yuca, caña panelera, papaya, cítricos y maracuyá (SIID, 2011). Dentro del área rural, se seleccionó para el desarrollo del proyecto la trocha cuatro del municipio, ubicada sobre la Vía que conduce al municipio de Lejanías (Ver Figura 1) (Guzman, 2011).

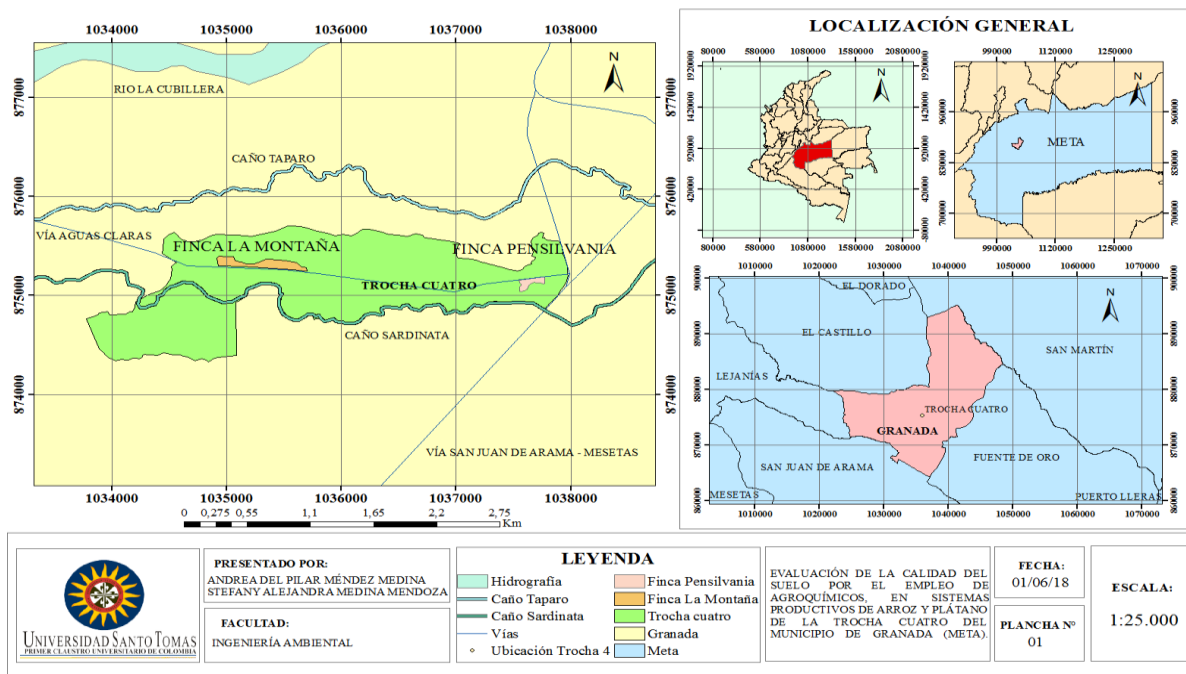


Figura 1. Localización general de la Trocha Cuatro del municipio de Granada (Meta). Adaptado de “Software ArcGis 10.1”; por Medina & Vélez, 2018.

Los cultivos elegidos para el estudio fueron únicamente el de arroz y plátano, ubicados en la finca Pensilvania (N 3°28', O 73°44') y La Montaña (N 3°28', O 73°45') de la trocha. El presente estudio, fue planteado para un tiempo estimado de 9 meses.

Antecedentes

Desde la fundación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el año 1945 la importancia de la calidad y la evaluación del suelo han sido temas importantes para sus programas. No obstante, en los años 70's varios países desarrollaron sus sistemas de clasificación de capacidad de uso y evaluación del suelo, pero sin embargo no les fue eficiente el intercambio de información y se hizo necesaria la adecuación del proceso (Sombroek, 1996).

Posteriormente, en el año 1987 fue lanzada una iniciativa por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en cooperación con la Sociedad Internacional de Ciencias del Suelo (ISSS) y la FAO; la cuál incentivo al Centro Internacional de Referencia e Información de Suelos (ISRIC), en Wageningen, para que presentara, una evaluación sobre la degradación de los suelos inducida por el ser humano; la iniciativa fue desarrollada junto con el apoyo de 250 corresponsales en todas las regiones del mundo y se preparó un mapa mundial, el cual mostró los factores causantes, tipo, grado, tasa y extensión geográfica de la degradación de las tierras y suelos (Oldeman, Hakkeling, & Sombroek, 1991).

En el año 1991, la Organización para la cooperación económica y el desarrollo (OECD) publicó un set preliminar de indicadores ambientales y luego, otras organizaciones desarrollaron programas donde se establecieron listas de indicadores para evaluar la calidad ambiental, tales como, FAO, Banco Mundial, y los programas de Naciones Unidas para el desarrollo y para el medio ambiente (Cantú et al., 2009). Para el cumplimiento de las diferentes iniciativas o/y programas, se fue aplicando una amplia gama de metodologías con el fin de evaluar el impacto de la actividad agropecuaria sobre los recursos naturales y en especial, el cambio de uso y manejo de suelos; el desarrollo de las mismas, ha establecido el uso de indicadores e índices para la calidad ambiental, calidad de los suelos, sustentabilidad, desarrollo sustentable, riesgo, vulnerabilidad, planificación territorial, entre otros (OECD, 1991).

Anteriormente, para la evaluación del uso del suelo se realizaban estudios en función del terreno ocupado, lo cual demostró la importancia de definir en los nuevos estudios indicadores que evaluarán cómo influye la ocupación en la calidad (Cantú et al., 2009). Un

caso importante, es la ocupación del suelo por la agricultura, en el cual fue desarrollado un estudio en el año 2005, a través de la identificación y uso de indicadores técnicos y locales de calidad de suelo, en las laderas de Nandaime-Nicaragua, donde se evaluó las condiciones físicas, químicas y biológicas para conocer el estado del recurso. Teniendo como resultado que los suelos sometidos a la agricultura en su mayoría han perdido el horizonte superficial y fertilidad (Domínguez, 2005).

Sumado a las diferentes iniciativas de ocupación, han surgido estudios sobre calidad del suelo e influencia del uso de los agroquímicos en los componentes del suelo, a nivel Internacional y Nacional, un caso en específico, es un estudio elaborado en Argentina, en el año 2001, en donde el autor indica que el empleo de agroquímicos en la agricultura es el método más común para el control de plagas y uno de los principales factores que ha permitido alcanzar los actuales altos rendimientos en la producción agropecuaria, pero que al exceder su uso, pueden generar la degradación del suelo (Avellato, 2001).

Por ende, se ha podido identificar la generación de impactos negativos en el recurso del suelo por la intensificación del uso de agroquímicos en la producción de cultivos, en donde según un estudio de la facultad de ciencias agrarias y forestales de la Universidad de la Plata en Argentina, logró determinar un deterioro progresivo en el recurso de suelos dedicados en cultivos de secano en Provincia de Buenos Aires, dado a que los descansos del suelo eran mínimos y no se presentaban rotaciones en los sistemas productivos (UNLP, 2013).

Al entender que las propiedades físicas, químicas o biológicas de los suelos presentan variaciones por la aplicación de agroquímicos, a nivel regional se realizó un estudio en un suelo Oxisol de los Llanos Orientales de Colombia, en donde se evaluó el efecto de la aplicación de agroquímicos sobre los microorganismos presentes en los suelos del cultivo de arroz secano, el cual concluyó que los agroquímicos utilizados pueden impactar de diferente manera los microorganismos que se encargan de la descomposición de la materia orgánica (Ortiz, Ortiz, & Giovanni, 2013).

En la región de los Llanos Orientales, desde hace varios años se ha venido haciendo un esfuerzo por parte de las diferentes entidades privadas y públicas como la Universidad Nacional de Colombia, el CIAT, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica y la Universidad de los Llanos, entre otras, para implementar estudios en relación

a los procesos, condiciones y la dinámica de los suelos sobre la región y calificar su calidad (Jamioy, Menjivar, & Rubiano, 2014).

Por tanto, conociendo dichas contribuciones en los componentes del suelo, las propiedades químicas aportan en la distinción de sistemas productivos de mayor fertilidad, sustentando lo anterior, con el estudio de caracterización de la fertilidad química, realizado en el año 2017 en sistemas productivos de la altillanura plana del Meta, en el que se empleó la evaluación de macronutrientes y micronutrientes del suelo. Se tuvo como resultado sistemas productivos de Piedemonte con suelos de baja fertilidad y una alta variabilidad en las características químicas de los suelos; siendo la materia orgánica del suelo y la acidez las variables que tuvieron mayor capacidad discriminadora (Delgado, Rangel, & Silva, 2017).

De acuerdo a la compilación e importancia de las investigaciones realizadas hasta el momento, los cultivos realizados dentro de las trochas del municipio de Granada (Meta) generan uno de los problemas más urgentes en la calidad del suelo debido al uso persistente de agroquímicos. La producción de plátano y arroz, que son los sistemas productivos con mayor porcentaje de distribución, requieren de la aplicación frecuente e intensa de agroquímicos sintéticos (Granada A. , 2002).

Finalmente, la Alcaldía municipal de Granada (Meta) en el 2002 elaboró un Plan de desarrollo económico, social y de obras públicas en donde hace un estudio acerca de la producción de productos agrícolas en el municipio; concluye que se presenta un crecimiento exponencial de cultivos en el transcurrir de los años, a raíz de una serie de cambios evidenciados en los hábitos de consumo de los habitantes, la ampliación de los frentes económicos y el crecimiento poblacional ocurrido en los últimos años (Granada A. , 2002).

Marco de Referencia

Marco Teórico

A través del tiempo, varios autores han escrito sobre el concepto de calidad del suelo, poniendo mayor atención en la identificación de las características de los suelos que muestren de la mejor forma los cambios en su calidad y que también aporten a la aplicación de ellas como indicadores (Gil et al., 2005). Por tanto, se han generado definiciones acerca del concepto de calidad del suelo y sin embargo el concepto sigue sin estar completamente definido, debido a que es un proceso que está en constante evolución a nivel internacional y Nacional (Astier, Maass, & Etchevers, 2002).

No obstante, como aporte al proceso se han elaborado estudios, en donde existen contradicciones conceptuales sobre lo que se ha considerado el paradigma de la calidad del suelo; lo cual ha involucrado el concepto de sustentabilidad y resiliencia del suelo (Karlen et al., 1997), trayendo consigo las bases para definir finalmente el concepto y por consiguiente, establecer indicadores cuantitativos de calidad del suelo (Doran & Parkin, 1996).

En vista de lo anterior, se han desarrollado listas de indicadores de uso universal, acopladas a todas las situaciones y tipos de suelos posibles. Por ende, se han presentado listas pensadas para situaciones regionales y locales. En ese contexto, los indicadores que reflejan estándares de fertilidad y que además son importantes en términos de producción de cultivos son: pH, materia orgánica (MO), Nitrógeno (N), Potasio (K) y Fosforo (P) (Doran & Parkin, 1996).

Se ha señalado que dependiendo el estudio y lo que se quiere llegar a interpretar, las propiedades seleccionadas para medir la calidad del suelo pueden variar. Además, de tener en cuenta en tres grupos los atributos que pueden ser usados como indicadores de calidad del suelo: físicos, químicos y biológicos (López & Rodríguez, 2009).

En el caso de producción de cultivos, el suelo puede verse afectado por el uso de agroquímicos en el ciclo vegetativo, reproductivo y de madurez. Los análisis químicos y biológicos pueden reflejar los cambios en la capacidad del suelo y pueden identificar con mayor eficacia los resultados de los muestreos y mediciones realizados en campo que

requieren de distintos métodos. Los métodos usados pueden valorar las características de la zona estudiada y casi siempre, suelen incorporar las condiciones de campo y el manejo que se le brinda al suelo (Dalurzo, Serial, Vázquez, & Ratto, 2002).

Sin embargo, se resalta que el uso de agroquímicos en los cultivos de arroz y plátano es necesario, pero que en exceso generan variaciones sobre los parámetros de reacción del suelo (pH), fósforo (P), materia orgánica (MO), Potasio (K), textura, entre otros (Martínez, 2014). Ahora bien, entrando en contexto, sobre el comportamiento y características de los parámetros mencionados, en los suelos de los llanos orientales es el siguiente:

En torno a los parámetros químicos y en relación a la zona estudiada del proyecto; en las sabanas altas de los Llanos Orientales de Colombia, predominan los suelos Oxisoles, caracterizados por su baja fertilidad natural con $\text{pH} < 4.5$; lo que ha provocado la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos para el acondicionamiento del suelo y posterior desarrollo de los cultivos. (Amézquita et al., 2013). Así mismo, el fósforo de los suelos van desde hasta muy pobre, como es en el caso de las sabanas, hasta muy ricos como es la zona de Lejanías en el departamento del Meta (Martínez, 2014).

En consideración, el potasio de los suelos de los llanos orientales se caracteriza por que van de ser muy pobres (menos de 0,1 meq/100g de K) hasta ricos (más de 0,7 meq/100g de K) y en relación al parámetro de materia orgánica, los suelos de los llanos orientales presentan deficiencia, ya que la temperatura y precipitación imperantes no facilitan su acumulación. La materia orgánica expresada en porcentaje, por el tipo de suelos, los valores no pasan del 2% (Martínez, 2014).

El parámetro de textura del suelo por el método bouyucos, en la gran mayoría de los suelos de los Llanos Orientales presenta una textura franco arenosa, también se pueden encontrar francos limosos, arenosos limosos y francos arenosos arcillosos (Martínez, 2014).

Las características de los suelos, varían según su morfología o zona en que se encuentren y así mismo, los diferentes efectos o variaciones generadas en sus propiedades y demás elementos, producto del uso de agroquímicos, provocan cambios en su estado natural; por tanto, se ha generado el uso de indicadores y avances que acogen esta problemática, en cuanto al uso de estadística para la interpretación de muestreos y de datos numéricos que ayudan a la solución de problemas y tomas de decisiones en esta área (USAC, 2011).

En cuanto al empleo de estadística en proyectos, toma gran importancia la estadística descriptiva debido a que esta se encarga de la recolección, agrupación y presentación de los datos de una manera tal que los describa fácil y rápidamente. En este proceso, es necesario establecer medidas cuantitativas que reduzcan a un número manejable de parámetros del conjunto de datos obtenidos y la realización de graficas que ayuden a la visualización de los datos (Gorgas et al., 2011).

De tal modo, uno de los métodos comúnmente conocidos para la correlación de parámetros cuantitativos que en efecto ayuda a establecer medidas cuantitativas, es el coeficiente de correlación de Pearson, que es un estadístico que proporciona información sobre la relación lineal existente entre dos variables cualesquiera (Lahura, 2003). Dado a lo anterior, este estadístico toma importancia frente a la correlación de parámetros físicos y químicos en proyectos con un alto número de variables.

Marco Conceptual

Cultivos transitorios

Este término es referido a los cultivos que presentan un ciclo vegetativo por lo regular menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses. Se caracterizan porque al momento de la cosecha son removidos y para tener una nueva cosecha es necesario volverlos a sembrar (DANE, 2008).

Cultivo de arroz

En relación a los sistemas productivos predominantes en la trocha cuatro (arroz y plátano), el tipo de arroz "*Oryza sativa*" comúnmente sembrado, es nominado F68. Este es "garantizado por la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) y además, requiere de un ciclo intermedio de 120 días para su crecimiento" (Olmos, 2006).

Dentro de su clasificación, es reconocido como un cultivo transitorio, por tanto, se tiene la siguiente descripción y fenología del mismo:

Fenología cultivo de arroz: el cultivo de arroz en su ciclo de desarrollo, requiere de la fase vegetativa, reproductiva y de madurez, que varía de 120 a 140 días desde la germinación hasta la cosecha del grano, según las variedades del ciclo (Corto, intermedio o largo) aunque puede alargarse unos días más según las condiciones del clima y alcanzar hasta 5 meses (150 días) (Olmos, 2006).

En relación al tipo de arroz sembrado dentro de la trocha cuatro, la fase vegetativa incluye los estadios de germinación, plántula, inicio y pleno macollamiento; la fase reproductiva, declinamiento de macollos, iniciación del primordio floral a emergencia de la panoja y emergencia de la panoja a madurez. Por ende, la fase de madurez suele variar entre 25 a 30 días dependiendo de la temperatura, esta inicia luego de que el grano de arroz comienza a incrementar de tamaño y peso, y el almidón y azúcares se translocan desde las vainas, hoja bandera, y vástagos donde fueron acumulados en la fase vegetativa (Olmos, 2006).

Cultivos permanentes

Son cultivos que después de plantados llegan en un tiempo relativamente largo a la edad productiva, es decir, su ciclo vegetativo generalmente se extiende más de un año. También, son reconocidos como productos agrícolas que se destinan a la alimentación humana o animal (CNA, 2015).

Cultivo de Plátano

De tal modo, el tipo de plátano “*Musa AAB*” generalmente cultivado en la trocha cuatro, es de variedad Hárton. En Colombia está determinado por la altura sobre el nivel del mar, debido a que desde los 0 hasta los 1000m se siembra este tipo de plátano y de los 1000 hasta los 1500m se siembra Dominico- Hartón, según lo establece el Manual Instruccional No. 01 del Cultivo de Plátano (Martínez, 2014).

El sistema productivo del plátano, presenta un periodo permanente y fenología como se describe a continuación:

Fenología cultivo de plátano: El desarrollo morfológico de la planta de plátano, comprende tres fases: vegetativa, reproductiva y madurez, requiriendo un tiempo de desarrollo de seis meses en su fase vegetativa, en el cual ocurre la formación de las raíces principales y secundarias, desarrollo del pseudotallo e hijos. (Alvarez, 2010), tres meses aproximadamente en la fase reproductiva (floral), en esta etapa el tallo floral se eleva a través del pseudotallo y posterior a esto se presenta la fase de madurez (fructificación) en donde hay una disminución gradual del área foliar y finaliza con la cosecha, el tiempo desde inicio de la floración a la cosecha del racimo es de 81 a 90 días (Alvarez, 2010).

En términos generales, durante la fenología que presentan ambos cultivos, el uso intensivo de agroquímicos es necesario para su producción y los elementos del medio más directamente afectados por el uso de los mismos, son: el suelo, agua, aire, fauna, flora e indudablemente el hombre; estos pueden provocar en determinadas ocasiones no sólo serias alteraciones en el equilibrio ecológico, sino también efectos toxicológicos indeseados en las formas de vida sobre las que inciden (Navarro & Barba, 1995).

Suelo

El suelo, se entiende como la parte superficial de la corteza terrestre en donde la mezcla de sus elementos permite la acción abiótica en las distintas unidades de acuerdo a los horizontes. Lo cual, ayuda a que incorpore una determinada cobertura vegetal y tenga unas propiedades biofísicas para mantener una dimensión funcional y dedicación socioeconómica en conjunto para su ocupación y uso (Parada, Romero, & Osorio, 2013).

Así mismo, el suelo comprende características particulares que pueden ser definidas a partir de la calidad del suelo, en donde según el comité de la Sociedad de la Ciencia del suelo Americana, indica que esta es la capacidad funcional de un tipo específico de suelo y de esta depende sustentar la productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y sostener el asentamiento y salud de humanos, con límites eco sistémicos naturales o determinados por el manejo (Navarro & Navarro, 2014).

Ahora bien, el abuso en el uso y la conversión de suelos vírgenes a la agricultura contribuyen en la “disminución de la calidad física, química y biológica de los recursos del suelo en todo el mundo” (Giuffré, Ratto, & Romina, 2008).

Los incrementos en las últimas décadas de la superficie cultivada, las prácticas de monocultivo y de aplicación de fertilizantes y pesticidas químicos, han generado pérdidas en los contenidos de materia orgánica, incrementos en la erosión, compactación y contaminación del agua superficial y subterránea (Giuffré, Ratto, & Romina, 2008).

Por ende, a partir de la evaluación de los indicadores de calidad en el suelo, se puede tomar decisiones según el estado de las propiedades del suelo, en relación al uso de agroquímicos que comprenden las actividades de la cadena productiva: abonos, fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y reguladores biológicos (Parada, Romero, & Osorio, 2013).

Los indicadores directos comúnmente utilizados corresponden a propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo:

Indicadores químicos: incluyen propiedades que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, y microorganismos; así mismo, toma importancia los indicadores de pH, potasio, nitrógeno y fósforo, debido a que reflejan estándares de fertilidad en el suelo y son factores importantes en términos de producción de cultivos (Dalurzo, Serial, Vázquez, & Ratto, 2002).

Indicadores físicos: están relacionados con las propiedades que reflejan como el suelo acepta, retiene y proporciona agua a las plantas; entre tanto, se tienen ejemplos de una pobre calidad física del suelo cuando se presentan los siguientes síntomas: deficiente o baja infiltración de agua, pérdida neta de partículas por escorrentía, colmatación de los poros del suelo y una aireación deficiente (Dexter, 2004).

Indicadores biológicos: la abundancia de invertebrados en el suelo es benéfico dentro de las actividades biológicas del mismo y pueden ser interpretados como un indicador biológico en los diferentes estudios; debido a que tienen la ventaja de servir de señales tempranas de degradación o de mejoras de los suelos (Abi-Saab, 2012).

Para los sistemas productivos de arroz y plátano, existen diferentes estudios, que han demostrado las condiciones de suelo en que son mas productivos y se ha evidenciado que el comportamiento de algunos de los indicadores de calidad del suelo frente a estos cultivos, es el siguiente:

Potencial de hidrogeno (pH): El pH optimo en el cultivo de plátano, se da entre un rango aproximado de 5.50 a 8.0 de la escala logarítmica. (Martínez, 2014). Así mismo, El

pH óptimo para el desarrollo del cultivo de arroz es 6,6 debido a que beneficia la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica. (Rodríguez, 1999).

Fósforo (P): El fosforo en el cultivo de plátano ayuda al buen crecimiento de la planta, a formar raíces fuertes y abundantes; contribuye también a la formación y maduración de los frutos y es indispensable para mantener la vida útil de la platanera. Su deficiencia no es muy común y se manifiesta por la presencia de necrosis en los bordes de todas las hojas de la planta, especialmente las más viejas (Martínez, 2014).

Para el cultivo de arroz, el fósforo influye de manera positiva sobre la productividad del arroz, aunque sus efectos son menos notorios que los del nitrógeno. El fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración y mejora la calidad del grano. (Rodríguez, 1999).

Materia orgánica (MO): La materia orgánica del suelo es un constituyente esencial del sistema edáfico, responsable directa de la mayoría de los procesos físico- químicos y biológicos del suelo (Rugiero, 2006). Además, es la responsable de la disponibilidad de nutrientes, tanto micronutrientes como macronutrientes; a través de sus estructuras poliméricas y estables, fija sustancias orgánicas o inorgánicas que constituyen agentes ajenos y contaminantes del sistema edáfico como metales pesados, pesticidas, aportando una protección ante sustancias tóxicas (ese almacenaje pasa entonces a depender de la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo) (Rugiero, 2006).

Potasio (K): Es un elemento fundamental para las especies vegetales que producen carbohidratos como el caso del cultivo de plátano, e igualmente es importante en la gran mayoría de las reacciones metabólicas de la planta (Martínez, 2014). El contenido de potasio en la planta influye en la fotosíntesis, transporte de los carbohidratos, interviene en la absorción de los nitratos y desempeña papel importante como elemento antagónico del nitrógeno (Barrera, Durango, & Ramos, 2008). En el cultivo del arroz, el potasio aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno (Rodríguez, 1999).

Textura por bouyoucos: Un suelo puede ser de tipo arenoso (Ar) cuando predominan las arenas (tamaño entre 2 a 0,02mm) haciendo que el suelo sea de tipo liviano lo que facilita el desarrollo y crecimiento de las raíces de plátano, es en este tipo de suelos donde el cultivo

resiste mejor el déficit hídrico y estos suelos corresponden a los de las vegas de los ríos; arcilloso (Ar) cuando predominan las arcillas (tamaño inferior a 0,02mm) y por corresponder a suelos pesados el sistema radicular del plátano es poco desarrollado, por esta razón la más mínima reducción en el régimen hídrico afecta al cultivo de plátano. Finalmente, el suelo limoso (L), es en donde predominan partículas de tamaño intermedio entre las arenas y arcillas (de 0,02 a 0,002 mm) (Martínez, 2014).

Por otro lado, en cualquier suelo donde se desarrollan sistemas productivos, juega un papel importante la fauna edáfica (mesofauna y macrofauna), ya que consume materia orgánica y la simplifican o fraccionan, mezclan el suelo y aumentan la porosidad mejorando las condiciones para la mineralización de la materia orgánica, aumentan la disponibilidad de nutrientes con material fecal y controlan poblaciones de microorganismos (López A. , 2005; Pérez, 2010). Son algunas de las razones por la cuales las altas abundancias de estos organismos, son ideales. Las lombrices en especial, sirven como indicador de la aplicación de agroquímicos, debido a que son muy sensibles a estas sustancias:

Lombriz de tierra: La presencia y abundancia de las especies de lombrices de tierra pueden utilizarse para determinar el grado de deterioro físico de los suelos. Por tanto, ofrecen una forma útil y simple de evaluar las condiciones del suelo en que viven los efectos de diferentes labores agrícolas en que viven, de modo que su gran importancia como bioindicadores descansa en esa cualidad integradora de las señales ambientales constituyendo una herramienta muy importante para medir el impacto de la contaminación y el deterioro de los suelos que llega a producir cambios en la variabilidad genética de dichas poblaciones a causa de los efectos tóxicos de los agroquímicos (Fernando, Momo, & Falco, 2003).

Marco Legal

La legislación ambiental aplicable al uso de insumos de agroquímicos y calidad del suelo en Colombia, está enmarcada dentro de dos grandes bloques normativos:

La constitución nacional, marco legal de carácter supremo y global y el segundo bloque que involucra los Decretos y reglamentaciones Nacionales, constituyendo las normas básicas

y políticas. Según lo anterior, en el primer bloque se incorporará en el proyecto la constitución política de Colombia que “establece los principios fundamentales del pueblo Colombiano, teniendo como aplicación el Capítulo 3 del título II de los derechos colectivos y del ambiente, y específicamente el artículo 79, donde establece que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano” (Asamblea, 1991).

Conjuntamente, de la Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente), se acoge para el proyecto los artículos 178-179 y 180 del título I del suelo agrícola, referente a la parte VII de la tierra y los suelos; donde se señala que, el uso del suelo se debe realizar de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos. Adicionalmente, esta ley indica que se debe determinar su uso potencial y clasificación según los factores físicos, ecológicos y socioeconómicos de cada región (Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1974).

De igual forma indica, que el aprovechamiento del suelo debe efectuarse manteniendo su integridad física y su capacidad productora, lo cual es complementado con el deber de todos los habitantes de colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado del mismo (Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1974).

Seguidamente, serán descritos los contenidos de cada normativa que compete el segundo bloque y su ámbito de aplicación para el proyecto:

- 1. Política para la Gestión Sostenible del Suelo:** Promueve el manejo sostenible del suelo en Colombia, conservación de la biodiversidad, agua, aire, ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, contribuyendo al desarrollo sostenible y al bienestar de los colombianos. Además, incentiva al desarrollo sostenible del país tomando como referente el enfoque del crecimiento verde e incorpora antecedentes normativos, institucionales, aspectos conceptuales de la política, importancia de la gestión sostenible del suelo, un diagnóstico de la problemática, marco estratégico, plan de acción, seguimiento y evaluación. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

Además, presenta en el numeral 3.2.2 la importancia de la gestión sostenible del suelo en las políticas agropecuarias.

- 2. Ley 101 de 1993 y Decreto 1840 de 1994:** Asignan al Instituto Colombiano Agropecuario ICA las funciones del Ministerio de Agricultura en materia de

plaguicidas. El citado Decreto contempla, entre otras actividades el control y vigilancia epidemiológica en el uso y manejo de plaguicidas que ayuden a prevenir efectos nocivos en la salud, sanidad ambiental y vegetal, y el establecimiento de controles, tales como el concepto toxicológico y permiso de uso, que debe otorgar el Ministerio de Salud, y la Licencia de Venta que expide el ICA. (Congreso de la República,, 1993) & (Rural, 1994).

3. **Decreto 1449 de 1977:** Se reglamenta parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974, en donde se establecen normas para los propietarios de los predios rurales sobre la conservación de los recursos naturales renovables. Para el presente proyecto es aplicable el artículo 7 en relación con la protección y conservación de los suelos (Agricultura, 1977).
4. **Decreto 1843 de 1991:** Reglamenta la Ley 09 de 1.979 sobre uso y manejo de plaguicidas con el objeto de evitar que afecten la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal o causen deterioro al medio ambiente. Crea el Consejo Nacional y los Consejos Seccionales de Plaguicidas (Rural M. d., 1991).
5. **Decreto 1076 de 2015:** Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Para el proyecto, es aplicable el artículo 2.2.1.1.18.6, el cual establece entre las obligaciones de los propietarios de predios para la protección y conservación de suelos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).
6. **Resolución del ICA 3079 de 1995:** Por la cual se dictan disposiciones sobre la industria, comercio y aplicación de bioinsumos y productos afines, de abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo y productos afines; plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines (Agropecuaria, 1995).
7. **Resolución 0170 de 2009:** Por la cual se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional. Se acoge por tanto, el artículo 180 de la norma citada, donde las personas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, están obligadas a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación que se

determinen de acuerdo con las características regionales (Ministerio de Ambiente, 2009).

Además, se le asigna al Ministerio, la obligación de formular políticas y expedir normas directrices e impulsar planes, programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos (Ministerio de Ambiente, 2009).

8. **Acuerdo No. 020 de 2015:** Por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Granada-Meta adoptado mediante el acuerdo No 014 de 2011. Por tanto, se acoge el artículo 96 del capítulo 2 acerca de los lineamientos los usos Agropecuarios, en donde toma importancia el lineamiento (a) que incluye los usos tradicionales y el lineamiento (f) que incorpora los usos semi- intensivos (Granada, 2015).

Capítulo II. Metodología

Hipótesis

Este proyecto investigativo tuvo como objeto la evaluación de la calidad del suelo y para ello se consideran algunas variables, tales como: el potencial de hidrógeno (pH), la presencia de materia orgánica (MO), los macronutrientes presentes en el suelo (potasio y fósforo) y actividad biológica (cantidad de lombriz de tierra) en dos predios localizados en la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), con cobertura de cultivo de arroz y plátano. Esto con el fin de identificar si se presentan efectos sobre la calidad del suelo, producto del uso de agroquímicos en ambos sistemas productivos.

Para el desarrollo del proyecto, se realizó un análisis estadístico, mediante el uso del software *IBM SPSS Statistics*, el cual permitió el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson, efectuando una comparación entre un lote en estado de barbecho y los lotes ocupados con cultivos (arroz y plátano) respecto a los datos obtenidos en la toma de los parámetros químicos (pH, potasio, fósforo y materia orgánica), con el fin de identificar si existe diferencia en cuanto a índices de calidad propuestos para cada variable y así mismo se logre dar respuesta a las hipótesis planteadas:

(H₀): El uso de agroquímicos en las fases de desarrollo (vegetativa, reproductiva y madurez) de los cultivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta) no tienen efectos sobre los invertebrados (lombriz de tierra) y algunas propiedades químicas (pH, MO, P, K) del suelo en tiempo monomodal.

(H₁): El uso de agroquímicos en las fases de desarrollo (vegetativa, reproductiva y madurez) de los cultivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta) tiene efectos sobre los invertebrados (lombriz de tierra) y algunas propiedades químicas (pH, MO, P, K) del suelo en tiempo seco y lluvioso.

Objeto y variables de estudio

Este proyecto se basó en la evaluación de la calidad del suelo de dos sistemas productivos convencionales (cultivo de arroz y plátano) de dos predios pertenecientes a la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), seleccionados, a través de una serie de encuestas y entrevistas que permitieron identificar cuáles fueron los sistemas más representativos según el número de fincas que desarrollan esta actividad, de igual forma se seleccionaron los predios, teniendo en cuenta las fases de desarrollo del cultivo en el momento de realizar el estudio, llegando a la conclusión que la finca La montaña y la finca Pensilvania cumplían con los requisitos propuestos para la ejecución del proyecto.

La evaluación se realizó mediante la descripción de los cultivos y el área donde se desarrollaron, conociendo sus componentes, funciones y manejo, además del análisis de las variables químicas y biológicas seleccionadas (pH, K, P, MO y lombrices) por la representatividad que poseen, considerando que la acidez del suelo es uno de los principales factores que se deben tener en cuenta antes, durante y después de la instalación de cualquier cultivo, también se requiere de conocer los macronutrientes existentes en el suelo, en este caso potasio y fosforo, por los requerimientos nutricionales del tipo de siembra, para así mismo brindar las condiciones necesarias de desarrollo y lograr un producto óptimo. La materia orgánica presente en el suelo, es un parámetro que influye ampliamente sobre otras variables por tal motivo se tiene en cuenta para evaluar la calidad del suelo, por último, la presencia de lombrices de tierra sirve como indicador de contaminación del suelo por sustancias tóxicas. Cabe mencionar que dentro del estudio se analiza la textura del suelo con el fin de conocer la composición de este y observar si hay alguna influencia de esta en la pérdida de calidad.

Finalmente, estas en conjunto con la información recolectada, permiten determinar el grado de influencia que tiene la aplicación de agroquímicos sintéticos para el desarrollo de estas actividades de agricultura convencional en la pérdida de la calidad, sin embargo, es necesario resaltar que se tienen en cuenta las dos temporadas climáticas características de la región (húmeda y seca), permitiendo observar si estas influyen en los valores y resultados de las variables estudiadas. También se tiene en cuenta como referencia el estado en que se

encuentra un lote en barbecho para determinar así el nivel de afectación generado por estas actividades.

Para cumplir con lo anteriormente expuesto, se planteó la metodología dividida en tres fases, para así cumplir con los objetivos propuestos (Ver Figura 2).

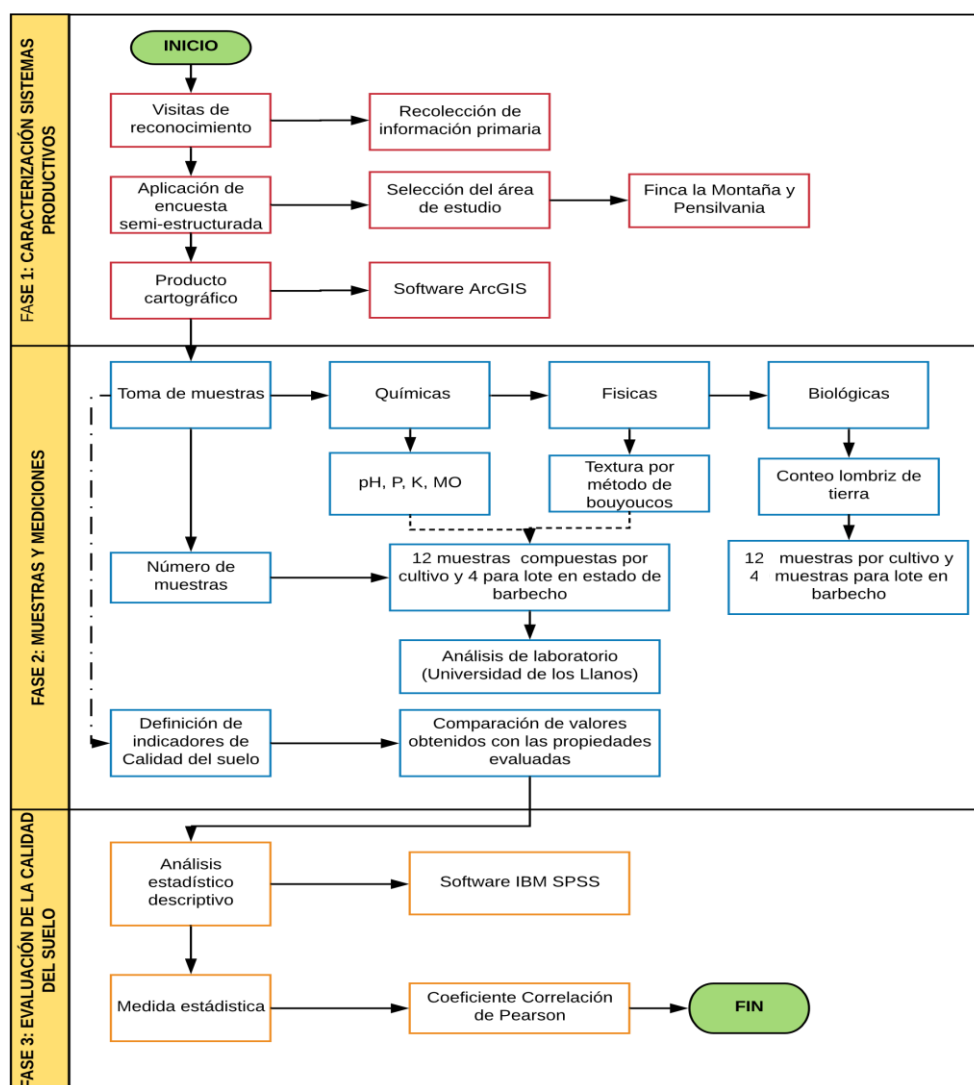


Figura 2. Diagrama metodológico de las fases propuestas, Adaptado de “Lucidchart”; por Medina & Vélez, 2018.

Fase1. Caracterización de los sistemas agrícolas

Con la finalidad de analizar y discutir los factores que influyen sobre la calidad del suelo impactado por las actividades agrícolas convencionales como la siembra de arroz y plátano, se llevó a cabo una descripción de la estructura, funcionamiento y manejo de los sistemas productivos, desarrollados en dos predios diferentes pertenecientes a la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta). De igual forma se identificaron los procesos individuales de los cultivos, las interacciones, procedimientos, instrumentos e insumos utilizados para el desarrollo de estos.

Para esta caracterización se recolectó información primaria a través de observación directa, por medio de visitas y entrevistas realizadas a 42 predios pertenecientes a la trocha cuatro del municipio de Granada, verificando la cantidad de hectáreas (ha) utilizadas para el desarrollo de cultivos de arroz y plátano. También se realizaron actividades de geoposicionamiento, registro fotográfico, descripción estructural de los predios escogidos para muestreo e identificación de las prácticas de manejo.

A fin de conocer el proceso relacionado con los instrumentos, asistencia técnica, herramientas y agroquímicos utilizados para el desarrollo de los sistemas productivos de cultivo de arroz y plátano, se ejecutaron encuestas semi- estructuradas (Gutiérrez & Fierro, 2006) (Ver formato, Anexo 1), como técnica de investigación social; diligenciadas personalmente a propietarios de los predios perteneciente a la trocha cuatro. También se recolectó información secundaria a partir de medios escritos y estudios similares a esta investigación; se consultó y recopiló información disponible en la biblioteca Agropecuaria De Colombia (BAC) y de los Planes de desarrollo de la Alcaldía municipal de Granada (Meta).

Estructura de los sistemas productivos

Para la descripción de los predios muestreados se tuvo en cuenta los elementos bióticos y abióticos que lo componen, distribución de área, ciclos de los cultivos y años de producción a través de recorridos en los predios muestreados, logrando así describir los componentes de

las fincas elegidas para su respectivo estudio, sus procedimientos y las actividades que de alguna forma pueden alterar la calidad del suelo.

Fase 2. Muestras y mediciones

La toma de muestras y mediciones en el suelo permitió la valoración y descripción de los parámetros químicos, biológicos y textura por bouyoucos, de los que se obtuvo información para la evaluación de la calidad del suelo en el desarrollo de cultivos de arroz y plátano.

Unidades de muestreo

Para la representación de los suelos utilizados en cultivos de arroz y plátano, se eligió como unidad de muestreo la finca La Montaña y Pensilvania, pertenecientes a la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), que presentaron las características necesarias para la realización de esta investigación (diferentes edades de manejo de cultivos de arroz, plátano y presencia de terreno en barbecho).

Con respecto al área sin cultivar, se seleccionó un lote en estado de barbecho ubicado dentro del predio Pensilvania (Ver Anexo 4), caracterizado por llevar aproximadamente dos años sin realizarse algún tipo de actividad agrícola.

Para los cultivos de arroz y plátano, se tomaron cuatro muestras compuestas, dos inicialmente que corresponden a la temporada lluviosa (Octubre-Noviembre) de la región y luego dos para la temporada seca (Diciembre-Enero), por fase de desarrollo (Fase vegetativa, fase reproductiva y fase de madurez), para un total de doce (12) muestras por cultivo, de igual forma se toman cuatro (4) muestras para el terreno en barbecho, dos (2) en temporada lluviosa y dos (2) en temporada seca; recolectando así en su totalidad veintiocho (28) muestras compuestas. En la siguiente tabla, se muestra el número de repeticiones de muestras para cada fase (Ver tabla 1).

Tabla 1.

Número de repeticiones de muestras en los sistemas productivos según su fase de desarrollo y en el terreno de barbecho.

Temporada	Actividad	Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Sin Fase
Seca	Cultivo de arroz	2	2	2	NA
	Cultivo de plátano	2	2	2	NA
	Terreno en barbecho	NA	NA	NA	2
Lluvia	Cultivo de arroz	2	2	2	NA
	Cultivo de plátano	2	2	2	NA
	Terreno en barbecho	NA	NA	NA	2

Nota. Los cuatro (4) muestreos de la zona sin cultivo se realizaron en un lote de Barbecho. Se aclara, que se encuentran repeticiones de muestreo en algunos de los lotes del cultivo (Ver Figura 6 & 12) debido a que estaban conformados por diferentes fases de desarrollo. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Forma de muestreo para los parámetros químicos

Una vez definidas las unidades de muestreo, se seleccionó una parcela de 45x45 metros y se tuvo en cuenta la información representada en la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4113-4/2007 del ítem 6.1 (ICONTEC, 2004) para determinar el número indicado de muestras compuestas.

De acuerdo a lo anterior, se eligió una muestra compuesta por cada unidad de muestreo y se realizaron diez (10) submuestras por cada muestra (compuesta), estas fueron tomadas aleatoriamente de acuerdo a los pasos de la guía de muestreo del IGAC (IGAC, 2013).

Las muestras se tomaron al azar en el interior de las parcelas (45x45m), eliminando con anterioridad la vegetación superficial con la ayuda de una pala y efectuando una excavación, aproximadamente de 20 cm de profundidad, para posteriormente extraer la muestra mediante un barreno (IGAC, 2013), como se observa en la figura 3.



Figura 3. Procedimiento a seguir para la obtención de una muestra compuesta. Adaptado de “IGAC, 2013”; por Medina & Vélez, 2018.

Luego de ser tomadas las diez (10) submuestras (100 gramos cada una) de cada unidad de muestreo, con una pala se procedió a mezclarlas en un recipiente limpio de todo residuo con el objetivo de homogeneizarlas en muestras compuestas con el peso de 1kg (IGAC, 2013). Esto con el fin de introducirlas en bolsas de polietileno de capacidad de medio litro para su posterior envío al laboratorio de suelos de la Universidad de los Llanos.

Forma De Muestreo Para La Actividad Biológica

Para la toma de muestras de actividad biológica en la trocha cuatro, se valoró la cantidad de lombriz de tierra (*Lumbricus Terrestris*) presentes en cada unidad de muestreo. Su medición se realizó en secciones de control de 50 cm de largo X 50 cm de profundidad, para proceder a contar el número de individuos directamente en campo.

Es importante mencionar que se tomaron 28 muestras compuestas en total, seleccionadas de las mismas unidades de muestreos y puntos de excavación que se eligieron para la toma de parámetros químicos. Al igual, estas fueron divididas en cuatro repeticiones, en donde se tomaron siete (7) muestras compuestas para cada repetición (1 por unidad de muestreo), teniendo en cuenta los tiempos monomodales de la región (temporada lluvia y seca).

En la temporada de sequía fue necesario utilizar una solución de agua con ají (2 litros) aplicada directamente al suelo, de esta manera se logró facilitar la movilidad de las lombrices, ya que el ají las irrita sin llegar a dañarlas, trasladándose hacia la parte superficial unos quince (15) minutos luego de la aplicación (Pérez, 2010).

Análisis de laboratorio

Las muestras compuestas tomadas para las propiedades químicas, se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad de los Llanos cuya caracterización, incluye: pH, potasio, fosforo y materia orgánica, además se tuvo el resultado de una variable física del suelo (textura). (Ver Anexo 6).

Tipos de análisis

Se ejecutaron tres tipos de análisis, inicialmente para las propiedades de orden químico luego las de orden biológico y por último la textura. A continuación, se muestran también los parámetros muestreados:

En la tabla 2, se presentan los parámetros químicos evaluados, la unidad y la descripción del indicador de calidad que se estableció para la evaluación de los parámetros químicos.

Tabla 2.

Parámetros, unidad e indicadores de calidad, relacionados a las propiedades químicas.

Parámetro	Unidad	Valores	Apreciación	Rango de calidad
pH		$\leq 4,5$	Extremadamente ácido	1-2
		4,6 - 5,5	Muy ácido	3-5
		5,6 - 6,0	Ácido	6-9
		6,1 - 7,3	Neutro (ideal)	10
		7,4 - 7,8	Alcalino	1-2
		7,9 - 8,4	Muy alcalino	3-5
		$\geq 8,5$	Extremadamente alcalino	6-9

Tabla 2. (Continuación)				
Potasio (cmol Kg⁻¹)	Meq/100g de Suelo	<0.10	Muy bajo	1-2
		0.10- 0.20	Bajo	3-4
		0.21 - 0.30	Moderado	5-6
		0.31 - 0.40	Alto	7-8
		>0.40	Muy alto	9-10
Fósforo (mg Kg⁻¹)	ppm	<10	Muy bajo	1-2
		10 - 20	Bajo	3-4
		20 - 30	Moderado	5-6
		30 - 40	Alto	7-8
		>40	Muy alto	9-10
Materia orgánica	%	1-1.75	Muy deficiente	1-2
		1.76-2.5	Deficiente	3-4
		2.6-4	Algo deficiente	5-6
		4.1-5	Normal	7-8
		5-8	Apreciable	9-10

Nota. Indicadores de calidad relacionados a las propiedades químicas. Adaptado de “Ortega, 1995”, “USDA, 1999”, “Pérez, 2010”; por Medina & Vélez, 2018.

A continuación, en la tabla 3, se ilustra la unidad y el método utilizado para el conteo de actividad biológica, muestreado directamente en campo, y la descripción del indicador de calidad que se estableció para la evaluación de este parámetro biológico.

Tabla 3.

Parámetros, unidad, método e indicadores de calidad, relacionados a esta propiedad biológica

Parámetro	Unidad	Método	Valores	Apreciación	Rango de calidad
Actividad Biológica del Suelo (invertebra dos y lombrices)	Individuos	Conteo de individuos en el suelo	0	Sin presencia	1
			≤4	Baja presencia	2-5
			5-7	Presencia moderada	6-8
			≥8	Alta presencia	9-10

Nota. Indicadores de calidad relacionados a las propiedades biológicas. Adaptado de “USDA, 1999”, “Pérez, 2010”; por Medina & Vélez, 2018.

Muestras y mediciones de la textura del suelo por Bouyoucos

La textura, como variable perteneciente a las propiedades físicas, se incluye dentro de los análisis realizados en el suelo, en donde se valoraron los porcentajes de arena, limo y arcilla; por medio del método Bouyoucos (laboratorio de la Universidad de los Llanos).

En la tabla 4, se presenta la unidad analizada en el laboratorio de la Universidad de los Llanos, y la descripción del indicador de calidad que se estableció para la evaluación de este parámetro físico.

Tabla 4.

Parámetros, unidad e indicadores de calidad, relacionados a esta propiedad física.

Parámetro	Unidad	Valores	Apreciación	Rango de calidad
Textura (% de arena, limo y arcilla)	% de arena, limo y arcilla	Franca	Ideal	10
		Franco arenosa	Buena	8-9
		Franco limosa, Franco arcillosa o Arenosa franca	Aceptable	4-7
		limosa, arcillosa o Arenosa	Regular	1-3

Nota. Indicadores de calidad relacionados a las propiedades físicas. Adaptado de “USDA, 1999”; por Medina & Vélez, 2018.

Fase 3. Análisis de datos

A partir de las muestras obtenidas de los lotes, se pudo caracterizar los diferentes suelos y conocer el estado de sus propiedades químicas (pH, MO, P, K), biológicas (lombriz de tierra) y la textura del suelo por Bouyoucos. Luego, se procedió a evaluar los lotes cultivados convencionalmente con arroz y plátano, en sus diferentes fases con base en una serie de valores estándar tomados como referencia de calidad (indicadores). Adicionalmente, se tuvo en cuenta los resultados obtenidos en el terreno en estado de barbecho, como referente comparativo sobre el efecto de las prácticas agrícolas convencionales, principalmente la aplicación de agroquímicos sintéticos, sobre la calidad del suelo en los predios estudiados.

La metodología planteada se apoyó según lo estipulado en el trabajo de grado “*Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico la estancia, Madrid, Cundinamarca, 2012.*” (Abi-Saab, 2012) Manejando indicadores para las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, en donde para cada indicador se listó una serie de valores o clases descriptivas (en el caso de las variables cualitativas) que representan posibles escenarios. A cada valor o clase se le asignó un rango de 1-10; siendo 1 el valor menos deseable y 10 el valor que representa la mayor calidad de los suelos. De esta forma los indicadores interpretan directamente la tendencia a la calidad (a mayor valor de rango representa mayor calidad del suelo) (Pérez, 2010). Sin embargo, esto no significa que los rangos se asignen en el orden creciente de los valores o clases descriptivas, ya que hay valoraciones lineales y no lineales.

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio e in-situ, se asignó un rango a todas las variables que se evaluaron. Los resultados se analizaron por medio de tablas, para cada sistema agrícola, teniendo en cuenta los valores obtenidos en las variables químicas, biológicas y textura y una para las variables del suelo en barbecho usado como referencia. Siendo siempre el valor ideal para la calidad de los suelos el número diez (10).

Índice de correlación de Pearson

Con la finalidad de complementar el análisis realizado a las bases de datos se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, que es un estadístico que proporciona información sobre la relación lineal existente entre dos variables. Básicamente, esta información se refiere a dos características de la relación lineal: la dirección o sentido y la cercanía o fuerza. Es importante notar que el uso del coeficiente de correlación sólo tiene sentido si la relación Bi-variada a analizar es del tipo lineal. Si ésta no fuera no lineal, el coeficiente de correlación sólo indicaría la ausencia de una relación lineal más no la ausencia de relación alguna. Debido a esto, muchas veces el coeficiente de correlación se define - de manera más general - como un instrumento estadístico que mide el grado de asociación lineal entre dos variables (Lahura, 2003).

El coeficiente de correlación de muestra, además de ser independiente de las unidades de medida de las variables, se caracteriza por tomar valores dentro del intervalo cerrado $[-1,1]$

Este coeficiente se aplicó para los resultados de las propiedades, químicas, biológicas y textura organoléptica de las muestras compuestas realizadas en los predios con actividad agrícola referente a cultivos de arroz y plátano, en relación a los resultados obtenidos en el terreno en estado de barbecho, para así, observar los posibles cambios en la calidad de los suelos afectados con agricultura convencional, y se asignara una descripción según el resultado.

Capítulo III. Resultados – Análisis

Caracterización de los sistemas productivos

Descripción trocha cuatro

La trocha cuatro ubicada en el municipio de Granada (Meta) con coordenadas 3°28'N y 73°44'W, está localizada en la vía que conduce al municipio de Lejanías. (Ver Figura 4). Esta trocha está conformada por 42 fincas que ocupan un área total de 257,6 ha.

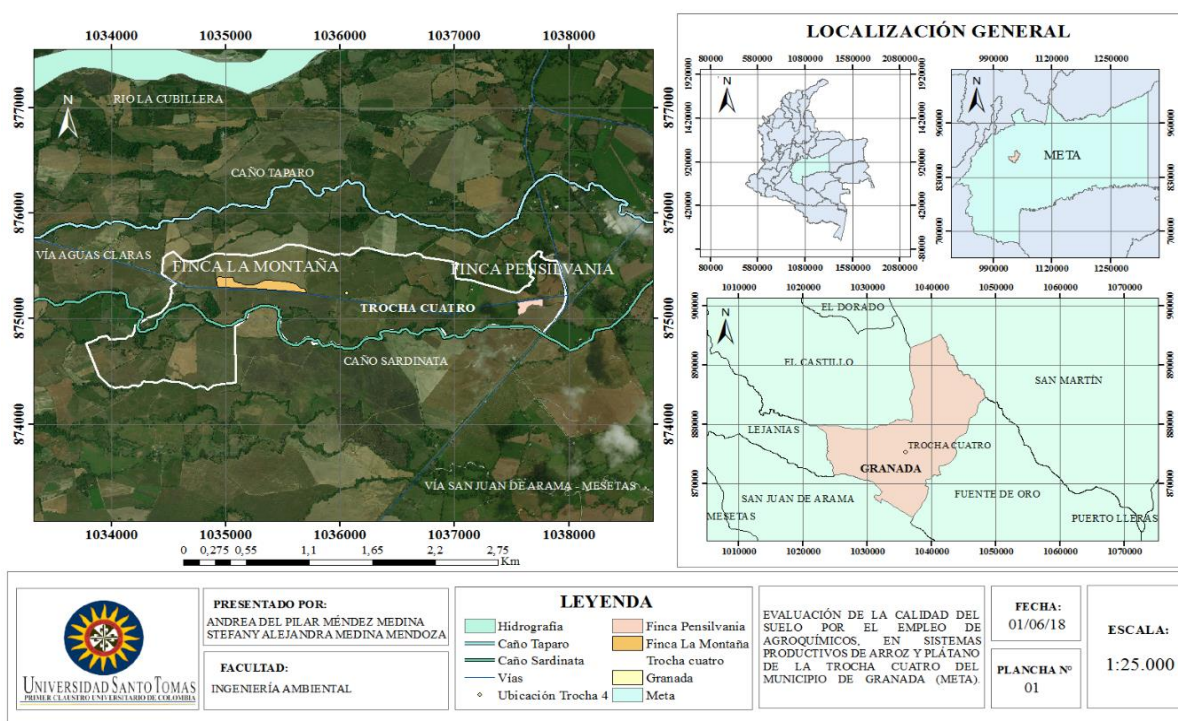


Figura 4. Ubicación Satelital de la Trocha Cuatro. Granada, Meta. Adaptado de “Software ArcGis 10.1 (licencia Universidad Santo Tomás)” ; por Medina & Vélez, 2018.

En el mes de septiembre de 2017, se elaboraron encuestas semi-estructuradas y visitas de campo en la trocha cuatro, para la caracterización del uso y manejo de agroquímicos como prácticas culturales de mantenimiento de cultivos. Donde se identificó baja cobertura de

bosque en los predios (Ver Figura 4), demostrando que la principal actividad económica de la trocha cuatro se centra en la producción agrícola.

De acuerdo a los resultados de las encuestas, se concluyó que los cultivos predominantes en la trocha cuatro, son el de arroz y plátano, estando presente dentro de los lotes el cultivo de arroz en 27 fincas y el de plátano en 20 fincas, con un tipo de producción tradicional en 17 fincas para el de arroz y en 15 fincas para el sistema productivo de plátano.

Los datos obtenidos de las encuestas mostraron que el tipo de producción que manejan los productores de cultivo de arroz y plátano de la trocha, en su mayoría es de tipo tradicional, con asistencia técnica acogida en solo 14 fincas, la cual destacó la ausencia de capacitaciones recibidas en los agricultores por parte de profesionales idóneos en el tema y una disposición de recibir capacitación del 78,57%, según los productores de los encuestados.

Teniendo en cuenta que la distribución de la producción agrícola correspondió a un área total de 28,97% (74,6 ha) para arroz y 21,90% (56,4 ha) para plátano. Las demás hectáreas (ha) estaban distribuidas de la siguiente manera: 14,75% (38 ha) para cultivo de cacao, 4,46% (11,5 ha) para papaya, 8,93% (23 ha) para maíz, 5,43% (14 ha) para maracuyá, 3,69% (9,5 ha) para área en infraestructura y 11,88% (30,6 ha) para barbecho (Ver tabla 5).

Tabla 5.

Distribución del área de la Trocha 4.

Distribución de Área	Porcentaje de Ocupación (%)	Total de Hectáreas
Infraestructura	3,69	9,5
Barbecho	11,88	30,6
Cultivos de Maracuyá	5,43	14
Cultivos de Maíz	8,93	23
Cultivos de Cacao	14,75	38
Cultivos de Papaya	4,46	11,5
Cultivos de Plátano	21,89	56,4
Cultivos de Arroz	28,96	74,6

Nota. Distribución del área de la trocha 4. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Con base a lo anterior, esta investigación se enfocó en la evaluación de la calidad del suelo impactado por los sistemas de producción agrícola basados exclusivamente en el desarrollo de cultivos de arroz y plátano, por ser los más representativos y a la vez quienes requieren un uso intensificado de agroquímicos, causando mayor degradación sobre este recurso (SIID, 2011).

En relación, a los resultados obtenidos de las encuestas a los agricultores, se identificó que en 24 de las 42 fincas entrevistadas, no hay presencia de lombriz de tierra en los suelos donde se desarrollan los cultivos, lo que afirma una *“baja fertilidad del suelo, posiblemente causada por la alta aplicación de agroquímicos sintéticos, ya que estos organismos no son tolerantes a estas sustancias”* (Pérez, 2010). Sin embargo, en 18 predios la presencia de lombrices es moderada.

Teniendo en cuenta estas condiciones, se seleccionaron como sistemas de producción el cultivo de arroz y plátano, y se eligieron dos predios específicos que cumplen con los requerimientos necesarios (diferentes edades de manejo de cultivos) para los estudios pertinentes de la evaluación de la calidad del suelo impactado por la utilización de agroquímicos sintéticos.

En el anexo 5, se exponen los resultados de las encuestas semi-estructuradas, que fueron procesadas mediante la herramienta Microsoft Excel 2018, realizadas a los predios pertenecientes a la trocha cuatro, donde se especifican los agroquímicos y dosis utilizadas para el cuidado y desarrollo de los cultivos de arroz y plátano; se muestra el tipo de producción utilizado en cada uno de los cultivos de los dos predios muestreados, para reconocer el manejo que se le dan a los sistemas productivo y también se encuentra la distribución en hectáreas de cada finca que conforma la trocha cuatro, teniendo en cuenta los resultados de las encuestas, se estableció el número de hectáreas cultivadas con arroz y plátano, con el propósito de proyectar el resultado obtenido, en la evaluación sobre los predios inmersos, que cultivan actualmente arroz y plátano en la trocha cuatro, esto teniendo en cuenta que las prácticas agrícolas son repetitivas y comunes.

A continuación, en la figura 5 se evidencia la aplicación de la encuesta a los predios seleccionados como objeto de estudio.



Figura 5. Elaboración de encuesta y entrevista de izquierda a derecha a propietarios de los predios La Montaña y Pensilvania. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Descripción predios muestreados

Finca La Montaña

La finca La Montaña está localizada dentro de la Trocha Cuatro del municipio de Granada (Meta), durante diez (10) años el suelo de este predio ha sido utilizado para actividades agrícolas con breves periodos de descanso. El área de esta finca está distribuida, en nueve (9) lotes, en seis (6) de estos se desarrolla la principal actividad económica del predio, basada en el cultivo convencional de arroz de secano, desarrollado durante un periodo de tiempo de diez años, dos (2) lotes están en estado de barbecho desde aproximadamente dos años y 1 lote destinado en área de infraestructura (Ver tabla 6).

Tabla 6. Descripción de los lotes que componen la Finca La Montaña.

Lote	Área (ha)	Descripción
Lote 1	1,87	Cultivo de arroz
Lote 2	1,12	Cultivo de arroz
Lote 3	0,42	Cultivo de arroz
Lote 4	0,85	Cultivo de arroz
Lote 5	0,16	Cultivo de arroz
Lote 6	0,07	Cultivo de arroz
Lote 7	0,446	Barbecho

Tabla 6. (Continuación)

Lote 8	0,142	Barbecho
Lote 9	0,12	Domicilio

Nota. Descripción de los lotes que componen la finca la Montaña. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

En la figura 6, se muestra el mapa con la distribución de los lotes de la finca La Montaña.

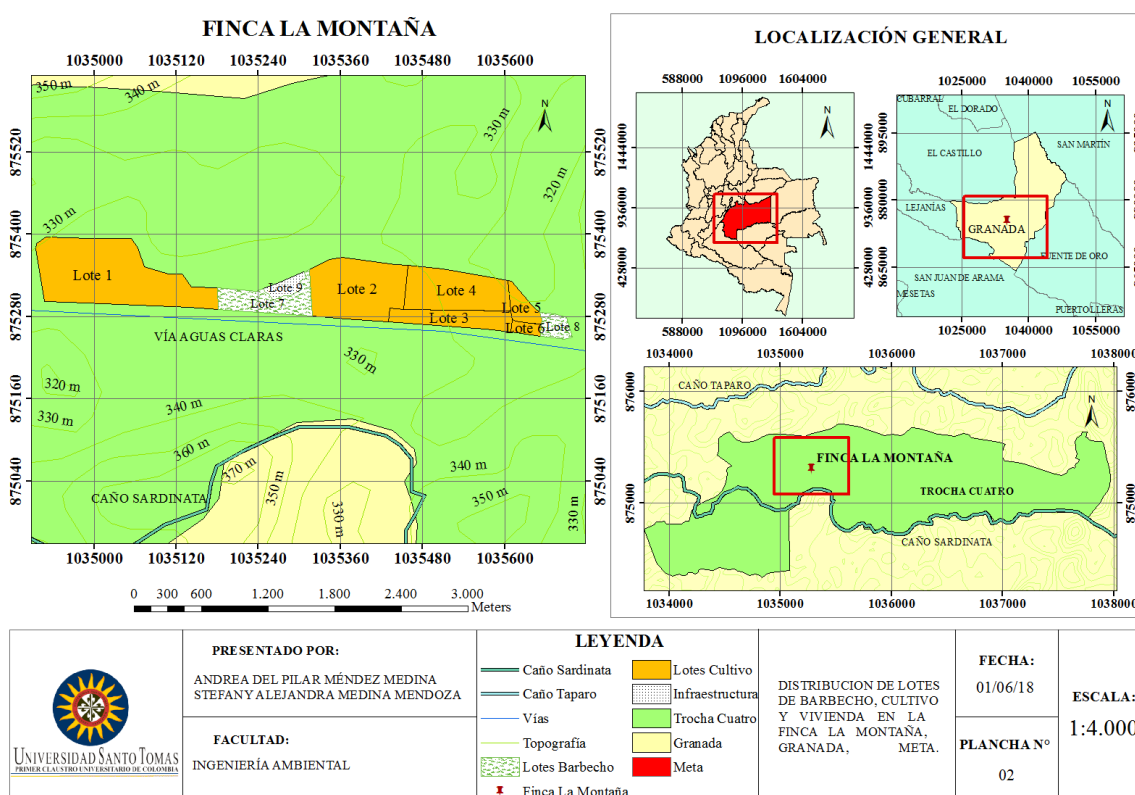


Figura 6. Distribución de lotes de barbecho, cultivo y vivienda en la Finca La Montaña de la Trocha Cuatro. Adaptado de “Software ArcGis 10.1 (licencia Universidad Santo Tomás)”;

por Medina & Vélez, 2018.

Por último, en las siguientes imágenes, se presenta el momento en que se realiza la encuesta al propietario de este predio, previo y durante las tres fases de producción (vegetativa, reproductiva y madurez) para el cultivo de arroz.



Figura 7. Fase vegetativa, reproductiva y de madurez de cultivo de arroz presente en la finca La Montaña. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Teniendo en cuenta la importancia de cada fase observadas en la figura 7 y la necesidad de que el cultivo, de frutos de alta calidad, los agricultores o encargados, aplican diferentes agroquímicos sintéticos en las etapas de desarrollo con el fin de alcanzar el máximo rendimiento y brindar las mejores condiciones al suelo para la nutrición y cuidado de las especies cultivadas.

Así mismo, se llevan a cabo un control de arvenses desde el momento de preparar el suelo (arar), son triturados e incorporados al suelo. Durante las tres etapas del cultivo hacen limpiezas manuales en caso de ser necesario.

Agroquímicos sintéticos utilizados para el desarrollo del cultivo de arroz: Como seguimiento a lo ya antes mencionado, se describe el proceso de aplicación de agroquímicos sintéticos durante las etapas de crecimiento del cultivo. A continuación, en la tabla 7, se exponen los procedimientos y la fase a la que pertenecen, junto con los días de duración de la aplicación.

Tabla 7.

Dosis de Agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz teniendo en cuenta su fase y procedimiento.

Fase	Procedimiento	Clasificación	Dosis	Unidades	Tiempo (días)
Vegetativa	Preemergente	Herbicida	1,2-6	L/ha	8
		Insecticida	0,3		
	Postemergente	Herbicida	0,12-5	L/ha	10

Tabla 7. (Continuación)

	Abonada	Fertilizante	50	Kg/ha	30-60
Reproductiva	Aplicación por enfermedad	Fungicida	0,5	L/ha	45-52
		Insecticida	1		
		Herbicida	0,3		
	Fumigación	Fungicida	0,6-1	L/ha	70
		Insecticida	1		
Madurez	Primera espiga	Fungicida	0,9	L/ha	85
		Insecticida	1		
	Segunda espiga	Fungicida	0,5-0,6	L/ha	91
		Insecticida	1		

Nota. Dosis de Agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz teniendo en cuenta su fase y procedimiento. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Dosificación de agroquímicos utilizados en los cultivos de arroz de la finca La Montaña: Para tal efecto, se exponen las dosis de los agroquímicos utilizados según su clasificación y el procedimiento en que es aplicado. Por tanto, a continuación, en la figura 8 se ilustran las cantidades de fertilizantes (Kg/ha), utilizados por los agricultores en el cultivo de arroz, junto con las dosis comerciales sugeridas.

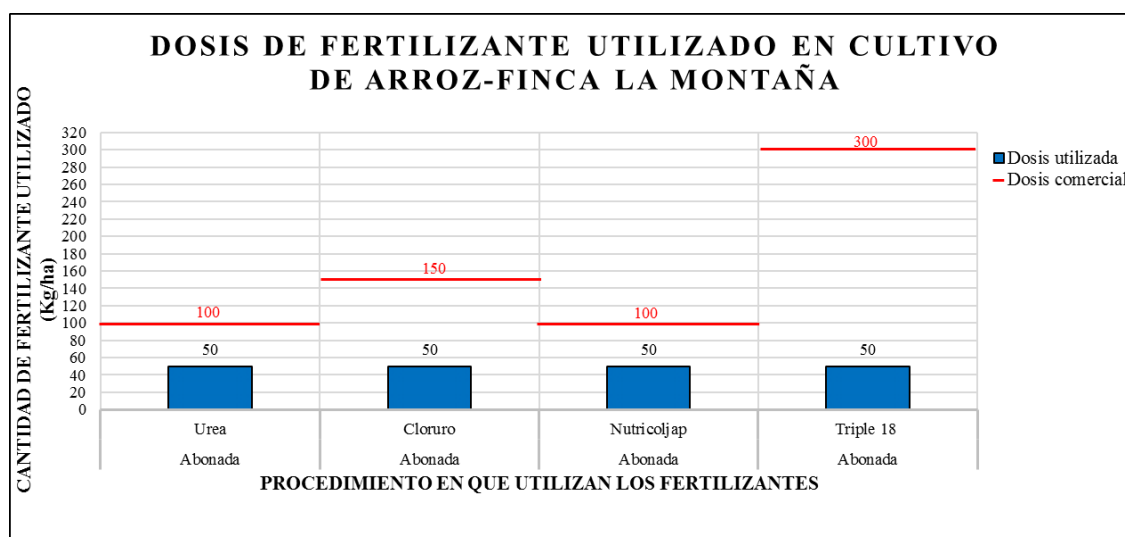


Figura 8. Dosificación de fertilizantes para el cultivo de arroz en cada procedimiento. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

En la figura 9, se presenta la cantidad de herbicidas (L/ha) utilizados por los agricultores en el desarrollo de este cultivo.

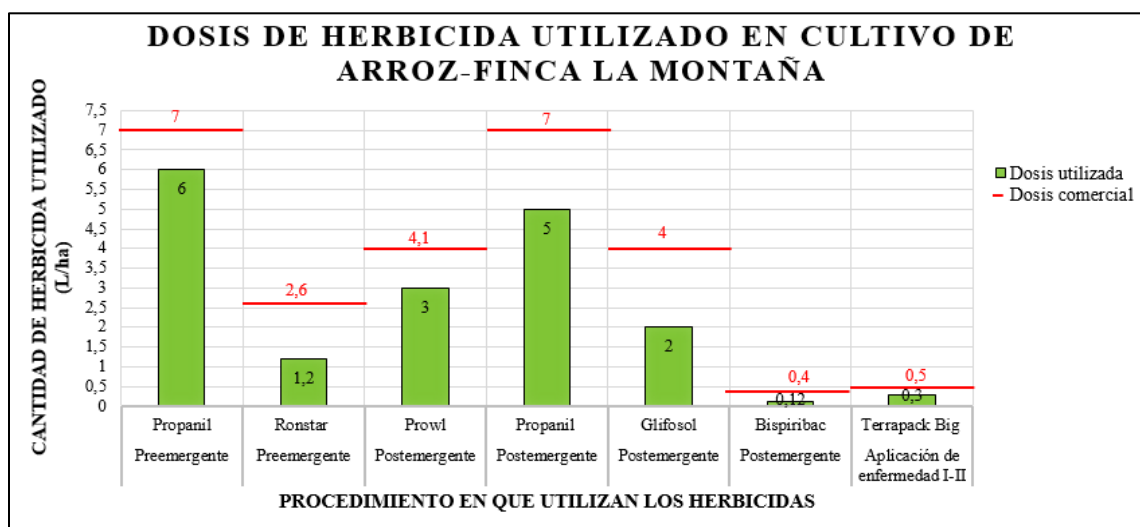


Figura 9. Dosificación de herbicidas para el cultivo de arroz en cada procedimiento. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

En la figura 10, se muestra los agroquímicos y la cantidad de fungicidas (L/ha) aplicados, sobre el cultivo de arroz suministrado por el agricultor a cargo.

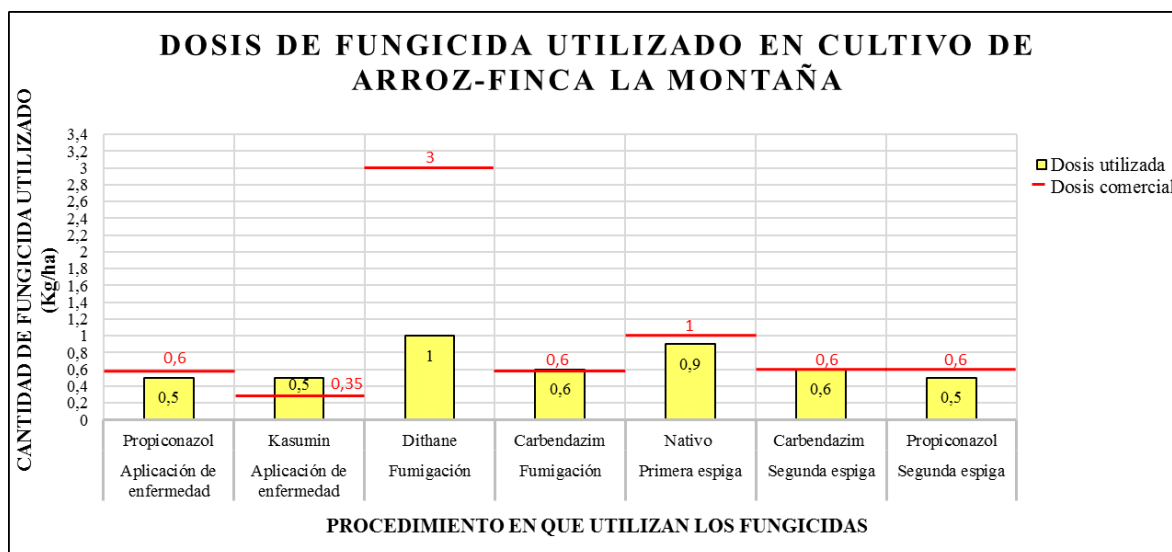


Figura 10. Dosificación de fungicidas para el cultivo de arroz en cada procedimiento. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

Por último, en la figura 11 se representa gráficamente los insecticidas (L/ha) y la cantidad utilizada en el cultivo de arroz.

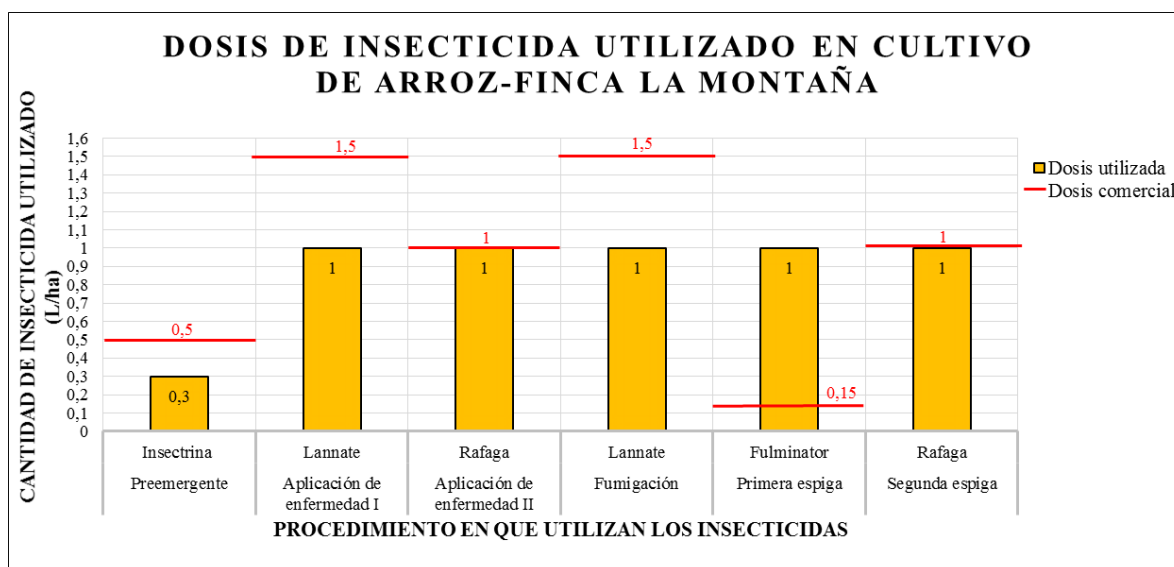


Figura 11. Dosificación de insecticidas para el cultivo de arroz en cada procedimiento. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

En las figuras anteriores, se observó que la dosificación de agroquímicos manejada en los procesos que acompañan el ciclo de desarrollo del cultivo de arroz, se realiza bajo las dosis recomendadas por las casas comerciales que venden agroquímicos, ejemplo: Fedearroz, SummitAgro, InsuAgro, DVA Agro y Nufarm., sin embargo en la aplicación del fungicida Kasumin para enfermedades fúngicas, sobrepasa la dosis, al igual que el insecticida Fulminator en la aplicación de la formación de la primera espiga, aumentando las posibilidades de superar los niveles de toxicidad que puede soportar el suelo y su biota.

Finca Pensilvania

La finca Pensilvania está localizada dentro de la Trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), el área de esta finca está distribuida por hectáreas (has) de seis (6) lotes, en cuatro (4) de estos se desarrolla la principal actividad económica del predio, basada en el cultivo convencional de plátano desarrollado durante un periodo de tiempo de cinco años, 1 lote en estado de barbecho desde hace dos años y por último un lote destinado a servicio de

infraestructura (Ver tabla 8). No existen fuentes hídricas cercanas al predio, al igual que en la finca La Montaña.

Tabla 8.

Descripción de los lotes que componen la Finca Pensilvania.

Lote	Área (ha)	Descripción
Lote 1	0,41	Cultivo de plátano
Lote 2	0,24	Cultivo de plátano
Lote 3	0,33	Cultivo de plátano
Lote 4	0,25	Cultivo de plátano
Lote 5	0,12	Barbecho
Lote 6	0,3	Infraestructura

Nota. Descripción de los lotes que componen la Finca Pensilvania. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

A continuación, se muestra el mapa (Figura 12) con la distribución de los lotes de la finca Pensilvania.

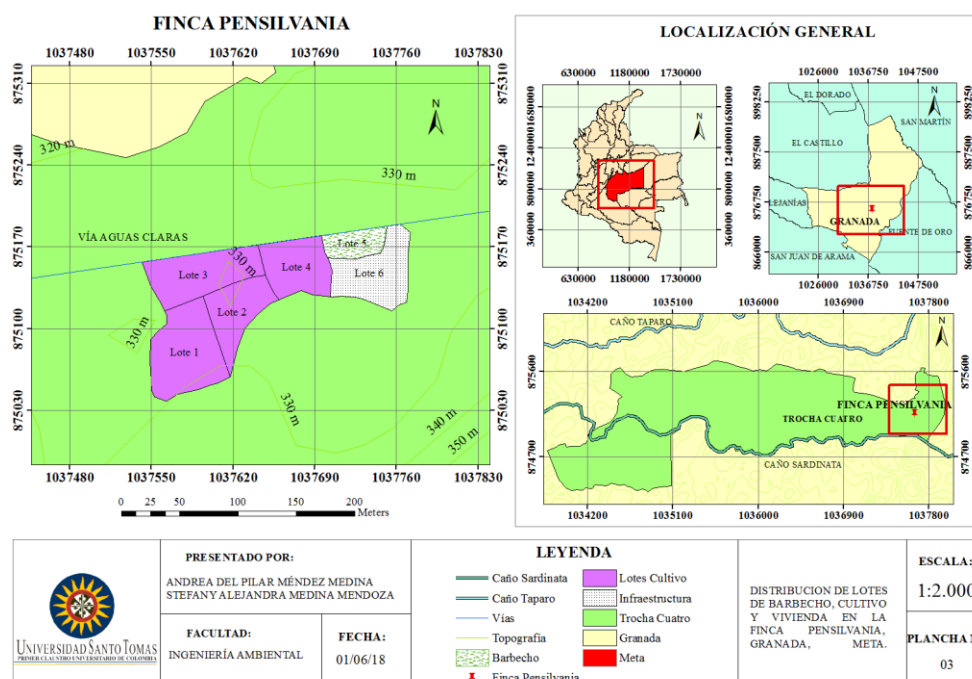


Figura 12. Distribución de lotes de barbecho, cultivos y vivienda en la Finca Pensilvania de la Trocha Cuatro. Granada, Meta. Adaptado de “Software ArcGis 10.1”; por Medina & Vélez, 2018.

Es importante mencionar que, en esta finca, antes del desarrollo del cultivo de plátano, se sembraron diferentes cultivos transitorios que en su momento generaron un impacto negativo sobre el recurso suelo. Otro aspecto que es necesario resaltar, es que a través de observación directa se identificó que cerca al domicilio, existe una caseta donde el propietario de la finca conserva y prepara los agroquímicos requeridos para el cultivo.

Durante las visitas realizadas, se observó que los propietarios manejan este sistema productivo de forma tradicional y convencional, sin la aplicación de medidas técnicas, que generan impactos negativos en el recurso.

A continuación, se ilustra la figura 13, correspondiente a las tres fases presentes en el cultivo de plátano.

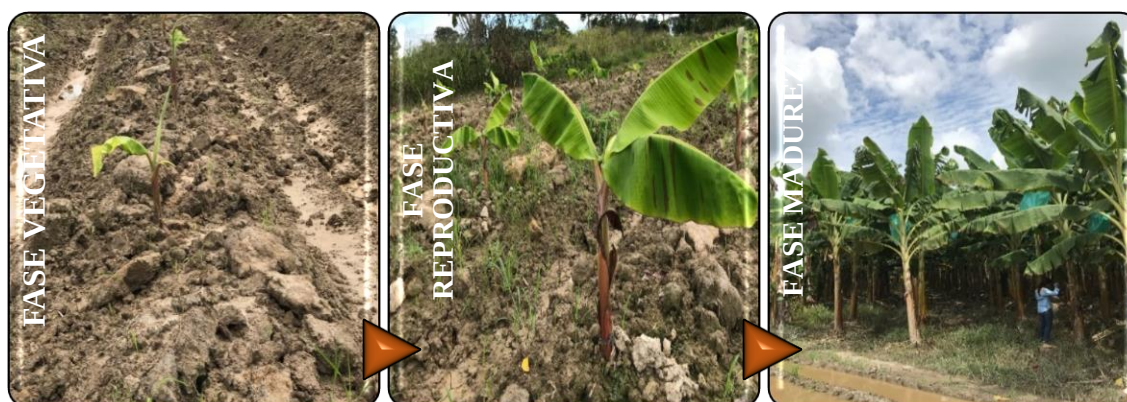


Figura 13. Fase vegetativa, reproductiva y de madurez de cultivo de plátano presente en la finca Pensilvania. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Agroquímicos sintéticos utilizados para el desarrollo del cultivo de plátano: Por lo tanto, se describe el proceso de aplicación de agroquímicos sintéticos durante las etapas de crecimiento del cultivo de plátano. (Ver tabla 9).

Tabla 9.

Dosis de Agroquímicos utilizados en el cultivo de plátano teniendo en cuenta su fase y procedimiento.

EN LA	Procedimiento	Clasificación	Dosis	Unidades	Tiempo (días)
Vegetativa Reproductiva Madurez	Fumigación	Herbicida	0,6	L/ha	10-300
		Fungicida	0,5-0,7		
		Fungicida	1	Kg/ha	

Tabla 9. (Continuación)

Reproductiva	Abonada	Herbicida	0,5-2	L/ha	30-60
		Fertilizante	150-250	Kg/ha	
Vegetativa					
Reproductiva	Persistencia	Herbicida	1	L/ha	0-300
Madurez					

Nota. Dosis de Agroquímicos utilizados en el cultivo de plátano teniendo en cuenta su fase y procedimiento. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

En cuanto a la eliminación de arvenses del cultivo, los agricultores la realizan dos veces durante el ciclo del sistema productivo del plátano, una en el momento de preparar el terreno y otra al inicio de la fase reproductiva del plátano.

Dosificación de agroquímicos utilizados en los cultivos de plátano de la finca Pensilvania: Las dosis de los agroquímicos utilizados según su clasificación y el procedimiento en que es aplicado se presentan en la figura 14, donde se muestra la cantidad de dosis de fertilizante en kilogramos por hectárea utilizado en el cultivo de plátano.

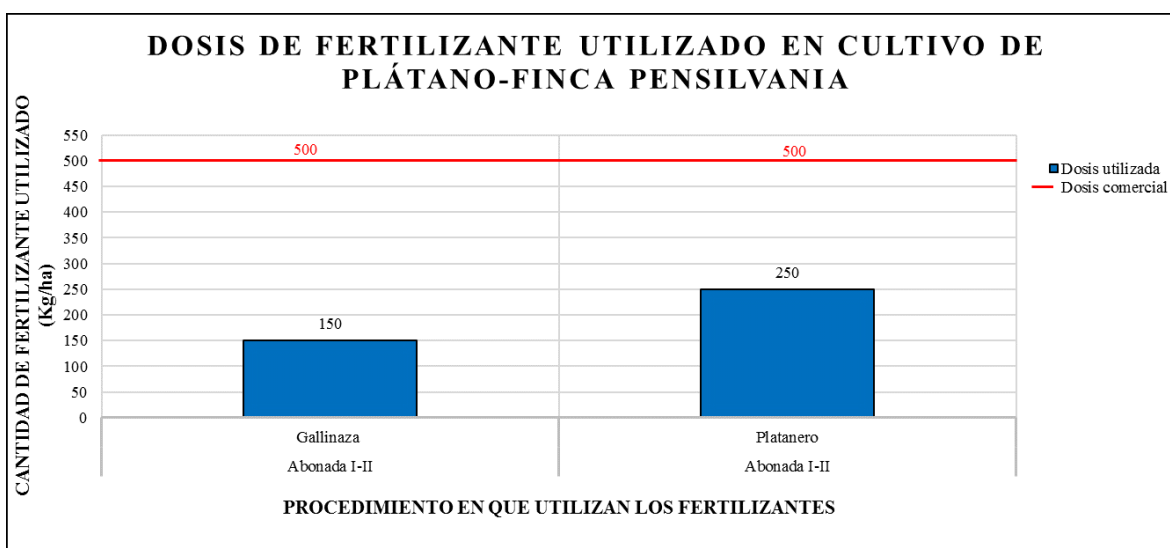


Figura 14. Dosificación de fertilizantes para el cultivo de plátano en cada procedimiento. Adaptado de “Software Excel, 2018”; Fuente: Autores, 2018.

A continuación, en la figura 15, se presenta la cantidad de herbicidas en litros por hectárea utilizados por los agricultores en el desarrollo de este cultivo.

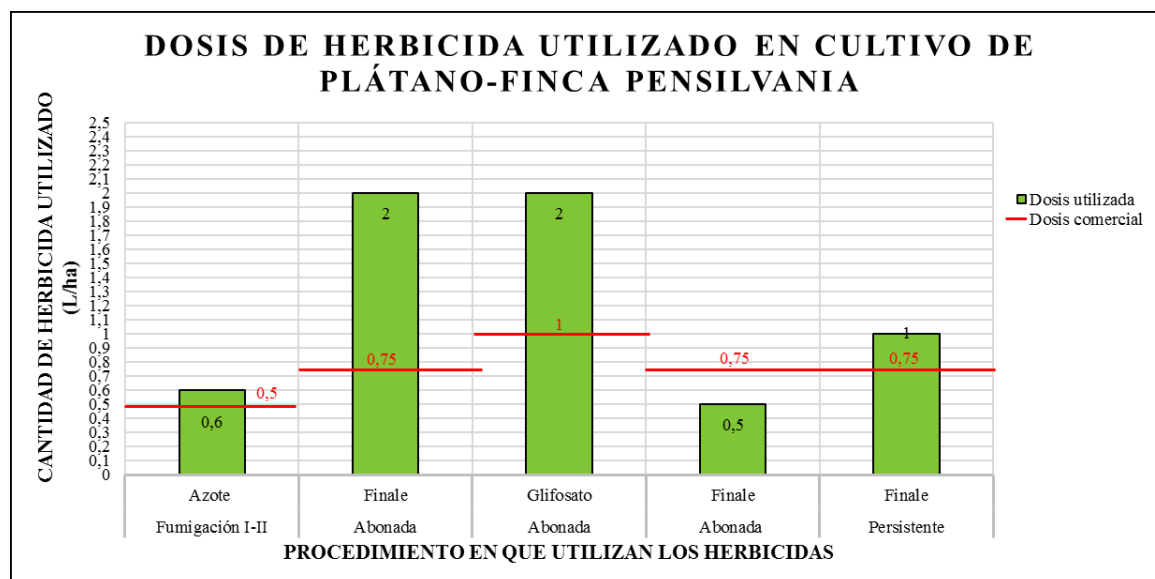


Figura 15. Dosificación de herbicidas para el cultivo de plátano en cada procedimiento. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

Seguidamente, se ilustra en la figura 16, la cantidad de fungicidas en litros por hectárea utilizados por los agricultores en el desarrollo de este cultivo.

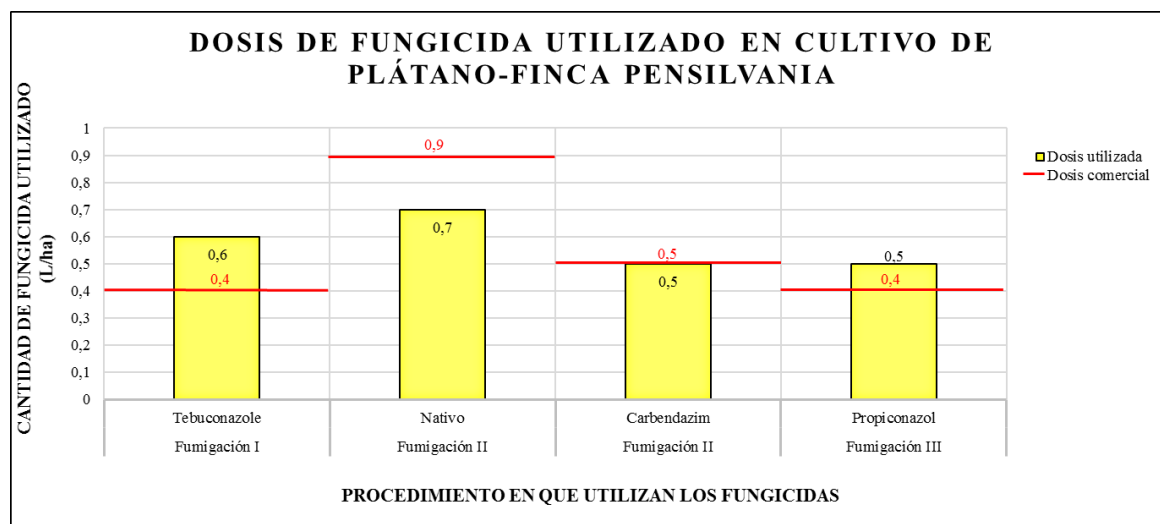


Figura 16. Dosificación de fungicidas en Litros para el cultivo de plátano de cada procedimiento. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

Por último, se presentan en la figura 17, la cantidad de fungicidas utilizados, pero esta vez en kilogramos por hectárea.

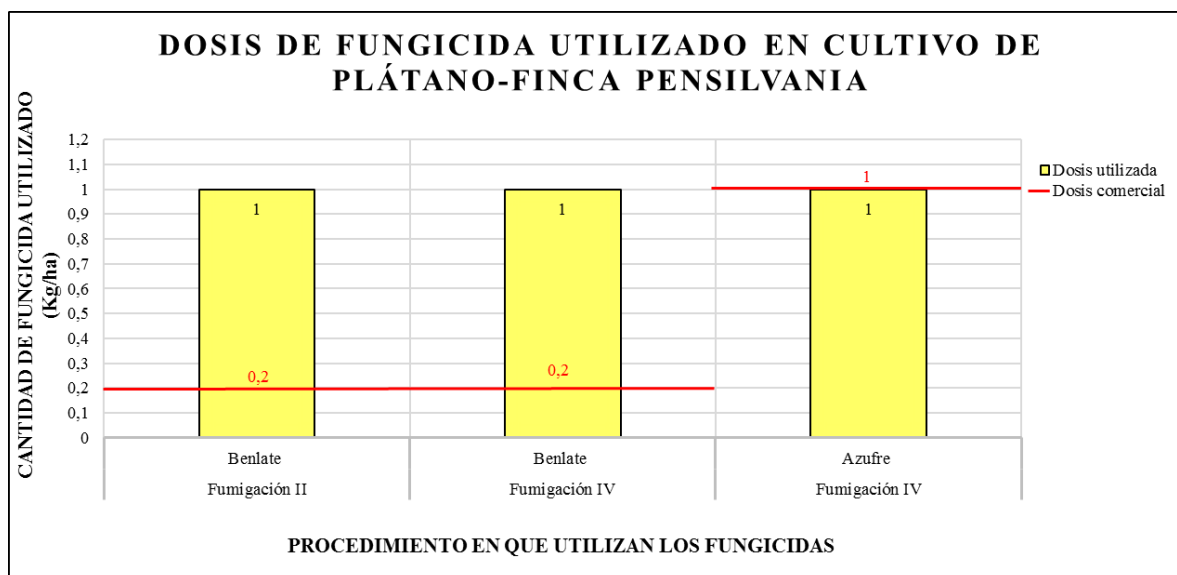


Figura 17. Dosificación de fungicidas en Masa (Kg) para el cultivo de plátano en cada procedimiento. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

Teniendo en cuenta la información brindada referente a la cantidad de agroquímicos utilizados en los diferentes procesos para el desarrollo de ese cultivo, se evidencia que la dosificación de agroquímicos utilizada en los procedimientos del ciclo de desarrollo del cultivo de plátano hartón, se sobrepasa con respecto al valor de dosis comercial recomendada en los procedimientos de abonada (se exceden la dosis para el Glifosato y Finale), en la fumigación I (se exceden la dosis azote y Tecubonazole), en la fumigación II (se exceden la dosis azote y benlate), en las fumigación III (se exceden la dosis en propiconazol), en la fumigación IV (se exceden la dosis Benlate) y finalmente en los usos persistentes del herbicida Finale, debido a que sobrepasa las dosis cada 30 días ya que este agroquímico se aplica durante todo el ciclo.

A pesar que el suelo tiene una alta capacidad para asimilar diferentes sustancias toxicas, pero la aplicación excesiva de estos agroquímicos, han sobrepasado la dosis recomendada aumentando el nivel de toxicidad del suelo y genera alteraciones en su composición, lo cual puede afectar gravemente a la biota y microbiota presente en este.

Análisis de las propiedades químicas y biológicas

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio realizadas a las muestras compuestas tomadas en cada una de las parcelas estándar, correspondientes a los diferentes estados, cultivos y del lote en estado de barbecho en los dos predios seleccionados. Los resultados se presentan teniendo en cuenta la fase de crecimiento (vegetativa, reproductiva y madurez) y en el caso del suelo sin intervención se presentan en una sola etapa.

Los datos son analizados individualmente según la propiedad; química (pH, potasio, fósforo, materia orgánica), biológica (cantidad de lombrices) y física, según sea la temporada climática en que se tomó la muestra (húmeda y seca), la fase de crecimiento y el uso del suelo.

Así mismo, algunas de las propiedades químicas y biológicas se evaluaron cualitativamente por medio de los indicadores establecidos en la metodología, con el fin de conocer los efectos que tiene el desarrollo de estos sistemas de producción agrícola convencional sobre la calidad del suelo. Obteniendo un resultado que expresa el rango de calidad en el que se encuentra el suelo, según los datos registrados en los análisis de cada uno de los parámetros evaluados.

Por último, se aplica como medida estadística de relación lineal, el índice de correlación de Pearson, en donde se evalúan las correlaciones entre los resultados de cada parámetro químico y biológico de las muestras de suelo analizadas en el cultivo de arroz y plátano y los resultados producto del análisis del suelo en estado de barbecho, buscando identificar el impacto de la aplicación de agroquímicos sintéticos durante los procesos de desarrollo de estos sistemas productivos, en la calidad del suelo.

Análisis de resultados del lote en estado de barbecho

Previo al análisis de los resultados obtenidos en los dos cultivos en estudio, se presentan en la tabla 10, los resultados de los análisis de las variables del terreno en barbecho evaluados en la finca Pensilvania, con el fin de reconocer el estado del suelo cuando no está siendo intervenido ni utilizado para el desarrollo de actividades agrícolas y así poder contrastar los datos obtenidos en los cultivos con los datos de este terreno e identificar el nivel de afectación, a su vez se evalúan estos valores con los estándares definidos en los indicadores para conocer de igual forma la calidad del suelo en este lote.

Tabla 10.

Resultados obtenidos en el terreno en estado de barbecho y rangos de calidad según estándares definidos en los indicadores.

Temporada	Húmeda				Seca			
Nª Muestra	1		2		3		4	
Parámetro/ Valores	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad	Valor	Calidad
pH	5,5	5	5	5	5,5	5	5,5	5
K	0,13	3	0,23	5	0,1	3	0,12	3
P	2,9	1	36,2	.8	16,3	4	15,1	4
Mo	1,2	1	2	3	1,4	2	1,6	2
Lombrices	22	10	18	10	27	10	22	10
Textura	F	10	FArA	6	F	10	F	10

Nota. Resultados obtenidos en el terreno en estado de barbecho y rangos de calidad según estándares definidos en los indicadores. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Según la evaluación realizada con los indicadores, la calidad del suelo en estado de barbecho no es buena, teniendo en cuenta que presenta un pH muy ácido, baja y moderada presencia de potasio y fósforo y deficiencias en el porcentaje de materia orgánica. Sin

embargo, al no desarrollarse actividades agrícolas se encuentra alta presencia de lombrices y un suelo con una textura casi ideal.

Análisis de resultados en el cultivo de arroz

Partiendo de los resultados obtenidos en los estudios realizados al suelo cultivado con arroz, se evalúa el comportamiento de cada parámetro teniendo en cuenta la variabilidad de los datos, los indicadores establecidos en la metodología y el índice de correlación de Pearson.

Parámetros químicos

Potencial de hidrogeno (pH).

En la tabla 11, se presentan los valores de pH registrados en las etapas de desarrollo, temporadas climáticas y rango de calidad al evaluarse con el indicador.

Tabla 11.

Valores de pH y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido.

Fase	Temporada	N° de Muestra	(pH)	Rango de calidad
Vegetativa	Húmeda	1	5,3	4
		2	5,2	4
	Seca	3	6	9
		4	5,5	5
Reproductiva	Húmeda	1	5,7	6
		2	5,1	4
	Seca	3	5,5	5
		4	5,4	5
Madurez	Húmeda	1	5,7	6
		2	5	4
	Seca	3	6,2	10
		4	6	9

Nota: Valores de pH, resultado del análisis químico del suelo cultivado con arroz. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Con respecto a los valores obtenidos en los muestreos, se identificó que los valores mínimos de pH se presentaron en temporada húmeda en todas las fases de crecimiento y los valores máximos se presentaron en temporada seca en dos de las tres fases. Es decir, que *“el suelo puede llegar a ser más ácido en temporada lluviosa, debido a la alta concentración de Aluminio en el complejo de cambio, cuya hidrólisis produce iones H^+ , asociado a una pérdida de cationes básicos por lixiviación”* (Ansorena, 1995).

El valor mínimo registrado fue de 5 en la escala del pH, presentado en la fase de madurez en temporada húmeda, y el valor máximo fue 6 en la fase vegetativa y madurez en temporada seca. Teniendo en cuenta estos valores y los resultados obtenidos para este parámetro en el terreno en barbecho, se observa un leve incremento causado por el adicionamiento de carbonatos de calcio que permiten mejorar las condiciones de calidad del suelo para el desarrollo de este cultivo, que requiere un nivel de pH más neutro; cabe mencionar, que el suelo del piedemonte llanero se caracteriza por ser ácido, requiriendo un tratamiento especial.

Seguidamente, esta propiedad química de la cual dependen distintas características del suelo, arrojo como resultado en la evaluación con su respectivo indicador, que el 58.3% de los datos presentan un pH muy ácido, 33,33% un pH ácido y 8,33 presenta un pH neutro (según la apreciación asignada) que sería el ideal para el adecuado crecimiento de este cultivo, esto debido a que la disponibilidad de nutrientes para la planta está estrechamente relacionada con el pH (Ansorena, 1995; Ortega, 1995; López A. , 2005).

Teniendo en cuenta, los resultados obtenidos en la evaluación de esta propiedad, se encontró que este parámetro en este sistema de producción agrícola convencional está en un rango de calidad promedio de 5,91, que se considera bajo, requiriendo así la adición de sustancias químicas en el suelo para buscar un rango ideal, que, aunque permiten un mejor desarrollo del cultivo pero inician la degradación de este recurso, así como se concluye en un estudio de caracterización de la fertilidad química, realizado en el año 2017 en sistemas productivos de la altillanura plana del Meta, ya que se tuvo como resultado que la acidez tuvo mayor capacidad discriminatória (Delgado, Rangel, & Silva, 2017).

Índice de correlación de Pearson

Este índice permite conocer la relación estadística entre los resultados obtenidos de pH de las muestras tomadas en el cultivo de arroz, con respecto a las muestras tomadas en el área no cultivada, con el fin de comparar y observar los cambios causados por la aplicación de agroquímicos para el desarrollo de estas actividades agrícolas.

Tabla 12.

Índice de correlación de Pearson del cultivo de arroz en relación al terreno en barbecho para el pH.

PH-CORRELACIÓN DE PEARSON CULTIVO DE ARROZ VS TERRENO EN BARBECHO					
		Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho
Fase Vegetativa	Pearson*	1	,300	,820	,562
	N	4	4	4	4
Fase Reproductiva	Pearson*	,300	1	,654	,867
	N	4	4	4	4
Fase Madurez	Pearson*	,820	,654	1	,920
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	,562	,867	,920	1
	N	4	4	4	4

Nota: Pearson*= Correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

En relación a los valores obtenidos en la tabla 12, en el índice de correlación de Pearson para el cultivo de arroz, en la etapa vegetativa el resultado corresponde a una correlación positiva media, mientras que en la reproductiva y madurez se identifica una correlación positiva considerable y positiva muy fuerte respectivamente. Estas variaciones en el valor del índice, pueden ser causadas por la influencia del agricultor al aplicar agroquímicos que permitan la neutralización del pH para mejorar las condiciones del suelo, teniendo en cuenta que el pH en el terreno en barbecho está en un rango de 5 a 5,5 es decir que es un suelo muy ácido.

Potasio (K).

En la tabla 13, se exponen los resultados de potasio obtenidos de los muestreos y rango de calidad al evaluarse con el indicador.

Tabla 13.

Valores de Potasio y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido.

Fase	Temporada	N° de Muestra	<u>Meq/100g</u> <u>suelo K</u>	Rango de calidad
Vegetativa	Húmeda	1	0,22	5
		2	0,16	4
	Seca	3	0,25	5
		4	0,12	3
Reproductiva	Húmeda	1	0,12	3
		2	0,19	4
	Seca	3	0,14	3
		4	0,09	2
Madurez	Húmeda	1	0,13	3
		2	0,2	4
	Seca	3	0,08	2
		4	0,08	2

Nota: Valores de potasio, resultado del análisis químico del suelo cultivado con arroz. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

En los resultados obtenidos en el análisis de nutrientes de calidad de suelo, los valores mínimos de potasio se presentaron en temporada seca y los valores máximos en la mayoría de veces se presentaron en temporada húmeda; comportamiento que se presenta teniendo en cuenta que en las épocas de lluvia, por los procesos de dilución, los iones bivalentes se mueven con mayor rapidez hacia las raíces de las plantas, aumentando la absorción de este nutriente (Barrera, Durango, & Ramos, 2008).

Según lo obtenido en el análisis químico, se registran datos entre 0,08 y 0,25 Meq/100g suelo, evidenciando bajas cifras de potasio en el área de producción. Sin embargo, se resalta que el agricultor a cargo, realiza una aplicación del agroquímico cloruro de potasio, fertilizante con mayor concentración de potasio del mercado.

Por lo tanto, esta aplicación se realiza en una dosis cercana a los 250 Kg/ha en el procedimiento de abonado, con la finalidad de ofrecer las condiciones nutricionales adecuadas para el cultivo; ya que, como se observa en los estudios realizados en el terreno de barbecho, esté muestra la baja disponibilidad de potasio en los suelos de los llanos orientales.

En la evaluación del potasio con el indicador establecido, se logró asignar un rango de calidad y una apreciación cualitativa, que arrojo que el 58,33 de los datos de K representan valores bajos, 25% muy bajos y 16,6% moderados y un rango de calidad promedio de 3,33, considerado muy bajo ya que el rango ideal es diez. No se presentan datos con apreciación alta o muy alta, situación que puede presentarse por las características químicas propias de los suelos del piedemonte llanero.

Cabe mencionar que carencias nutricionales en el cultivo, interrumpe su desarrollo, dificultando llegar a la obtención de un producto de buena calidad, además de que aumenta su vulnerabilidad y puede ser atacado por plagas, enfermedades o condiciones climáticas desfavorables; por tal motivo el agricultor se ve en la necesidad de aplicar otra serie de agroquímicos sintéticos que fertilicen el suelo (Nutricoljap y Triple 18) e incrementen la disponibilidad de este tipo de macronutrientes, alterando así las condiciones normales de este y modificando su estructura con sustancias que pueden ser tóxicas para la biota presente.

Índice de correlación de Pearson

Utilizando los resultados de potasio de las muestras tomadas en el cultivo de arroz, con respecto a los resultados del área no cultivada, se aplica el índice de correlación de Pearson para conocer los cambios causados por esta actividad agrícola (Ver tabla 14).

Tabla 14.

Índice de correlación de Pearson del cultivo de arroz en relación al terreno en barbecho

POTASIO-CORRELACIÓN DE PEARSON CULTIVO DE ARROZ VS TERRENO EN BARBECHO				
	Fase Vegetati va	Fase Reprodu ctiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho

Tabla 14. (Continuación)

Fase Vegetativa	Pearson*	1	,183	-,168	-,388
	N	4	4	4	4
Fase Reproductiva	Pearson*	,183	1	,817	,793
	N	4	4	4	4
Fase Madurez	Pearson*	-,168	,817	1	,956*
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	-,388	,793	,956*	1
	N	4	4	4	4

Nota. Pearson*= Índice de correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

Con respecto al índice de correlación de Pearson, en la etapa vegetativa el resultado corresponde a una correlación negativa débil, mientras que en la reproductiva y madurez se identifica una correlación positiva considerable y positiva muy fuerte respectivamente. Se observa que solo en la primera etapa de desarrollo de este cultivo, en relación al terreno en barbecho, se presenta un comportamiento contrario a lo esperado, sin embargo, cabe mencionar que los valores de potasio en el terreno de estado de barbecho están dentro de las tres mismas categorías que las presentadas en el cultivo (Muy bajo, bajo y moderado) con valores entre 0,1 y 0,23 meq/100g de suelo, sin presentar grandes diferencias en los valores, por tal motivo este índice negativo es producto de pequeñas variaciones en los datos.

Fósforo (P).

En la tabla 15, se presentan los valores de fosforo registrados en las fases de crecimiento, las temporadas climáticas y rango de calidad al evaluarse con el indicador.

Tabla 15.

Valores de Fósforo y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido.

Fase	Temporada	N° de Muestra	<u>P</u> <u>ppm</u>	Rango de calidad
Vegetativa	Húmeda	1	72,5	10
		2	48,9	9
	Seca	3	48,9	9
		4	15,1	4
Reproductiva	Húmeda	1	42,7	9
		2	51,7	9
	Seca	3	42,7	9
		4	42,7	9
Madurez	Húmeda	1	45,1	9
		2	54,8	9
Tabla 15. (Continuación)				
	Seca	3	9,6	1
		4	9,1	1

Nota. Valores de fosforo, resultado del análisis químico del suelo cultivado con arroz. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

En el análisis de calidad de suelo, se encontró que los valores mínimos de fosforo se presentaron en temporada seca y los máximos en temporada húmeda, situación que puede presentarse debido a que, en las épocas de lluvia por los procesos de dilución, el fosforo se mueve con mayor rapidez hacia las raíces de las plantas, permitiendo a la vez que aumente su absorción (Barrera, Durango, & Ramos, 2008).

En relación a los datos obtenidos en el análisis de calidad del suelo, los valores se presentan entre un rango de 9,1 y 72,5 ppm y considerando que los valores obtenidos en el terreno en barbecho son más bajos, entre 2,6 y 36,2 ppm, puede deducirse que el incremento en los valores del suelo utilizado para la siembra de cultivo de arroz, es producto de la aplicación de fertilizantes que buscan satisfacer las necesidades nutricionales propias de las plantas, en donde más de 40ppm de fosforo en el suelo es lo ideal para el crecimiento del cultivo, porque como se mencionó anteriormente, el arroz necesita encontrar fósforo disponible desde las primeras fases (Abi-Saab, 2012). Así mismo, como se observa en el terreno en estado de barbecho, los registros de fosforo en suelo sin intervenir son bajos y pueden dificultar el desarrollo del cultivo.

En la evaluación del fósforo con el indicador, el 75% de los datos presentan una apreciación muy alta, el 16,66% de los datos muy baja y el 8,33% baja. Dando como resultado un rango de calidad de 7,33, considerado bueno. No obstante, se resalta que este resultado es producto de la aplicación de fertilizantes sintéticos en el suelo para mejorar la disponibilidad de nutrientes para la planta (Nutricoljap y Triple 18), ya que la producción agrícola va extrayendo esas reservas, hasta volver al fósforo un factor limitante. Al no existir ninguna otra fuente dentro del sistema, el fósforo debe ser repuesto por medio de los fertilizantes (Abi-Saab, 2012).

Es importante mencionar que altos valores de fósforo, son positivos para la producción, pues a pesar de que fósforo es un elemento muy abundante en los horizontes del suelo; es el segundo elemento que más limita su productividad. Esto se debe a que el fósforo suele formar compuestos de alta energía de unión con los coloides, atribuyéndole alta estabilidad en la fase sólida. Por lo tanto, a pesar de que en un suelo exista alta concentración de fósforo solo una pequeña porción está disponible para las plantas (Vandermeer, 2011).

Índice de correlación de Pearson

Contrastando los resultados de fósforo junto con los resultados del área no cultivada, se aplica el índice de correlación de Pearson para conocer los cambios causados por esta actividad agrícola (Ver tabla 16).

Tabla 16.

Índice de correlación de Pearson del cultivo de arroz en relación al terreno en barbecho para el fósforo (P).

FOSFORO-CORRELACIÓN DE PEARSON CULTIVO DE ARROZ VS TERRENO EN BARBECHO					
		Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho
Fase Vegetativa	Pearson*	1	,072	,629	-,268
	N	4	4	4	4
Fase Reproductiva	Pearson*	,072	1	,705	,898
	N	4	4	4	4

Tabla 16. (Continuación)

Fase Madurez	Pearson*	,629	,705	1	,324
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	-,268	,898	,324	1
	N	4	4	4	4

Nota. Pearson*= Índice de correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

El índice de correlación de Pearson, mostro las correlaciones para cada una de las etapas de desarrollo del cultivo en contraste con los datos obtenidos en el análisis realizado al terreno en barbecho. Identificándose que la etapa vegetativa, presento una correlación negativa débil, la reproductiva, positiva moderada y por último la de madurez presento una correlación positiva débil. Este comportamiento puede darse debido a que el índice de correlación de Pearson busca la relación directa o indirecta de dos variables, y la aplicación de fertilizantes en el suelo, modifica ampliamente los valores de fosforo aumentando su presencia y alterando así esta relación, ya que el suelo en estado de barbecho los valores de este macronutriente son mucho más bajos con un mínimo de 2,9 y un máximo de 36,2, lo q ocasiona disimilitud en los índices.

Materia orgánica (MO).

En la tabla 17, se presentan los resultados de materia orgánica arrojados en los análisis realizados en laboratorio, teniendo en cuenta las fases de crecimiento, las temporadas climáticas.

Tabla 17.

Valores de Materia del suelo cultivado con arroz.

Fase	Temporada	N° de Muestra	% MO
Vegetativa	Húmeda	1	1,4
		2	1
	Seca	3	1,2
		4	0,4
Reproductiva	Húmeda	1	0,9
		2	1,3
	Seca	3	0,5

Tabla 17. (Continuación)			
Madurez	Húmeda	4	0,4
		1	1,1
		2	1,1
		3	0,3
	Seca	4	0,5

Nota. Porcentajes de materia orgánica en el suelo registrados en el análisis químico del cultivo con arroz. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

De los resultados obtenidos en la tabla 17, se logra establecer que la Materia Orgánica para cada fase, presentó apreciación “Muy deficiente”, respecto al rango de calidad (RC=1).

En el análisis de esta propiedad, se observó que los valores mínimos de materia orgánica en el suelo, se presentaron en temporada seca y los valores máximos en temporada lluviosa, escenario que puede darse teniendo en cuenta que en condiciones húmedas las tasas de descomposición de residuos orgánicos tienden a ser más altas junto con la cantidad de organismos pertenecientes a la fauna edáfica (Arguello, 1991).

Los porcentajes de materia orgánica presente en el suelo se dan en un rango de 0,3% y 1,4%. Datos que indican deficiencia de materia orgánica en el suelo, característica común de los suelos del piedemonte llanero que por sus fluctuaciones climáticas no permiten la acumulación de esta en el suelo (Martínez, 2014), adicional a esto se presenta pérdida de materia orgánica por la producción y algunas prácticas del sistema agrícola convencional en mención. Se destaca también, que los valores registrados en el terreno en estado de barbecho son similares a los del terreno cultivado con arroz, aunque un poco más bajos, influenciado por el desarrollo de esta actividad.

En la evaluación con el índice, se observó que todos los datos indican un porcentaje de materia orgánica muy deficiente y un rango de calidad promedio de 1. Los niveles de materia orgánica empiezan a disminuir cuando los pastizales naturales pasan a ser sistemas de cultivo, produciendo una rápida caída de la materia orgánica seguida por una declinación más lenta hasta un nuevo estado estable. El nivel de materia orgánica en dicho estado depende del clima, el suelo y las técnicas de producción de la actividad agrícola (Sainz, Echeverría, & Angelini, 2010); considerando lo anterior, las condiciones naturales del suelo de piedemonte llanero, la variabilidad climática y un sistema de producción agrícola convencional que

utiliza agroquímicos sintéticos, son la causa de una alta deficiencia de materia orgánica en el suelo analizado.

Índice de correlación de Pearson

La aplicación de esta medida estadística permitió comparar los resultados del área en estado de barbecho y el cultivo de arroz, observando así la relación entre estas variables (Ver tabla 18).

Tabla 18.

Índice de correlación de Pearson del cultivo de arroz en relación al terreno en barbecho para la materia orgánica (MO).

MATERIA ORGÁNICA-CORRELACIÓN DE PEARSON CULTIVO DE ARROZ VS TERRENO EN BARBECHO					
		Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho
Fase Vegetativa	Pearson*	1	,413	,374	-,452
	N	4	4	4	4
Fase Reproductiva	Pearson*	,413	1	,875	,510
	N	4	4	4	4
Fase Madurez	Pearson*	,374	,875	1	,213
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	-,452	,510	,213	1
	N	4	4	4	4

Nota. Pearson*= Índice de correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

En la tabla anterior, se observa que en la etapa vegetativa, el índice de correlación es negativa débil, en la reproductiva positiva media y en la de madurez tiende a positiva débil; valores de correlación variados que se presentan producto de las diferencias en los valores del porcentaje de materia orgánica en el suelo con presencia de cultivo de arroz con respecto al suelo sin cultivar, el cual presenta valores entre 1,2% y 2%, que indican un muy deficiente y deficiente porcentaje de materia orgánica en el suelo.

Parámetros biológicos

Lombriz de tierra.

La presencia de lombrices sirve como indicador de baja o alta aplicación de agroquímicos, debido a que son muy sensibles a estas sustancias (Abi-Saab, 2012). En el cultivo de arroz, teniendo en cuenta que es un monocultivo con una duración aproximada de producción de cinco a seis meses, tiende a causar la ausencia de lombrices porque las especies nativas no están adaptadas a condiciones de suelo cultivado y las especies foráneas no han sido capaces de colonizar (Farfán & Édgar, 2011).

Según lo obtenido en los muestreos realizados, el número total de lombriz de tierra es cero. Esto sirve como indicador de baja disponibilidad de materia orgánica, mala estructura del suelo, como resultado de la alta aplicación de agroquímicos, debido a que estas son muy sensibles a estas sustancias (Pérez, 2010). Por tanto, este resultado es señal del impacto negativo provocado por el empleo de agroquímicos sintéticos y técnicas de producción convencionales en la siembra de arroz.

Ya que se presentó un único resultado en todos los muestreos, en la evaluación realizada de esta propiedad biológica con los estándares establecidos en el indicador, se identifica una apreciación que corresponde a *sin presencia* y un rango de calidad promedio de 1; el resultado más bajo y menos recomendado. Comportamiento que representa una baja calidad del suelo causada por la utilización de agroquímicos sintéticos.

Considerando que la cantidad de lombrices en el suelo, es cero, el índice de correlación de Pearson no aplica, sin embargo, en comparación con el número de individuos presentes en el suelo en estado de barbecho, que tiene un máximo de 27 individuos registrados en las muestras, se confirma el impacto de esta actividad agrícola convencional sobre este parámetro biológico.

Textura por Bouyoucos

El cultivo de arroz tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura

finas son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes (Ortega, 1995).

En la figura 18, se muestra la textura del suelo en donde se desarrolla el cultivo de arroz, presentando el porcentaje de cada textura y el rango de calidad (RC) asignado según los indicadores. En este parámetro no se tiene en cuenta la temporada climática ya que esta no influye en la textura del suelo.

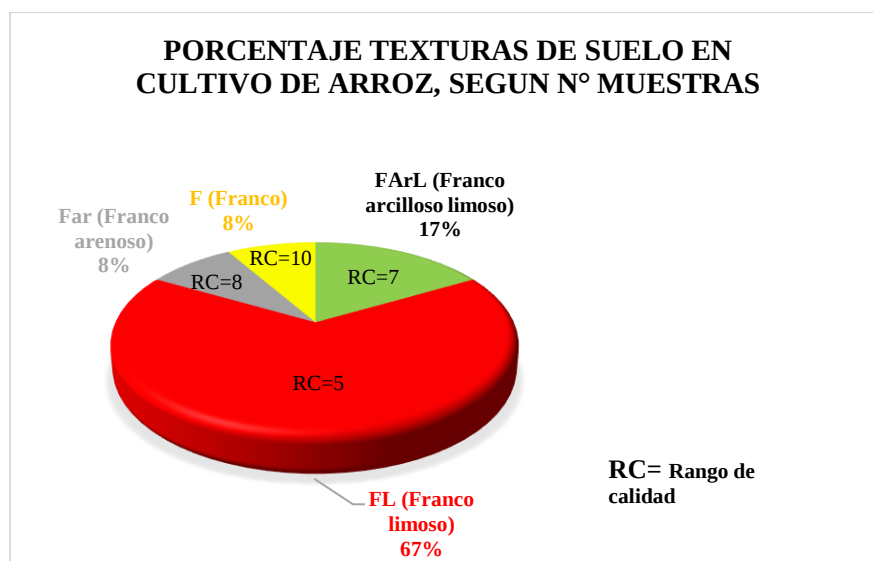


Figura 18. Texturas del suelo en el cultivo de arroz. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

Según lo anterior, el suelo donde se realizaron las muestras se caracteriza por tener una textura en su mayoría franco limoso, seguido de franco arcilloso limoso, franco arenoso y franco. Se resalta que los porcentajes más cercanos a francos son mejores para la calidad de suelos, ya que, los suelos francos ofrecen una buena retención de agua, favorece la difusión de gases, y con eso el desarrollo de las plantas (SQI, 1996). No obstante, se precisa que las fracciones suelen estar presentes en mayor o menor proporción y en el caso del suelo estudiado hay presencia de textura franco, arcillas, arenas y limo, variabilidad que se da por la heterogeneidad del suelo, sin embargo, la predominancia de textura franco puede indicar una característica positiva para el desarrollo de la siembra de arroz.

Considerando lo anterior, y teniendo en cuenta que el suelo analizado tiene fracciones de suelo franco, según el indicador, este tiende a tener una apreciación aceptable, buena e incluso ideal; el rango de calidad de este parámetro físico es de seis (6), resultado aceptable

para esta característica. Ya que ofrece una buena retención de agua, favorece la difusión de gases, y con eso el desarrollo de las plantas (SQI, 1996).

Análisis de resultados en el cultivo de plátano

A partir de los resultados obtenidos en los estudios realizados al suelo cultivado con plátano, se evalúa el comportamiento de cada parámetro teniendo en cuenta la variabilidad de los datos, los indicadores establecidos en la metodología y el índice de correlación de Pearson.

Parámetros químicos

Potencial de hidrogeno (pH).

El pH óptimo en el cultivo de plátano, se encuentra entre un rango aproximado de 5.50 y 8.0, un rango más amplio en comparación al cultivo de arroz, sin embargo, como se mencionó, los suelos del piedemonte llanero, pertenecen a una zona agroecológica de bosque húmedo tropical, requiriendo de correctivos para el desarrollo de los cultivos (Martínez, 2014).

En la tabla 19, se presentan los valores de pH registrados en las etapas de desarrollo, temporadas climáticas y rango de calidad al evaluarse con el indicador.

Tabla 19.

Valores de Materia orgánica y rango de calidad del suelo cultivado con plátano de acuerdo al indicador establecido.

Fase	Temporada	N° de Muestra	(pH)	Rango de calidad
Vegetativa	Húmeda	1	5,9	8
		2	5,1	4
	Seca	3	6,1	10
		4	5,9	9
Reproductiva	Húmeda	1	5,6	6
		2	5,5	5
	Seca	3	5,5	5

Tabla 19. (Continuación)

		4	5,5	5
Madurez	Húmeda	1	5,4	5
		2	5,1	4
	Seca	3	5,5	9
		4	5,4	4

Nota. Valores de pH, resultado del análisis químico del suelo cultivado con plátano. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

Con respecto al comportamiento del pH para este cultivo, se encontró que el valor mínimo presentado fue de 5,1 y máximo 5,9, presentándose en las dos temporadas. Estos resultados con respecto a los obtenidos en el terreno en barbecho, igual que para el cultivo de arroz, presenta una leve variación, causada por la adaptación antrópica del suelo para mejorar las condiciones de desarrollo del cultivo.

En la evaluación de este parámetro químico con el indicador establecido con anterioridad, se identificó un comportamiento similar que el presentado en el cultivo de arroz; donde el 66,66% de los datos presentan un pH muy ácido, 25% ácido y 8,3% ideal. Sin embargo, cabe resaltar que este cultivo florece en un rango de pH más alto que el cultivo de arroz, por tal razón, aunque solo un dato presente apreciación ideal, los valores obtenidos en las demás muestras no entorpecen de manera considerable el progreso de este sistema productivo a lo largo de sus fases de desarrollo. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la evaluación del pH, se encuentra que este parámetro en este sistema de producción agrícola convencional está en un rango de calidad promedio de 6,16, que se considera moderado. Sin embargo, se resalta que uno de los contras de un pH cercano a la neutralidad es el posible desarrollo de bacterias patógenas en los cultivos (Osorno, 2012).

Índice de correlación de Pearson

Seguidamente el índice de correlación de Pearson permitió comparar los resultados de pH con los resultados del área no cultivada, para conocer las variaciones, producto de este sistema de producción agrícola.

Tabla 20.

Índice de correlación de Pearson del cultivo de plátano en relación al terreno en barbecho para pH.

PH-CORRELACIÓN DE PEARSON CULTIVO DE PLÁTANO VS TERRENO EN BARBECHO					
		Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho
Fase Vegetativa	Pearson*	1	,225	,998**	,977*
	N	4	4	4	4
Fase Reproductiva	Pearson*	,225	1	,192	,333
	N	4	4	4	4
Fase Madurez	Pearson*	,998**	,192	1	,962*
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	,977	,333	,962	1
	N	4	4	4	4

Nota. Pearson*= Correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

El índice de correlación de Pearson, permitió identificar que, en este sistema productivo, en la etapa vegetativa y de madurez la correlación es positiva muy fuerte y en la reproductiva la correlación es positiva débil. Es decir, que dos de las etapas presentan una relación muy fuerte con el comportamiento del pH en terreno en barbecho y una no, sin embargo, al ser una relación lineal entre dos variables, en donde una se modifica al aplicar agroquímicos que permiten mejorar las condiciones de la calidad del suelo para el sistema productivo, teniendo en cuenta que el pH en el terreno en barbecho está en un rango de 5 a 5,5 es decir que es un suelo muy ácido, es un comportamiento normal.

Potasio (K).

En la tabla 21, se presentan los valores de potasio registrados en las etapas de desarrollo, temporadas climáticas y rango de calidad al evaluarse con el indicador.

Tabla 21.

Valores de Potasio y rango de calidad del suelo cultivado con plátano de acuerdo al indicador establecido.

Fase	Temporada	N° de Muestra	<u>Meq/100g</u> <u>suelo</u> <u>K</u>	Rango de calidad
Vegetativa	Húmeda	1	0,1	3
		2	0,16	4
	Seca	3	0,08	2
		4	0,07	2
Reproductiva	Húmeda	1	0,13	3
		2	0,13	3
	Seca	3	0,12	3
		4	0,08	2
Madurez	Húmeda	1	0,13	3
		2	0,14	3
	Seca	3	0,1	3
		4	0,16	4

Nota. Valores de potasio, resultado del análisis químico del suelo cultivado con plátano. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

En esta propiedad química los valores mínimos de potasio se dan en temporada seca y los valores máximos en la mayoría de veces se presenta en temporada húmeda, comportamiento similar presentado en el cultivo de arroz, y como ya se mencionó esto puede darse porque en temporada húmeda se aumenta la rapidez en que se mueve este macronutriente en el suelo (Barrera, Durango, & Ramos, 2008).

En cuanto a los datos obtenidos de las muestras realizadas en las diferentes fases de crecimiento del cultivo, los valores de potasio se presentan en un rango de 0,07 y 0,16 meq/100g de suelo; resultados que representan un contenido bajo de K en el suelo, e inclusive valores más bajos que los que se presentan en el terreno en barbecho. Sin embargo, a causa de esta deficiencia, se usan fertilizantes orgánicos como la gallinaza, que puede contener hasta el 18% de potasio y es recomendable para todo tipo de suelo, debido a que no solamente son fuentes de elementos minerales, sino que reactivan toda la microflora del suelo, la cual favorece la absorción de los diferentes elementos minerales (Martínez, 2014). También se aplica el fertilizante platanero que es un fertilizante mezclado granular con contenido de nitrógeno, fosforo y potasio (Ecofértil, 2012).

En la evaluación aplicada a este parámetro con el indicador, se asignó una apreciación a los datos que indico que el 75% de los datos se consideran bajos y el 25% muy bajos; además de un rango de calidad promedio de 2,91, considerablemente bajo teniendo en cuenta que el rango ideal es de 10. No obstante, por las características nutricionales del suelo de piedemonte llanero, es un resultado esperado para este macronutriente, sobre el cual se pueden mejorar sus condiciones con la adición de fertilizantes como los mencionados anteriormente, pero los cuales pueden impactar negativamente el suelo si no son de origen orgánico.

Índice de correlación de Pearson

Posteriormente, con el índice de correlación de Pearson se contrastan los resultados de potasio con los resultados del área no cultivada, para conocer las variaciones registradas en este sistema de producción agrícola (Ver tabla 22).

Tabla 22.

Índice de correlación de Pearson del cultivo de plátano en relación al terreno en barbecho para potasio.

POTASIO-CORRELACIÓN DE PEARSON CULTIVO DE PLÁTANO VS TERRENO EN BARBECHO					
		Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho
Fase Vegetativa	Pearson*	1	,643	,287	,962*
	N	4	4	4	4
Fase Reproductiva	Pearson*	,643	1	,786	,410
	N	4	4	4	4

Tabla 22. (Continuación)

Fase Madurez	Pearson*	,287	,786	1	,046
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	,962	,410	,046	1
	N	4	4	4	4

Nota. Pearson*=Índice de correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

En el índice de correlación de Pearson se encontró que en la etapa vegetativa el índice es positivo muy fuerte, en la etapa reproductiva es débil y en la de madurez tiende a cero, es decir que no hay ningún tipo de relación entre las dos variables.

Se observa que el comportamiento de los valores obtenidos para este índice en las distintas etapas de crecimiento del cultivo de plátano, presentan diferentes valores que difieren de lo esperado, sin embargo, se debe tener en cuenta que los resultados del análisis fisicoquímico pueden variar al ser tomados en transectos diferentes, aunque pertenezcan al mismo lote, además de la influencia de la actividad que se desarrolla en ese momento en el suelo estudiado. En este caso el potasio registrado en el lote sembrado con plátano presento valores más bajos que el terreno en barbecho, obteniendo datos entre 0,1 y 0,23 meq/100 g de suelo.

Fósforo (P).

En la tabla 23, se presentan los valores de fosforo registrados en las etapas de desarrollo, temporadas climáticas y rango de calidad al evaluarse con el indicador.

Tabla 23.

Valores de Fósforo y rango de calidad del suelo cultivado con plátano de acuerdo al indicador establecido.

Fase	Temporada	N° de Muestra	ppm P	Rango de calidad
Vegetativa	Húmeda	1	55,8	9
		2	13,9	3
	Seca	3	6,6	2
		4	5,7	2
Reproductiva	Húmeda	1	3,8	1
		2	9,6	2
Tabla 23. (Continuación)				
	Seca	3	6,6	2
		4	5,7	2
	Húmeda	1	2,9	1
		2	6,6	2
	Seca	3	7,1	2
		4	5,2	2
	Madurez	3	7,1	2
		4	5,2	2

Nota. Valores de fósforo, resultado del análisis químico del suelo cultivado con plátano. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

En el análisis de calidad de suelo, se encontró que los valores mínimos y máximos de fosforo, en dos de tres ocasiones se presentan en temporada húmeda, mostrando dispersión en los datos, sin indicar un comportamiento acorde a una temporada climática.

Según la base de datos estructurada con los resultados obtenidos en el análisis químico realizado en el suelo cultivado con plátano, los valores de fosforo se dan en un rango de 2,9 y 55,8 ppm, valores mucho más bajos que los encontrados en el cultivo de arroz; sin embargo, los valores de fosforo por encima de 40ppm son considerados ideales para el crecimiento del cultivo, y teniendo en cuenta que estos valores están por debajo del rango, se requiere la aplicación de fertilizantes para incrementar la concentración de este macronutriente, satisfaciendo así las necesidades de la planta, ya que solamente un dato presento una calidad ideal.

La evaluación de este parámetro con el indicador establecido, dio como resultado que en el 83,33% de los datos la apreciación es muy baja, en 8,33% baja y en otro 8,33% muy alta, con un rango de calidad promedio de 2,5, considerado muy bajo. Como se mencionó con anterioridad, el desarrollo de diferentes actividades agrícolas sobre el predio puede ocasionar el agotamiento de reservas de diferentes nutrientes como el fosforo, hasta limitar su uso. Por tal motivo se requiere la adición de fertilizantes (gallinaza y platanero) que permitan aumentar esta concentración. Sin embargo, el potasio y el fosforo están fuertemente relacionados y los fertilizantes utilizados permiten aumentar la cantidad de ambos en el suelo.

Índice de correlación de Pearson

Con el índice de correlación de Pearson se relacionan los resultados de fosforo, con los resultados del área no cultivada, para conocer las variaciones registradas en este sistema de producción agrícola (Ver tabla 24).

Tabla 24.

Índice de correlación de Pearson del cultivo de plátano en relación al terreno en barbecho para fósforo.

FOSFORO-CORRELACIÓN DE PEARSON CULTIVO DE PLÁTANO VS TERRENO EN BARBECHO					
		Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho
Fase Vegetativa	Pearson*	1	-,610	-,869	-,596
	N	4	4	4	4
Fase Reproductiva	Pearson*	-,610	1	,793	,993**
	N	4	4	4	4
Fase Madurez	Pearson*	-,869	,793	1	,738
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	-,596	,993	,738	1
	N	4	4	4	4

Nota. Pearson*= Índice de correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

Los valores del cultivo de plátano presentaron similitud con los registrados en el lote en estado de barbecho, aunque son un poco más bajos; este comportamiento puede atribuirse a que los transectos muestreados pertenecen al mismo predio aunque difieren en el uso actual; los valores del coeficiente de correlación de Pearson presentaron para este parámetro mayor relación, en donde en la fase vegetativa el índice presenta una relación negativa media, la reproductiva positiva muy fuerte casi perfecta y la de madurez una relación próxima a la positiva considerable. Pese a que en una de las tres fases se da una relación contraria a la esperada las diferencias en los datos pueden ocasionar esto, teniendo en cuenta que los datos de fósforo estuvieron entre 2,9 y 36,2 ppm.

Materia orgánica (MO).

La materia orgánica del suelo es un constituyente esencial del sistema edáfico, responsable directa de la mayoría de los procesos físico- químicos y biológicos del suelo (Rugiero, 2006).

A continuación, en la tabla 25, se presentan los valores de materia orgánica registrados en las etapas de desarrollo según sus temporadas climáticas.

Tabla 25.
Valores de Materia Orgánica, del suelo cultivado con plátano

Fase	Temporada	N° de Muestra	% MO
Vegetativa	Húmeda	1	0,1
		2	0,5
	Seca	3	0,2
		4	0,4
Reproductiva	Húmeda	1	0,5
		2	0,4
	Seca	3	0,7
		4	0,4
Madurez	Húmeda	1	0,5
		2	0,9
	Seca	3	0,5
		4	0,5

Nota. Porcentajes de materia orgánica en el suelo registrados en el análisis químico del cultivo con plátano. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

De los resultados obtenidos en la tabla 25, se logra establecer que la Materia Orgánica para cada fase, presentó apreciación “Muy deficiente”, respecto al rango de calidad (RC=1).

Según los resultados anteriores, los valores mínimos y máximos de materia orgánica no presentaron un comportamiento regular con respecto a las temporadas climáticas, es evidente la dispersión de los datos y no hay una amplitud considerable entre los valores extremos.

Se evidenciaron valores muy bajos en esta variable, que van desde el 0,1% al 0,9%. Estos resultados indican una alta deficiencia de materia orgánica, que, sumado a las condiciones climáticas características del piedemonte llanero, disminuye su acumulación, además del desarrollo de un sistema productivo convencional, que aplica agroquímicos sintéticos y sigue procesos poco técnicos para el desarrollo del cultivo.

Se analizaron y se evaluaron detalladamente los datos con las observaciones establecidas en el indicador, en donde todos indican una apreciación muy deficiente y un rango de calidad promedio de 1. Considerando que la presencia de materia orgánica en un suelo natural, empieza a disminuir al cambiar el uso del suelo, suponiendo el caso del desarrollo de un

cultivo en donde la intensificación de una actividad agrícola y la falta de rotaciones con pasturas junto con la aplicación directa de agroquímicos sintéticos en el suelo aminoran la acumulación de materia orgánica presente en este recurso (Sainz, Echeverría, & Angelini, 2010).

Índice de correlación de Pearson

La aplicación de esta medida estadística permitió comparar los resultados del área en estado de barbecho y el cultivo de plátano, observando así la relación entre estas variables.

Tabla 26.

Índice de correlación de Pearson del cultivo de plátano en relación al terreno en barbecho para la materia orgánica (MO).

MATERIA ORGÁNICA-CORRELACIÓN DE PEARSON CULTIVO DE ARROZ VS TERRENO EN BARBECHO					
		Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho
Fase Vegetativa	Pearson*	1	-,645	,730	,962*
	N	4	4	4	4
Fase Reproductiva	Pearson*	-,645	1	-,471	-,552
	N	4	4	4	4
Fase Madurez	Pearson*	,730	-,471	1	,878
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	,962	-,552	,878	1
	N	4	4	4	4

Nota. *Pearson= Índice de correlación. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

En el índice de Pearson, se evidencia que en la etapa vegetativa el índice de correlación es positiva muy fuerte, la reproductiva es negativa media y la de madurez es positiva considerable. En dos de las fases se presenta una relación alta entre las dos variables por la similitud de los datos, sin embargo, en la fase reproductiva la fluctuación en los mismos provoca una relación contraria a lo esperado. Cabe mencionar que los valores de materia orgánica del suelo con siembra de plátano son mucho más bajos que los registrados en el

suelo en estado de barbecho que se encuentran en un rango entre 1,2 y 2% que sin embargo siguen siendo porcentajes deficientes.

Parámetros biológicos

Lombriz de tierra.

En la tabla 27, se presentan la cantidad de lombrices registrados en las etapas de desarrollo, temporadas climáticas y rango de calidad al evaluarse con el indicador.

Tabla 27.

Cantidad de lombriz de tierra y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido.

Fase	Temporada	N° de Muestra	<u>Cantidad de lombrices</u>	Rango de calidad
Vegetativa	Húmeda	1	8	9
		2	6	6
	Seca	3	10	10
		4	8	9
Reproductiva	Húmeda	1	2	2
		2	3	3
	Seca	3	7	8
		4	8	9
Madurez	Húmeda	1	0	8
		2	0	1
	Seca	3	3	3
		4	0	8

Nota. Cantidad de lombriz de tierra y rango de calidad del suelo cultivado con arroz de acuerdo al indicador establecido. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

En el conteo de lombriz de tierra, se registró un máximo de diez individuos y un mínimo de cero; los valores más altos se dan en temporadas secas y los bajos en temporada húmeda, situación que puede presentarse debido a las posibles inundaciones que influyen sobre la población de organismos disminuyendo la diversidad biológica. (Amézquita, Rao, Rivera, Corrales, & Bernal, 2013).

Según la apreciación y el rango de calidad obtenido a través del indicador, en el 33,33% de los datos registrados, la presencia de lombrices es alta, en el 16,66% la presencia es moderada, en el 25% es baja y en otro 25% no hay presencia, para un rango promedio de 6,33, relativamente moderado. Considerando que más de ocho individuos por muestra es el valor ideal para un suelo de buena calidad. Sin embargo, el desarrollo de este cultivo requiere de la aplicación de fertilizantes y otro tipo de agroquímicos que disminuye el número de lombrices de tierra, que se caracterizan por ser susceptibles a estas sustancias químicas; a pesar de esto, el cultivo de plátano en contraste con el cultivo de arroz, no demanda grandes requerimientos en la composición del suelo para su crecimiento, lo que disminuye la cantidad de agroquímicos que deben aplicarse, lo que permite aun, encontrar estos organismos.

Índice de correlación de Pearson

Se aplicó como medida estadística el índice de correlación de Pearson, que permitió conocer la relación entre las variables referentes a la cantidad de lombrices presente en suelo cultivado con plátano y la cantidad de lombrices presentes en suelo en estado de barbecho.

Tabla 28.

Índice de correlación de Pearson para la cantidad de lombrices en cultivo de plátano en relación a la cantidad de lombrices en terreno en barbecho.

Cantidad De Lombrices-Correlación De Pearson Cultivo De Plátano Vs Terreno En Barbecho					
		Fase Vegetativa	Fase Reproductiva	Fase Madurez	Terreno en Barbecho
Fase Vegetativa	Pearson*	1	,555	,816	,997
	N	4	4	4	4

Tabla 28. (Continuación)

Fase Reproductiva	Pearson*	,555	1	,453	,553
	N	4	4	4	4
Fase Madurez	Pearson*	,816	,453	1	,859
	N	4	4	4	4
Terreno en Barbecho	Pearson*	,997	,553	,859	1
	N	4	4	4	4

Nota. *Pearson= Índice de correlación de Pearson. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

Según la tabla anterior, la relación entre estas variables dio como resultado que, en la etapa vegetativa el índice de correlación es casi perfecta, en la reproductiva es positiva media y en la fase de madurez es casi positiva muy fuerte. Estas variables presentan una correlación alta, ya que en el suelo en estado de barbecho se observan estos individuos, aunque en mayor cantidad, con un máximo de veintisiete (27) lombrices. Sin embargo, estas correlaciones no son totalmente perfectas debido a la variabilidad de los datos y la disminución de lombrices en el cultivo de plátano.

Textura por Bouyoucos

En la figura 19, se muestra la composición del suelo en donde se desarrolla el cultivo de plátano, presentando el porcentaje de cada textura y el rango de calidad (RC) asignado según los indicadores. En este parámetro no se tiene en cuenta la temporada climática ya que esta no influye en la composición del suelo.

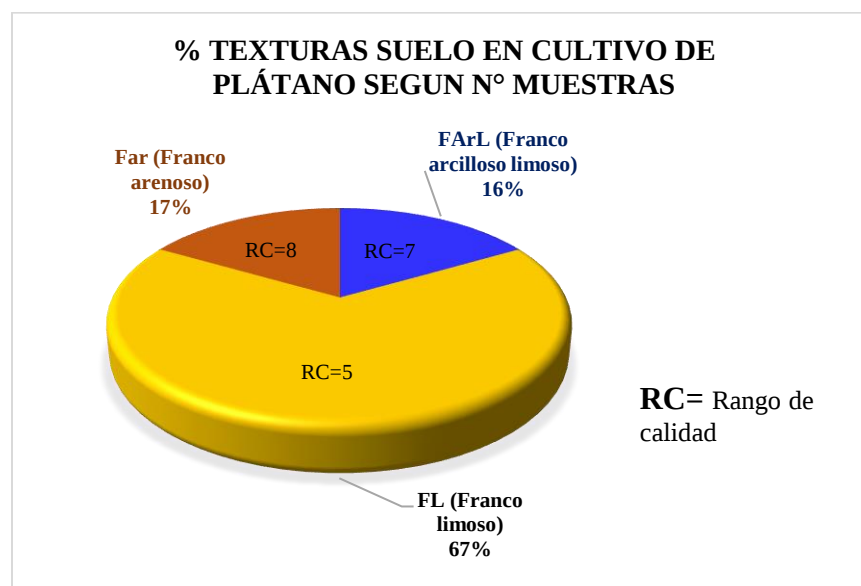


Figura 19. Texturas del suelo para el cultivo de plátano. Adaptado en "Software Excel, 2018"; por Medina & Vélez, 2018.

Según la figura 19, el suelo se caracteriza en su mayoría por tener una textura franco limosa, seguido de franco arcillosa limosa y francoarenosa. Se resalta que los porcentajes más cercanos a francos son mejores para la calidad de suelos, ya que, los suelos francos ofrecen una buena retención de agua, favorece la difusión de gases, y con eso el desarrollo de las plantas (SQI, 1996). No obstante, se precisa que las tres fracciones suelen estar presentes en mayor o menor proporción y en el caso del suelo estudiado en los tres casos hay presencia de textura franco. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el cultivo de plátano se adapta mejor en suelos arenosos, aunque no es una condicional para su cultivo.

En la evaluación de esta variable con el indicador, considerando que el suelo analizado tiene fracciones de suelo franco, este tiende a tener una apreciación aceptable y buena; el rango de calidad de este parámetro físico es de 6,5, resultado aceptable para esta característica, ofreciendo una buena retención de agua, favorece la difusión de gases, y con eso el desarrollo de las plantas (SQI, 1996).

Variable más representativa de la evaluación de la calidad del suelo en ambos cultivos

Al concluir el análisis de algunas de las propiedades químicas y biológicas de las diferentes zonas muestreadas, se consideró la materia orgánica en el suelo como la variable más representativa debido a la influencia que tiene sobre las demás variables. A pesar de representar únicamente entre el 1 y 6 % del suelo, influye sobre casi todas las propiedades (físicas, químicas y biológicas) que definen la calidad del suelo, así como en el ciclo de nutrientes (Abi-Saab, 2012).

Considerando la influencia de la materia orgánica en las demás propiedades y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se evidencio una relación en el comportamiento de los datos de los parámetros químicos y biológicos con la materia orgánica, por lo cual, se aplicó el índice de correlación de Pearson (Ver tabla 29).

Tabla 29.

Índice de correlación de Pearson entre la materia orgánica y las demás propiedades en los dos cultivos en estudio.

Cultivo	Materia orgánica vs pH	Materia orgánica vs Potasio	Materia orgánica vs Fosforo	Materia orgánica vs Cant. Lombrices
Arroz	-0,443	0,839	0,822	NA
Plátano	-0,763	0,453	-0,553	-0,588

Nota. Índice de correlación de Pearson entre la materia orgánica y las demás propiedades en los dos cultivos en estudio. Adaptado de “Software IBM SPSS Statistics 24”; por Medina & Vélez, 2018.

Por tanto, los análisis previos de cada una de las variables y los resultados de los índices de correlación de la tabla anterior, se observa inicialmente que el pH con respecto a la materia orgánica presenta una relación inversamente proporcional, es decir que mientras una aumenta la otra disminuye y viceversa; para los dos cultivos el índice es negativo, siendo para el arroz negativo medio y para el plátano negativo considerable. Teniendo en cuenta esto y los valores de pH obtenidos en los análisis de calidad del suelo para ambos cultivos, se observa que la disminución en el pH, se da en temporada húmeda, temporada en donde también se evidencia aumento en el porcentaje de la materia orgánica presente en el suelo; la cual al aumentar e iniciar su proceso de descomposición libera radicales de hidrogeno acidificando el suelo.

Para el potasio se observa en los resultados de ambos cultivos, un leve aumento en temporadas húmedas al igual que la materia orgánica. Según la tabla 29, el índice de correlación de Pearson que relaciona el potasio con esta variable, arroja una relación positiva muy considerable y positiva media para el cultivo de arroz y plátano respectivamente. Aunque no son relaciones totalmente perfectas, se evidencia una relación directamente proporcional considerable entre estas variables, dada principalmente porque la materia orgánica es la principal fuente de macronutrientes como el potasio (Abi-Saab, 2012).

Con respecto al fosforo, se presenta la misma situación que con el potasio, sin embargo, en este caso los índices de correlación varían en los cultivos, presentándose una correlación positiva muy fuerte para la siembra de arroz y una correlación negativa media para la siembra de plátano. Aunque se esperaba que ambos índices fueran positivos; debido a la sensibilidad de esta medida estadística, la variación en los datos del cultivo de plátano ocasiona este

resultado, sin embargo, se espera que la presencia de fosforo aumente cuando aumente el porcentaje de materia orgánica.

Para la cantidad de organismos en el suelo, este ligado ampliamente a la presencia de materia orgánica. En el caso del cultivo de arroz, debido a la total ausencia de lombriz de tierra (indicador biológico utilizado) no se puede efectuar el índice de correlación de Pearson. En el cultivo de plátano el valor evidencia una correlación negativa media. Este resultado se presenta teniendo en cuenta que en el porcentaje de materia orgánica en el suelo con siembra de plátano es muy deficiente y que aun pese a esta circunstancia hay presencia de lombrices de tierra, aunque se espere lo contrario. Sin embargo, estos organismos están relacionados considerablemente con la materia orgánica ya que: 1. Consumen la materia orgánica y la simplifican o fraccionan. 2. Mezclan el suelo y aumentan la porosidad mejorando las condiciones para la mineralización de la materia orgánica. 3. Aumentan la disponibilidad de nutrientes con material fecal y controlan poblaciones de microorganismos (López A. , 2005; Pérez, 2010).

Por último, debido a que la textura del suelo es una variable de carácter cualitativo, no puede aplicarse el índice de correlación de Pearson, sin embargo, cabe mencionar que la mayor parte del carbono que constituye la materia orgánica está asociada a las partículas de arcilla y limo del suelo, por lo que suelos arenosos o franco arenosos, retienen menos materia orgánica que otros con mayor proporción de limo y arcillas. Y considerando la textura de los suelos en estudio, que se caracterizan por ser francos limosos, franco arenosos y franco arcillosos, los cuales permiten una acumulación moderada de materia orgánica (Vankeirsbilck, Barraco, & Maekawa, 2015).

Discusión de Resultados

Esta investigación evaluó la calidad del suelo, mediante el análisis de algunos parámetros químicos y biológicos comparados con indicadores de calidad, con el fin de determinar el grado de influencia que tuvo la aplicación de agroquímicos sintéticos en el desarrollo de los sistemas de producción relacionados a la siembra de arroz y plátano en la finca La Montaña y Pensilvania.

En la tabla 30, se presenta el rango de calidad promedio de cada una de las variables estudiadas según los indicadores, teniendo en cuenta que entre más cerca de al valor de 10, mejores condiciones de calidad presentan:

Tabla 30.

Rango de calidad promedio para los terrenos estudiados.

Parámetro	Cultivo de arroz	Cultivo de plátano	Terreno en barbecho
pH	5,91	6,1	5
Potasio	3,3	2,91	3,5
Fosforo	7,33	2,5	4,25
Materia Orgánica	1	1	2
Cant. De Lombriz	1	6,33	10
Textura	6	6,5	10

Nota. Rango de calidad promedio para los terrenos estudiados. Adaptado por Medina & Vélez, 2018.

En la tabla anterior, se evidencia que el terreno en barbecho tuvo los valores más altos en cuatro de las seis propiedades evaluadas en relación al rango de calidad según los indicadores. Resultado atribuido a que la ausencia de actividades de agricultura en el terreno durante dos años, permitió que sus condiciones fueran mejores, sin embargo, la calidad de suelo en este lote es baja, influenciada por las características propias de la región, puede atribuirse también, a las actividades agrícolas que eran desarrolladas antes en el suelo en estado de barbecho; presentando, el bajo contenido de macronutrientes y la baja acumulación de materia orgánica.

Estos procesos de fertilización y adaptación del suelo, junto con la aparición de plagas o enfermedades, requieren altas dosis de agroquímicos sintéticos con activos químicos nocivos para el suelo y su biota. Como se observa en la tabla 30, en los terrenos con siembra de cultivo

de arroz y plátano hay una disminución en los rangos de calidad atribuido a estos procesos, sin embargo, cabe mencionar que en el caso del pH en el cultivo de arroz y el fosforo en el cultivo de plátano, presentan valores más altos que en el terreno de barbecho, generado por acciones antrópicas que aumentaron su valor. Sin embargo, como se explicó con anterioridad, en donde se reconocen la Materia Orgánica, como la variable mas representativa, en la tabla 30 se puede apreciar que esta es la variable de calidad más baja. Cabe resaltar, que estas propiedades están relacionadas entre ellas, y que las alteraciones presentadas en una sola variable, puede afectar los valores de las otras.

Por ende, se considera que la aplicación de agroquímicos sintéticos impactan negativamente el suelo en donde se desarrollan este tipo de actividades, lo cual se afirma con el valor obtenido para la lombriz de tierra, considerando que su presencia sirve como indicador de baja o alta aplicación de agroquímicos, debido a que son muy sensibles a estas sustancias; en ambos cultivos el rango de calidad es 1 mientras que en el lote sin actividad es 10, evidenciando claramente el impacto generado por el uso de estos componentes químicos.

Conclusiones

1. Los resultados de las entrevistas y las visitas realizadas a los predios La Montaña y Pensilvania pertenecientes a la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), mostraron un desarrollo convencional para el cultivo de arroz y platano, que carecen de procesos tecnificados y sustentables, además de la aplicación de agroquímicos sintéticos que alteran algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Teniendo en cuenta que los requerimientos nutricionales de cada cultivo son diferentes y la vulnerabilidad de los mismos ocasiona el aumento de agroquímicos y sustancias que los protejan de enfermedades o plagas.
2. La utilización de indicadores de calidad, permitió establecer el estado de los lotes muestreados, identificando que el suelo con mejor calidad fue el terreno que llevaba aproximadamente dos años sin ser utilizado para fines de agricultura (terreno en barbecho), mostrando la influencia que tiene el desarrollo de actividades de agricultura convencional como la siembra de arroz y platano basadas en la aplicación de fertilizantes y otros agroquímicos, en la calidad del suelo.
3. La agricultura convencional desarrollada en predios de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta), impactan negativamente la calidad del suelo, debido a los procedimientos no tecnificados y la aplicación de diferentes agroquímicos, considerando que los suelos del piedemonte llanero se caracterizan por ser suelos infértiles, que requieren procesos de fertilización y aplicación de otras sustancias químicas, con activos tóxicos para la biota propia del suelo como la lombriz de tierra (indicador de presencia de estas sustancias) en donde su ausencia en el cultivo de arroz y su baja presencia en el cultivo de platano se atribuye a su aplicación y confirma el impacto negativo que generan sobre la calidad del suelo.

Recomendaciones

1. Generar espacios de acompañamiento institucional a los agricultores, instruyéndolos e informándolos sobre el uso racional y el manejo de agroquímicos que puedan ser tóxicos para el hombre y el ambiente, además de replantear las técnicas de labranza y la reposición de materia orgánica, impulsándolos a la implementación de cultivos sustentables y resilientes, a través de la ejecución de proyectos agroecológicos.
2. Realizar programas de seguimiento y control, teniendo en cuenta los análisis físicos, químicos y biológicos del suelo, con el fin de conocer el estado del recurso y las condiciones en que se encuentra para evitar daños irreversibles sobre el mismo, a través de alternativas que permitan controlar, compensar, prevenir o mitigar los impactos generados sobre el recurso.
3. Aplicar fertilizantes naturales (rastros vegetales, abono animal, abonos verdes, desechos orgánicos exógenos) que permitan mejorar la disponibilidad de nutrientes para los cultivos sin impactar negativamente el suelo. Incrementando los niveles de materia orgánica a través de la rotación de cultivos, junto con la labranza apropiada para contribuir al mejoramiento del rendimiento de los cultivos en los Oxisoles. La utilización de materia orgánica como fertilizante que influye sobre la incidencia de plagas, principalmente porque promueve una nutrición balanceada y al asentamiento de fauna edáfica que puede actuar como control natural de las plagas.
4. Desarrollar prácticas agroecológicas buscando implementar sistemas agrícolas sostenibles que optimicen y estabilicen la producción, además de influir en el factor social a través de papeles multifuncionales para la agricultura, promoviendo la justicia social, nutriendo la identidad y la cultura, y reforzando la viabilidad económica de las zonas rurales (FAO, 2018).
5. Otorgar periodos de descanso a los terrenos utilizados para el desarrollo de cualquier tipo de cultivo cuando estos finalicen, evitando sobresaturar el suelo de sustancias ajenas a su composición y permitiendo que este se recupere mediante procesos naturales.

- 6.** Optar por sistemas sostenibles de producción como la agricultura de precisión, orgánica y labranza cero.

Referencia Bibliográfica

- Abi-Saab, R. (2012). *Evaluación de la calidad del suelo, en el sistema productivo orgánico La Estancia, Madrid, Cundinamarca. Utilizando indicadores de Calidad de Suelos*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia: Trabajo de Grado.
- Agricultura, M. d. (1977). *Decreto 1449 de 1977*. MA.
- Agropecuaria, I. C. (1995). *Resolución 3079 de 1995*. Bogotá, Colombia: ICA.
- Alvarez, E. (2010). *Guía Técnica Del Cultivo del Plátano*. Salvador: Programa-MAG-CENTA-FRUTALES.
- Amézquita, E., Rao, I., Rivera, M., Corrales, I., & Bernal, J. (2013). *Sistemas Agropastoriles: Un Enfoque Integrado para el Manejo Sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia*. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Ansorena, J. (1995). *El suelo en la Agricultura y el Medio Ambiente. Fertilidad del suelo: Acidez y Complejo de Cambio*. Obtenido de SUSTRAI. N° 36.: <http://blog.ucc.edu.ar/edafologia/files/2013/08/CIC-para-alumnos.pdf>.
- Arguello, H. (1991). La Descomposición de la Materia Orgánica y su Relación con Algunos Factores Climáticos. En H. A. Árias, *Agronomía Colombiana. Volumen 8, Número 2* (págs. 384-388). Colombia.
- Asamblea. (1991). *Constitución política de Colombia*. Bogotá, Colombia: Asamblea Nacional Constituyente.
- Astier, M., Maass, M., & Etchevers, J. (2002). *Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable*. Agrociencia.
- Avellato, H. (2001). Argentina: Reciclaje de envases de Agroquímicos, REPAMAR.
- Barrera, J. D., Durango, J., & Ramos, A. (2008). *Efecto de las épocas de lluvia y sequía sobre la absorción de potasio y fósforo en plantaciones de plátano*. Universidad Nacional de Colombia.

- Blanco, J. O. (2003). *Manejo Integral de Suelos con énfasis en el Cultivo de Arroz*. Colombia: OFFSET LA OPINIÓN S.A.
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., Schiviano, H., & Parra, B. (2009). *Evaluation of the impact of land use and management change by means of soil quality indicators*. Cordoba, Argentina.
- CNA. (2015). *Censo Nacional Agropecuario 2014*. Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Inventario Agropecuario en las unidades de producción Agropecuaria (UPA).
- Congreso de la República,. (1993). *Ley 101 de 1993. Ley general de Desarrollo Agropecuario y Pesquero*. Bogotá, Colombia: República de Colombia- Gobierno Nacional.
- Dalurzo, H., Serial, R., Vázquez, S., & Ratto, S. (2002). *Indicadores químicos y biológicos de calidad de suelos en Oxisoles de Misiones*. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE.
- DANE. (2008). *Sistema de información de Medio Ambiente. Ficha Técnica* . Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- DANE. (2015). Bogotá, Colombia: Encuesta Nacional Agropecuaria ENA. Boletín Técnico.
- Delgado, H., Rangel, J., & Silva, A. (2017). *Caracterización de la fertilidad química de los suelos en sistemas productivos de la altillanura plana*. Meta, Colombia.
- Dexter, A. (2004). *Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth*. Geoderma.
- Domínguez, M. (2005). *Evaluación de la Calidad de los Suelos de laderas de Nandaime, a través de la identificación y uso de indicadores técnicos y locales*. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Doran, J., & Parkin, T. (1996). *Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In Methods for assessing Soil quality*. Wisconsin, USA: SSSA Special Publication No 49.

- Ecofétil. (28 de Agosto de 2012). *Hoja de Datos de seguridad del Material*. Obtenido de <http://recintodelpensamiento.com/ComiteCafeteros/HojasSeguridad/Files/HojasSeg/HSPlatanero11-5-27-7-9201473103346.pdf>
- FAO. (2018). *Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Farfán, F., & Édgar, H. (2011). *Valoración de la sostenibilidad ambiental mediante indicadores de calidad del suelo, en sistemas de producción de café en Colombia*. Cenicafé.
- Fernando, R., Momo, L., & Falco, E. (2003). Las lombrices de tierra como indicadoras del deterioro del suelo. *Ciencia y Tecnología* N°8, 55-63.
- Gil, F., Trasar, C., Leiros, M., & Seoane, S. (2005). *Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties*. Soil Biology and Biochemistry.
- Giuffré, L., Ratto, S., & Romina, R. (2008). *Indicadores ambientales. Extracto del capítulo "Indicadores ambientales", publicado en el libro Agroecosistemas: Impacto ambiental y sustentabilidad*. Buenos Aires, Argentina: Orientación Gráfica Editora.
- Gorgas, J., Cardiel, N., & Zamorano, J. (2011). *Estadística Básica para estudiantes de Ciencias*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Físicas.
- Granada. (2015). *Acuerdo No 020*. Granada, Meta: Departamento del Meta, Consejo Municipal.
- Granada, A. (2002). *Plan de Desarrollo 2001-2004*. Granada, Meta: Alcaldía Municipal.
- Granada, A. (2009). *Plan de desarrollo Municipal 2008-2011*. Granada, Meta.
- Gutiérrez, B., & Fierro, L. (2006). *Diagnóstico y Diseño Participativo en Sistemas Agroforestales*. Bogotá, Colombia: Manual y Guías de Campo. Corpoica.
- Guzman, J. (2011). *Plan de Desarrollo*. Granada, Meta: Consejo de Gobierno.
- ICONTEC. (2004). NTC4113-4. Calidad de Suelo. Muestreo. Parte 4. Guía sobre el procedimiento para la investigación de sitios Naturales, Semi-Naturales y Cultivados. Colombia: NTC4113-4. Calidad de Suelo. Muestreo. Parte 4. Guía sobre el

procedimiento para la investigación de sitios Naturales, Semi-Naturales y Cultivados. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IGAC. (2013). *Guía de muestreo en suelos*.

Jamioy, D., Menjivar, J., & Rubiano, Y. (2014). *Indicadores químicos de calidad de suelos en sistemas productivos del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

Jamoy, O. (10 de Octubre de 2014). *Indicadores Químicos de calidad de suelos en sistemas productivos del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia*. Obtenido de Indicadores Químicos de calidad de suelos en sistemas productivos del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia: [ile:///C:/Users/Stefany%20Mendoza/Downloads/38731-267046-6-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Stefany%20Mendoza/Downloads/38731-267046-6-PB%20(2).pdf)

Karlen, D., Mausbach, M., Doran, J., Cline, R., Harris, R., & Schuman, G. (1997). *A concept, definition and framework for evaluation*. Soil Sci. Soc Am.

Lahura, E. (2003). *l coeficiente de correación y correlaciones Espúreas*.

López, A. (2005). *Manual de Edafología. Notas de Clases. Universidad de Sevilla*. Obtenido de <http://www.scribd.com/doc/51630897/46/Calculo-de-la-porosidad>

López, J., & Rodríguez, M. (2009). *Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México*. UNAM Colección Geografía para el siglo XXI. Serie de Libros de Investigación.

MADR. (2013). *Sistema de Información geografica Municipal 2013*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/1645681eddceaea3?projector=1&messagePartId=0.1>

Martínez, A. (2014). *Manual Instructivo No 01 del Cultivo de Plátano en los llanos Orientales*. Obtenido de Manual Instructivo No 01 del Cultivo de Plátano en los llanos Orientales: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4031/1/20061127152826_El%20cultivo%20del%20platano%20llanos.pdf

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015* . Bogotá, Colombia: MADS .
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2009). *Resolución 0170 de 2009*. Colombia: MAVDT.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Política para la Gestión Sostenible del Suelo*. Bogotá, Colombia: MADS.
- Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1974). *Decreto 2811 de 1974*. Bogotá. Colombia: MADS.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2014). *Fertilizantes Química y Acción*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Navarro, S., & Barba, A. (1995). *Comportamiento de los plaguicidas en el medio ambiente*. Campus de Espinardo, Química Agrícola, Geología y Edafología. España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Nivia, J. (2014). *Efectos del Uso y ocupación en las propiedades físicas y químicas en un suelo del Piedemonte Llanero*. Obtenido de Efectos del Uso y ocupación en las propiedades físicas y químicas en un suelo del Piedemonte Llanero: <http://bdigital.unal.edu.co/46801/1/51627124.2014.pdf>
- OECD. (1991). *Environmental indicators: A preliminary Set. Suelos Salinos y Sódicos*. México: Organisation for Economic Cooperation and Development. Limusa.
- Oldeman, L., Hakkeling, R., & Sombroek, W. (1991). *Global Assessment of Soil Degradation- GLASOD: World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation*. An Explanatory Note.
- Olmos, S. (2006). *Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz*. Argentina: Cátedra de cultivos II, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE.
- Orozco, D. (2011). *Propuesta indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del Piedemonte Llanero Colombiano*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>

- Ortega, D. (1995). *Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Canal Ramírez Antares Ltda.
- Ortiz, M., Ortiz, L., & Giovanni, C. (2013). *Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo*.
- Osorno, H. (2012). *Mitos y Realidades de las Cales y Enmiendas en Colombia*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Parada, S., Romero, J., & Osorio, D. (2013). *Muestreos Ambientales- Guía concreta. Facultad de Ciencias Básicas e ingeniería*. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia: Posgrados en Gestión Ambiental Sostenible.
- Pérez, M. (10 de Enero de 2010). *Guía Metodológica. Sistema Agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos*. Obtenido de Guía Metodológica. Sistema Agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de cultivos: https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/guia_diagnostico_rapido_14-marzo.pdf?iv=164
- Perry, S., & Maloney, G. (Abril de 2005). *Las ciencias agrarias y el desarrollo Regional. El caso del Meta, Colombia*. Obtenido de Las ciencias agrarias y el desarrollo Regional. El caso del Meta, Colombia : <http://observatorio.unillanos.edu.co/observatorio/archivos/DocumentosDeAnalisis/LAS%20CIENCIAS%20AGRARIAS%20Y%20EL%20DESARROLLO%20REGIONAL.pdf>
- Rodríguez, J. (1999). FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DEL ARROZ, Conferencia 74. *XI Congreso Nacional Agronómico/ III Congreso Nacional de Suelos 1999* (págs. 123-136). FERTICA.
- Rugiero, V. (2006). *Suelos Potencialmente Aptos Para Revegetación o Uso Agrícola a Partir de la Utilización de Biosólidos Provenientes de las Plantas de Tratamientos de Aguas Servidas en la Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana*. Santiago, Chile.
- Rural, M. d. (1991). *Decreto 1843 de 1991*. Bogotá, Colombia: MADR.
- Rural, M. d. (1994). *Decreto 1840 de 1994*. Bogotá, Colombia: MADR.

- Sainz, H., Echeverria, H., & Angelini, H. (2010). *Niveles de Materia Orgánica y pH en Suelos Agrícolas de la Región Pampeana y Extrapampeana Argentina*. Informaciones Agronómicas.
- SIID. (2011). *Caracterización del Municipio de Granada, Departamento del Meta*. Granada, Meta: Gobernación del Meta, Sistema Integral de Información Departamental.
- SIYC. (Noviembre de 2014). *Estudio sobre Plaguicidas en Colombia*. Obtenido de Superintendencia de industria y comercio: http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/Estudios-Academicos/Documentos-Elaborados-Grupo-Estudios-Economicos/7_Estudio_Sobre_Sector_Plaguicidas_Colombia_Diciembre_2013.pdf
- Sombroek, W. (1996). *Dirección de Fomento de Tierras y Aguas*. Roma, Italia: FAO.
- SQL. (1996). *Indicators for Soil Quality Evaluation*. USA: Soil Quality Institute, USDA Natural Resources Conservation Service. Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with the Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service.
- UNLP. (2013). *Análisis del uso de agroquímicos asociado a las actividades agropecuarias de la provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- USAC. (2011). *Manual de Estadística Descriptiva*. Guatemala: Facultad de ingeniería, Área de Estadística.
- USDA. (1999). *Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Guía ara la evaluación de la calidad y salud del suelo. Traducción de: Área de Cartografía de suelos y evaluación de tierras, 2000, Argentina*.
- Vallejo, V. (21 de Marzo de 2013). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos*. Obtenido de Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos : <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v16n1/v16n1a06.pdf>
- Vandermeer, J. (2011). *The Ecology of Agroecosystems*. Massachussetts, USA: by Jones and Barlett Publishers.

Vankeirsbilck, M., Barraco, M., & Maekawa, M. (2015). *Materia Orgánica y Textura en Suelos de Sistemas Lecheros de la Cuenca Oeste de la Provincia de Buenos Aires.*

Anexos

Anexo I. Encuesta semi-estructurada aplicada a los productores de la trocha cuatro.

ENCUESTA	
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO POR EL EMPLEO DE AGROQUÍMICOS, EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE ARROZ Y PLÁTANO DE LA TROCHA CUATRO DEL MUNICIPIO DE GRANADA (META).	
Entrevistador/a: _____	Fecha: ____/____/____
Nombre del Productor: _____	Nombre de la finca: _____
Coordenadas: _____	
A continuación, encontrará una serie de preguntas destinadas a conocer su opinión sobre diversos aspectos del Proyecto:	
Área, Cobertura y tenencia de la tierra	
a) Área total de la finca: _____ ha b) Cobertura de la finca Área (ha) • En agricultura (monocultivos) _____ ha, ¿Cuáles? 1. _____, _____ ha; 2. _____, _____ ha; 3. _____, _____ ha; 4. _____, _____ ha; 5. _____, _____ ha; 6. _____, _____ ha; 7. _____, _____ ha. • En pastos (praderas) _____ ha, ¿cuáles? _____ • En bosque plantado _____ ha, ¿cuáles? _____ • En bosque Natural _____ ha, ¿cuáles? _____ • En rastrojos _____ ha, ¿cuáles? _____ • Otro, ¿cuál? _____, _____ ha; _____, _____ ha Total: _____ ha	
Si entre sus sistemas de producción se incluye el arroz y el plátano responda el ítem c por medio de una X:	
c) Produce usted arroz: tradicionalmente____ técnicamente____ Produce usted plátano: tradicionalmente____ técnicamente____ Los cultivos de arroz y plátano tienen asistencia técnica? Sí____ No____ A veces____ Ha recibido capacitación técnica sobre el manejo de los cultivos? Sí____ No____ Esta dispuesto a recibir capacitación de asistencia técnica? Si____ No____ Realiza rotación de los cultivos? Si____ No____ Cada cuánto?_____ Cuáles son las prácticas culturales que realiza durante el desarrollo de los cultivos?	

d) Tenencia:

Marcar con X

- Propietario _____
- Arrendatario _____
- Compañía _____
- Otro, ¿cuál? _____

Condiciones biofísicas de la finca

a) Qué porcentaje de la finca es:

Plana (0-12% pendiente) _____ Ondulada (12-25% pendiente) _____

Quebrada (25-75% pendiente) _____ Escarpada (> 75% pendiente) _____

b) Condiciones generales de fertilidad del suelo de la finca

- Realiza análisis de suelo: Si _____ No _____
- Presencia de excrementos de lombriz de tierra:
Alta _____ Media _____ Baja _____

Uso de insumos agropecuarios

Marque con una X y responda:

1. ¿Qué tipo de insumos agropecuarios frecuenta utilizar en las actividades agrícolas?

2. En caso de usar agroquímicos (plaguicidas, herbicidas, funguicidas; otros) en los sistemas de producción responder lo siguiente: ¿Qué cantidad usa en el desarrollo del cultivo por hectárea cultivada y como utiliza las Dosis para cada tipo de cultivo?

3. ¿Cómo es el procedimiento de aplicación de los agroquímicos?

a. Fumigación b. Aplicación en el suelo c. Espolvoreo d. Otro: _____

El formulario para el diagnóstico de Fincas Agroforestales incorporado en el Diagnóstico y Diseño Participativo en Sistemas Agroforestales, fue clave para la elaboración de la presente encuesta (Gutiérrez & Fierro, 2006).

Anexo II. Frecuencia de Agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz según el número de fincas encuestadas en la trocha cuatro.

Número de fincas	Nombre comercial	Agroquímico	Dosis utilizada	Dosis comercial	Unidad
3	Abotek	Fertilizante	200	50	Kg/ha
1	Abotek	Fertilizante	250	50	Kg/ha
6	Cloruro	Fertilizante	50	150	Kg/ha
2	Gallinaza	Fertilizante	500	500	Kg/ha
2	Gallinaza	Fertilizante	450	500	Kg/ha
2	Gallinaza	Fertilizante	400	500	Kg/ha
1	Gallinaza	Fertilizante	550	500	Kg/ha
1	Gallinaza	Fertilizante	350	500	Kg/ha
2	Kieserita	Fertilizante	200	300	Kg/ha
1	Nutricoljap	Fertilizante	100	100	Kg/ha
1	Nutricoljap	Fertilizante	50	100	Kg/ha
4	Rafos	Fertilizante	150	200	Kg/ha
1	Rafos	Fertilizante	100	200	Kg/ha
6	Triple 18	Fertilizante	50	300	Kg/ha
6	Triple 18	Fertilizante	300	300	Kg/ha
2	Triple 18	Fertilizante	350	300	Kg/ha
2	Urea	Fertilizante	50	100	Kg/ha
1	Urea	Fertilizante	150	100	Kg/ha
1	Urea	Fertilizante	100	100	Kg/ha
3	Bispiribac	Herbicida	0,12	0,4	L/ha
4	Bolero	Herbicida	3,75	4,75	L/ha
1	Butaclor	Herbicida	4	4	L/ha
1	Butaclor	Herbicida	3,5	4	L/ha
3	Clomazone	Herbicida	2,5	1,25	L/ha

2	Finale	Herbicida	2,5	2,4	L/ha
11	Glifosato	Herbicida	2	3	L/ha
2	Glifosato	Herbicida	3	3	L/ha
2	Glifosol	Herbicida	2	4	L/ha
8	Pendimetalina	Herbicida	2,5	4	L/ha
1	Prowl	Herbicida	3	4,1	L/ha
2	Prowl	Herbicida	2	4,1	L/ha
1	Propanil	Herbicida	5	7	L/ha
1	Propanil	Herbicida	6	7	L/ha
1	Rifit	Herbicida	3	2,1	L/ha
3	Ronstar	Herbicida	1,2	2,6	L/ha
5	Roundup	Herbicida	2	2,5	L/ha
2	Terrapack Big	Herbicida	0,3	0,5	L/ha
1	Bayleton	Fungicida	0,35	0,5	L/ha
5	Billard	Fungicida	0,3	0,4	L/ha
7	Carbendazim	Fungicida	0,6	0,6	L/ha
1	Dithane	Fungicida	1	3	L/ha
4	Kasumin	Fungicida	0,5	0,35	L/ha
7	Nativo	Fungicida	0,8	1	L/ha
4	Nativo	Fungicida	0,9	1	L/ha
2	Propiconazol	Fungicida	0,5	0,6	L/ha
2	Borey	Insecticida	0,2	0,2	L/ha
1	Clorpirifos	Insecticida	0,5	0,5	L/ha
3	Fulminator	Insecticida	1	1	L/ha
2	Insectrina	Insecticida	0,3	0,3	L/ha
2	Lannate	Insecticida	1	0,5	L/ha
3	Miterra	Insecticida	0,2	0,2	L/ha

2	Profenofos	Insecticida	0,2	0,2	L/ha
17	Rafaga	Insecticida	1	1,5	L/ha
1	Rafaga	Insecticida	2	1,5	L/ha
2	Tamaron	Insecticida	0,3	0,3	L/ha

Nota. Tomado y adaptado de “fichas comerciales Agroquímicos (Fedearroz, SummitAgro, InsuAgro, DVA Agro & Nufarm)”; por Medina & Vélez, 2018.

Anexo III. Frecuencia de Agroquímicos utilizados en el cultivo de plátano según el número de fincas encuestadas en la trocha cuatro.

Número de fincas	Nombre comercial	Agroquímico	Dosis Utilizada	Dosis comercial	Unidad
4	Cloruro	Fertilizante	150	150	Kg/ha
5	Cloruro	Fertilizante	100	150	Kg/ha
2	Gallinaza	Fertilizante	150	500	Kg/ha
1	Gallinaza	Fertilizante	600	500	Kg/ha
5	Platanero	Fertilizante	250	500	Kg/ha
1	Platanero	Fertilizante	500	500	Kg/ha
2	Platanero	Fertilizante	450	500	Kg/ha
3	Azote	Herbicida	0,6	0,5	L/ha
1	Finale	Herbicida	1	0,75	L/ha
1	Finale	Herbicida	0,5	0,75	L/ha
12	Glifosato	Herbicida	2	1	L/ha
3	Glifosato	Herbicida	3	1	L/ha
5	Gramoxone	Herbicida	2	2	L/ha
2	Benlate	Fungicida	1	0,2	Kg/ha
1	Benlate	Fungicida	0,6	0,2	Kg/ha
2	Bossanova	Fungicida	0,5	1	L/ha
3	Carbendazim	Fungicida	0,5	0,5	L/ha
6	Nativo	Fungicida	0,8	0,9	L/ha
2	Nativo	Fungicida	0,7	0,9	L/ha
2	Propiconazol	Fungicida	0,5	0,4	L/ha
2	Tebuconazole	Fungicida	0,6	0,4	L/ha
2	Azufre	Fungicida	1	1	Kg/ha
21	Rafaga	Insecticida	1	1	L/ha

Nota: las dosis de fertilizantes, muestran un apreciativo de la dosificación máxima recomendada para aplicación, la cual fue tomada por parte de indagaciones con los agricultores de las trochas. Sin embargo, se aclara que la dosis puede ser mayor por aplicación dependiendo los requerimientos del suelo como se mencionó

con anterioridad. (Rodríguez, 1999) Fuente: Tomado y adoptado de “fichas comerciales agroquímicos (SummitAgro, InsuAgro, DVA Agro & Nufarm)”, por Medina & Vélez, 2018.

Anexo IV. Tomas fotográficas en los sistemas productivos de la Finca Pensilvania y La Montaña.



Ilustración 1. Sistema de riego en el sistema productivo de plátano de la finca Pensilvania (Temporada seca). Adaptado de Medina & Vélez, 2018.



Ilustración 2. Toma de muestras del sistema productivo de plátano de la finca Pensilvania. Adaptado de Medina & Vélez, 2018.



Ilustración 3. Toma de muestras del sistema productivo de plátano de la finca La Montaña. Adaptado de Medina & Vélez, 2018.



Ilustración 4. Toma de muestra de actividad biológica del terreno en barbecho de la finca Pensilvania. Adaptado de Medina & Vélez, 2018.

Anexo V. Resultados de las encuestas pertenecientes a la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta).

Nº	Nombre de la finca	Área total (ha)	Área en arroz (ha)	Área en plátano (ha)	Área en agricultura (ha)	Producción de arroz	Producción de plátano	AT*	CT*	Disposición capacitación	Rotación de cultivos	Rotación arroz (meses)	Rotación plátano (meses)	Topografía	Análisis del suelo	Cultivos analizados	Presencia de excrementos	Fumigación
1	La esmeralda	4,30	0,00	3,00	4,00	NR	Tradicional	No	No	Si	Si	NR	11	Plana	Si	Papaya	Media	Al suelo
2	Pensilvania	1,65	0,00	1,23	1,23	NR	Tradicional	No	No	Si	Si	NR	12	Plana	Si	Cacao	Media	Al suelo
3	El globo	5,00	3,25	0,00	4,00	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	6	NR	Plana	Si	Cacao	Media	Al suelo
4	Buenos aires	10,00	3,00	0,00	8,00	Técnica	NR	Si	No	No	Si	5	NR	Plana	Si	Cacao	Baja	Fumigación
5	Las brujas	2,50	1,00	1,00	2,00	Tradicional	Tradicional	No	No	Si	Si	6	12	Plana	No	Ninguno	Baja	Al suelo
6	Estrella	12,00	0,00	8,00	11,00	NR	Tradicional	No	No	Si	Si	NR	11	Plana	No	Ninguno	Media	Fumigación
7	El cerezo	7,00	2,00	0,00	5,00	Tradicional	NR	Si	No	Si	Si	6	NR	Plana	No	Ninguno	Media	Al suelo
8	Estampilla	2,50	0,00	2,00	2,00	NR	Tradicional	No	No	No	Si	NR	12	Plana	No	Ninguno	Baja	Al suelo
9	El diamante	5,50	0,00	0,00	3,00	NR	NR	No	No	No	Si	NR	NR	Plana	Si	Papaya	Baja	Al suelo
10	La Francia	4,00	1,00	0,00	3,50	Tradicional	NR	No	No	No	Si	6	NR	Plana	Si	Cacao	Baja	Al suelo
11	Los naranjitos	6,40	0,00	0,00	4,00	NR	NR	No	No	No	Si	NR	NR	Plana	Si	Cacao	Baja	Al suelo
12	Los girasoles	13,50	2,50	3,00	9,00	Tradicional	Técnica	Si	No	Si	Si	6	12	Plana	Si	Cacao	Baja	Fumigación
13	Estrella	7,00	2,00	4,00	6,00	Técnica	Tradicional	Si	No	Si	Si	6	12	Ondulada	Si	Cacao	Media	Al suelo
14	Nicaragua	5,50	0,00	4,10	5,00	NR	Tradicional	No	No	Si	Si	NR	11	Plana	Si	Cacao	Baja	Al suelo
15	El rosal	8,00	4,00	0,00	7,50	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	5	NR	Plana	Si	Cacao	Baja	Al suelo
16	Isla margarita	2,00	0,00	1,20	1,70	NR	Tradicional	No	No	Si	Si	NR	12	Plana	Si	Papaya	Media	Al suelo
17	La montaña	5,20	4,50	0,00	4,50	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	6	NR	Plana	Si	Cacao	Media	Fumigación
18	Arcoiris	8,50	6,00	1,20	8,00	Técnica	Técnica	Si	No	Si	Si	6	11	Plana	Si	Cacao	Baja	Al suelo
19	La España	3,50	1,20	0,00	3,00	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	6	NR	Plana	No	Ninguno	Baja	Al suelo
20	Granadina	5,00	1,00	0,00	4,50	Técnica	NR	Si	No	Si	Si	5	NR	Ondulada	Si	Papaya	Media	Al suelo
21	El vacío	2,50	1,20	0,00	2,00	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	5	NR	Ondulada	No	Ninguno	Baja	Al suelo
22	Los senderos	11,00	0,00	8,50	10,00	NR	Tradicional	Si	No	Si	Si	NR	11	Plana	No	Ninguno	Media	Fumigación
23	Colibri	6,00	3,00	0,00	5,50	Técnica	NR	Si	No	Si	Si	5	NR	Plana	Si	Papaya	Baja	Al suelo

24	La floresta	5,50	1,00	0,00	4,75	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	5	NR	Plana	No	Ninguno	Baja	Fumigación
25	La abuelita	1,50	1,00	0,50	1,50	Tradicional	Tradicional	No	No	Si	Si	5	12	Plana	No	Ninguno	Media	Fumigación
26	El cortijo	9,50	6,00	0,00	9,00	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	6	NR	Plana	No	0	Baja	Al suelo
27	La estrella	5,00	1,00	2,00	4,00	Tradicional	Técnica	No	No	Si	Si	6	12	Ondulada	No	0	Baja	Al suelo
28	El corazón	12,80	5,50	0,00	8,50	Técnica	NR	Si	No	Si	Si	5	NR	Plana	No	0	Baja	Al suelo
29	Perseveranza	3,70	1,20	2,50	3,70	Tradicional	Técnica	Si	No	Si	Si	5	11	Plana	Si	Cacao	Media	Al suelo
30	El castillo	11,00	0,00	0,00	10,75	NR	NR	No	No	No	Si	NR	NR	Plana	Si	Cacao	Baja	Al suelo
31	Luciargana	6,30	4,00	1,00	5,00	Técnica	Técnica	Si	No	Si	Si	5	11	Plana	No	0	Baja	Fumigación
32	Espirales	5,00	1,00	3,00	4,50	Tradicional	Tradicional	No	No	Si	Si	5	11	Plana	Si	Cacao	Media	Al suelo
33	El colibri	1,00	0,00	0,00	0,50	NR	NR	No	No	No	Si	NR	NR	Plana	Si	Papaya	Media	Al suelo
34	Nuevo amanecer	4,00	1,00	2,50	3,50	Técnica	Tradicional	Si	No	Si	Si	6	12	Plana	No	0	Baja	Al suelo
35	Los Nogales	4,50	1,20	1,42	2,87	Técnica	Tradicional	Si	No	Si	Si	6	12	Plana	Si	Cacao	Baja	Al suelo
36	La libertad	9,50	5,00	0,00	8,50	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	6	NR	Plana	No	0	Baja	Al suelo
37	Espinal	7,00	0,00	0,00	6,00	NR	NR	No	No	No	Si	NR	NR	Plana	No	0	Media	Fumigación
38	Los López	5,50	1,50	1,75	4,00	Técnica	Tradicional	Si	No	Si	Si	6	11	Ondulada	No	0	Baja	Al suelo
39	El paisaje	3,50	2,30	0,00	3,25	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	5	NR	Plana	No	0	Media	Al suelo
40	El oscar	8,00	7,00	0,00	7,75	Tradicional	NR	No	No	Si	Si	5	NR	Plana	No	0	Baja	Al suelo
41	Miranda	10,75	0,25	0,00	10,50	NR	NR	No	No	No	Si	5	NR	Ondulada	No	0	Media	Fumigación
42	Estela	5,00	0,00	4,50	4,50	NR	Tradicional	No	No	Si	Si	NR	12	Plana	Si	Cacao	Media	Al suelo

Nota= AT*= Asistencia técnica; CT*= Capacitación técnica. Adaptado de “Software Excel, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.

Cultivo de Plátano							
Fase	Temporada	N° de Muestra	(pH)	<u>Meq/100g</u> <u>Suelo K</u>	<u>ppm</u> <u>P</u>	<u>%</u> <u>Mo</u>	Textura
Vegetativa	Húmeda	1	5,9	0,1	55,8	0,1	FL
		2	5,1	0,16	13,9	0,5	FL
	Seca	3	6,1	0,08	6,6	0,2	FL
		4	5,9	0,07	5,7	0,4	FL
Reproductiva	Húmeda	1	5,6	0,13	3,8	0,5	FArL
		2	5,5	0,13	9,6	0,4	FArL
	Seca	3	5,5	0,12	6,6	0,7	FL
		4	5,5	0,08	5,7	0,4	FL
Madurez	Húmeda	1	5,4	0,13	2,9	0,5	Far
		2	5,1	0,14	6,6	0,9	Far
	Seca	3	5,5	0,1	7,1	0,5	FL
		4	5,4	0,16	5,2	0,5	FL

Anexo VI. Resultados obtenidos en laboratorio (UNILLANOS).

Cultivo de Arroz							
Fase	Temporada	N° de Muestra	(pH)	<u>Meq/100g suelo</u> <u>K</u>	<u>P</u> <u>ppm</u>	<u>%</u> <u>Mo</u>	Textura
Vegetativa	Húmeda	1	5,3	0,22	72,5	1,4	FArL
		2	5,2	0,16	48,9	1	FL
	Seca	3	6	0,25	48,9	1,2	FL
		4	5,5	0,12	15,1	0,4	FL
Reproductiva	Húmeda	1	5,7	0,12	42,7	0,9	Far
		2	5,1	0,19	51,7	1,3	FL
	Seca	3	5,5	0,14	42,7	0,5	FL
		4	5,4	0,09	42,7	0,4	FL
Madurez	Húmeda	1	5,7	0,13	45,1	1,1	FArL
		2	5	0,2	54,8	1,1	FL
	Seca	3	6,2	0,08	9,6	0,3	FL
		4	6	0,08	9,1	0,5	F

Nota. Tomado y adaptado de “laboratorio UNILLANOS, 2018”; por Medina & Vélez, 2018.