



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

**MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**

**ACTA DE EVALUACION DE TESIS**

El miércoles 10 de agosto de 2016 en la Universidad de Manizales, se reunió el comité de evaluación de tesis, para calificar la tesis de grado de:

**WILSON MINA POSSU**

Titulada: "Incidencia del cultivo de la caña de azúcar en la fertilidad del suelo y su efecto en la seguridad alimentaria de la vereda Agua Azul municipio de Villa Rica – Cauca". Adscrita a la Línea de Investigación Biosistemas Integrados cohorte XI virtual bajo la dirección y asesoría de Juan Carlos Montoya Salazar PhD y evaluada por Juan Carlos Granobles Torres MSc.

De acuerdo con lo anterior, los representantes del Comité de Evaluación y Jurados deciden considerar la tesis como:

APROBADA: <input checked="" type="checkbox"/>	RECHAZADA: <input type="checkbox"/>	APROBADA CON MODIFICACIONES: <input type="checkbox"/>
SOBRESALIENTE: <input type="checkbox"/>	MERITORIA: <input type="checkbox"/>	LAUREADA: <input type="checkbox"/>

**OBSERVACIONES:**

- Tener en cuenta separar bien los dos temas que trata la tesis para la elaboración del artículo científico
- la temática aporta a la discusión entre economía empresarial y economía campesina

*Juan Carlos Granobles*

*Juan Fernando Betancur*

Nombre: Juan Carlos Granobles T.

Nombre: Juan Fernando Betancur  
Directa línea BSI.

*Irma Soto Vallejo*

Irma Soto Vallejo  
Directora Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

**INCIDENCIA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA FERTILIDAD  
DEL SUELO Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO DE LA  
VEREDA AGUA AZUL MUNICIPIO DE VILLA RICA - CAUCA**

**WILSON MINA POSSÚ**



**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS  
MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE  
MANIZALES, COLOMBIA  
2016**

**INCIDENCIA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA FERTILIDAD  
DEL SUELO Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO DE LA  
VEREDA AGUA AZUL MUNICIPIO DE VILLA RICA - CAUCA**

**WILSON MINA POSSÚ**

**Tesis Para Optar al Título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**Director: Dr. JUAN CARLOS MONTOYA**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS  
MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE  
MANIZALES, COLOMBIA  
2016**

A Dios sea la gloria porque hizo realidad este sueño  
A mi esposa Carmen por su apoyo incondicional  
A mis hijos Saray y Alejandro por ser mi constante inspiración

## **Agradecimientos**

A mi tutor Oscar Fernando Gómez por su valioso acompañamiento y colaboración

A mi director Juan Carlos Montoya por su direccionamiento

A la Universidad de Manizales

Y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a este logro

## Tabla de Contenido

Resumen .....	IX
Lista de Figuras .....	X
Lista de Tablas.....	XI
Introducción.....	XII
1. Planteamiento del Problema.....	1
2. Pregunta de Investigación .....	3
3. Hipótesis.....	4
4. Descripción del Área Problemática.....	5
5. Antecedentes Investigativos.....	7
6. Justificación.....	10
7. Objetivos .....	11
7.1. Objetivo general.....	11
7.2. Objetivos específicos .....	11
8. Marco Contextual .....	12
8.1. Marco Teórico.....	12
8.1.1. Seguridad Alimentaria.....	12
8.1.2 Caña de Azúcar .....	13
8.1.2.1 Historia. ....	13
8.1.2.2 Caña de Azúcar en Colombia y el Valle del Cauca.....	13
8.1.2.3 La Caña de Azúcar y el Sector Productivo.....	14
8.1.3. El Suelo .....	15
8.1.3.1 Microorganismos del Suelo. ....	15
8.1.3.2 Propiedades Físicas del suelo. ....	17
8.1.3.3 Propiedades químicas del suelo. ....	18
8.1.3.5 Métodos de Análisis de Suelos.....	20
Reacción del suelo o pH: .....	20
8.1.3.6 Interpretación de los Resultados de Análisis de Suelo.....	21
8.1.4 Preparación del Suelo para Cultivo de Caña de Azúcar.....	22
8.1.4.1 Descripción de las Labores.....	23

8.1.4.2 Variedades de caña de azúcar producidas en Colombia.....	25
8.2 Marco Legal.....	26
8.2.1 Seguridad Alimentaria.....	26
8.2.2 Producción Agrícola.....	26
8.2.3 Uso y Conservación del Suelo Agrícola. ....	26
9. Variables.....	27
10.    Diseño Metodológico .....	28
10.1 Tipo de Investigación.....	28
10.1.1 Producción de alimentos a partir de la agricultura tradicional.....	28
10.1.2 Fertilidad .....	28
10.2 Población y Muestra. ....	29
10.3 Procedimiento .....	30
10.3.1 Producción de Alimentos a partir de la agricultura tradicional.....	30
10.3.1.1 La observación directa.....	30
10.3.1.2 La Entrevista.....	31
10.3.1.3 La Encuesta.....	31
10.3.2 Fertilidad y Sustentabilidad del Suelo.....	32
10.3.2.1 Localización de los sitios de muestreo: .....	32
10.3.2.2 Toma de muestras para análisis físico químico. ....	33
10.3.2.3 Toma de muestras para análisis microbiológico.....	36
10.3.2.4 Toma de muestras para medición de densidad aparente.....	36
10.3.2.5 Frecuencia de muestreo. ....	39
10.3.2.6 Análisis de la muestras. ....	40
10.3.2.7 Interpretación de resultados.....	40
11. Resultados y Discusión.....	42
11.1 Producción de Alimentos a Partir de la Agricultura Tradicional.....	42
11.1.1 La Observación Directa:.....	42
11.1.2 La Entrevista .....	43
11.1.3 La Encuesta. ....	44
11.2 Fertilidad y sustentabilidad del Suelo.....	51
11.2.1 Análisis Físico-químicos y Microbiológicos .....	51

11.2.1.1 pH del suelo .....	55
11.2.1.2 Materia Orgánica .....	56
11.2.1.3 Fósforo y Potasio .....	57
11.2.1.4 Cationes Intercambiables (Ca, Mg, Na) .....	59
11.2.1.5 Micro Elementos (Fe, Mn, Zn, Cu, B). .....	62
11.2.1.6 Densidad Aparente. ....	65
11.2.1.7 Análisis Microbiológico .....	66
12. CONCLUSIONES.....	71
13. RECOMENDACIONES .....	72
14. BIBLIOGRAFIA .....	73
14. ANEXOS .....	80

## Resumen

La dinámica agrícola y empresarial que ha dado prioridad a la producción de azúcar y biocombustibles en el norte del Departamento del Cauca, modificó en gran manera el acceso, producción, disponibilidad y uso de la tierra de los campesinos de esta región. Esta situación generó cambios en la economía y el acceso a la alimentación de los hogares ubicados en la zona de influencia de los ingenios azucareros.

Se estima que el uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes agroquímicos utilizados en el monocultivo de la caña de azúcar, ocasiona cambios en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, posibilitando el agotamiento del mismo y comprometiendo su sustentabilidad.

La vereda Agua Azul, jurisdicción del Municipio de Villa Rica en el norte del Departamento del Cauca, sirvió como escenario para evaluar, mediante el estudio de la comunidad, el impacto alimentario ocasionado por el cambio de cultivos transitorios o pancoger a cultivos de caña de azúcar.

Los resultados obtenidos permitieron concluir que la comunidad en general siente que los ingenios azucareros han acaparado los terrenos para cultivar caña, menguando las fincas tradicionales y los cultivos pancoger, desmejorando las actividades de sustento, la producción de alimento y por ende su disponibilidad como parte de la seguridad alimentaria.

Por otra parte, mediante un diseño de muestreo aleatorio sistemático y de medidas repetidas en el tiempo, dos terrenos de esta vereda, fueron analizados fisicoquímica y microbiológicamente, para realizar un estudio comparativo de suelos sembrados con caña de azúcar y cultivos pancoger o finca tradicional.

Se determinó, que las actividades propias de los cultivos de caña de azúcar y la propia planta, afectan la composición y estructura de los suelos estudiados comprometiendo su fertilidad.

Palabras clave: Calidad, Producción, Disponibilidad, Fertilidad, Sustentabilidad, Caña de azúcar, agricultura tradicional.

## Lista de Figuras

Figura 1: Ubicación municipio de Villa Rica – Cauca.....	5
Figura 2. Encuestas y entrevista con habitantes de la vereda Agua azul.....	32
Figura 3. Materiales para toma de muestra de suelos.....	33
Figura 4: Procedimiento para toma de muestra de suelos .....	34
Figura 5. Puntos de muestreo .....	35
Figura 6. Muestras de suelo llevadas al laboratorio de Cenicaña.....	35
Figura 7. Procedimiento toma muestras para microbiológicos .....	36
Figura 8. Materiales para toma de densidad aparente .....	37
Figura 9a. Procedimiento medición Da. ....	37
Figura 10. Edad encuestado.....	45
Figura 11: Nivel Ocupacional.....	46
Figura 12. Composición familiar.....	46
Figura 13. Actividad agrícola .....	47
Figura 14. Obtención de alimentos.....	48
Figura 16. Comparativo de pH entre el terreno control y el experimental.....	56
Figura 17. Contenido de MO en terreno control y experimental.....	56
Figura 18. Contenido de fósforo en el terreno control y experimental.....	58
Figura 19 Contenido de Potasio en el terreno control y experimental .....	59
Figura 20. Contenido de Calcio en el terreno control y experimental.....	60
Figura 21. Contenido de Magnesio en el terreno control y experimental .....	60
Figura 23 Contenido de Cobre en el terreno control y experimental .....	63
Figura 24. Contenido de hierro en el terreno control y experimental.....	63
Figura 25. Contenido de Magnesio en el terreno control y experimental .....	64
Figura 26. Contenido de Zinc en el terreno control y experimental.....	64
Figura 27. Contenido de Boro en el terreno control y experimental .....	65
Figura 28. Densidad Aparente de los Suelos Control y Experimental .....	66
Figura 29. Cultivos análisis microbiológicos .....	68
Figura 30. Comparativo de Bacterias Aerobias Mesófilas entre el terreno control y el experimental .....	69
Figura 33. Comparativo de Mohos entre el terreno control y el experimental.....	70

## Lista de Tablas

Tabla 1: Distribución etaria habitantes vereda Agua Azul.....	29
Tabla 2. Frecuencia muestreo.....	40
Tabla 3. Opiniones sobre el acceso a la alimentación en el pasado .....	49
Tabla 4. Opiniones sobre cantidad y calidad de los alimentos en el pasado .....	50
Tabla 5. Opiniones sobre si le gustaría tener nuevamente cultivos pancoger en la zona.....	50
Tabla 6. Opiniones sobre si mejoraría el acceso a la alimentación con cultivos pancoger ..	51
Tabla 7. Resultados de análisis fisicoquímicos en el terreno control (Finca tradicional – cultivos pancoger).....	51
Tabla 8. Resultado de análisis fisicoquímicos en el terreno experimental (cultivo de caña de azúcar) .....	52
Tabla 9. Datos Estadísticos del Terreno Control.....	52
Tabla 10. Datos Estadísticos del Terreno Experimental.....	53
Tabla 11. Prueba F para varianzas de dos muestras en pH, MO, P y K .....	53
Tabla 12. Prueba F para varianzas de dos muestras en Ca, Mg y Na .....	54
Tabla 13. Prueba F para varianzas de dos muestras en microelementos .....	54
Tabla 14. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales en pH, MO, P y K ...	55
Tabla 15. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales en Ca, Mg y Na .....	59
Tabla 16. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales en microelementos ..	62
Tabla 17. Resultados promedio de análisis de Da. en g/ml .....	65
Tabla 18. Resultado de análisis microbiológico .....	67
ANEXO 1. Encuesta.....	78

## Introducción

En el año 2000 los representantes de los países miembros de las Naciones Unidas, plantearon ocho Objetivos del Desarrollo del Milenio (ODM), donde se agrupan las necesidades más apremiantes en el mundo; dentro de estas se encuentra inmerso el tema de seguridad alimentaria en el número uno. Aquí se habla de erradicar la pobreza extrema y el hambre, pues la pobreza está ligada a la inseguridad alimentaria (Duran, 2011).

En Colombia la Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional establece los siguientes ejes que definen su concepto: a) Disponibilidad de alimentos; b) Acceso físico y económico a los alimentos; c) consumo de alimentos; d) Aprovechamiento o utilización biológica y e) Calidad e inocuidad. Uno de los propósitos de este estudio es analizar la incidencia de la caña de azúcar en la producción de alimento a partir de la agricultura tradicional como determinante en el eje de la disponibilidad de alimento. (CONPES, 2008)

Durante muchos años, en el contexto norte caucano *la finca tradicional* ha sido una unidad productiva de policultivos y también el “taller de la naturaleza capaz de satisfacer las necesidades del campesino” (Rubbo y Taussig, 2011). La finca tradicional fue la principal fuente productora de alimentos para la canasta familiar de los habitantes de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca)

Sin embargo, la dinámica agrícola y empresarial que se ha desarrollado en la zona, propició que la actividad rural cambiara al punto que en la actualidad la mayoría de la tierra cultivable esté ocupada por la caña de azúcar. La disminución de las fincas tradicionales y cultivos de pancoger cambió drásticamente el panorama de alimentación.

A las limitaciones en la producción y oferta de alimentos que trae consigo el bajo peso de una frontera agrícola pequeña en relación al total de la superficie del departamento, debemos añadir situaciones como la sustitución de cultivos en porciones de tierras de buena calidad, que antes producían alimentos y en las que ahora sus cosechas sirven como insumos de la producción de biocombustibles.

La seguridad alimentaria y nutricional es requisito para el desarrollo humano sostenible, por tanto se debe asumir como un derecho, según lo estipula La Constitución Política de Colombia y los pactos a los que se ha suscrito el Estado Colombiano, con los consecuentes compromisos que ello genera para las instituciones, la sociedad civil y los individuos. (PDSAN Cauca, 2009).

La fertilidad de los suelos se refiere a la habilidad del suelo para soportar el crecimiento de las plantas. Ella es producto de la estructura física la cual determina la aireación, capacidad de retención de agua y penetración de las raíces y de su fertilidad química, es decir, de la

habilidad para suministrar nutrientes a las plantas. Tanto las características físicas como las químicas y las biológicas tienden a deteriorarse debido al cultivo de cosechas y la remoción en los productos cosechados (García, 2009).

La FAO (1994), ha señalado que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina es, sin duda, la aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas, con el consiguiente deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la disminución de los rendimientos agrícolas y más importante aún, el deterioro del medio ambiente.

Este estudio pretende indagar, mediante la narrativa de los pobladores de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca), su imaginario respecto a si la extensión de los cultivos de caña de azúcar, ha incidido en los bajos registros de producción de alimentos para su canasta familiar. Además evaluar la dinámica de producción de materia prima para agro combustibles y azúcar en la zona norte Caucana, sobre la fertilidad de los suelos cultivable.

## 1. Planteamiento del Problema

Según Gamarra (2007), *“El departamento del Cauca cuenta con suelos en prácticamente todos los pisos térmicos, de variadas fertilidades, profundidades, pendientes y con diversas vocaciones para su uso. Aunque existen tierras con fertilidades altas, la gran mayoría de los suelos se encuentran clasificados con fertilidades “bajas” o “muy bajas”. Las tierras fértiles se encuentran en la parte norte y en su mayoría tienen usos agrícolas y pecuarios”*.

A pesar de que Villa Rica (Cauca) fue una de las principales productoras de cacao del país, la agricultura dejó de ser el eje principal del ingreso familiar. La industria de la caña no solo se cooptó las tierras, también cambió la vocación de agricultores a asalariados, impidiendo que haya una explotación sustentable de los suelos mediante las fincas tradicionales, rotación de cultivos transitorios o pancoger para abastecer de comida la región. (Plan de Desarrollo Villa Rica, 2012-2015).

Lemos (2011), argumenta que la difusión de ideologías diferentes al pensamiento tradicional, generado en el departamento del Cauca, por el modelo de desarrollo económico globalizador y privatizador de toda forma de vida, ha llevado a técnicas foráneas inadecuadas de producción y explotación de recursos, generando en estos pueblos pérdida de autonomía, aumento de la pobreza e inseguridad alimentaria.

Para la FAO (2003), *“La caña de azúcar posee altos requerimientos nutricionales debido a su elevada capacidad de producción de biomasa (tallos, follaje, cepas, raíces etc.), asociada a la prolongada duración de su ciclo, implica una elevada extracción de los nutrientes del suelo”*. Por lo que se supone que los suelos con el monocultivo, están expuestos al agotamiento de su fertilidad, comprometiendo la sustentabilidad del suelo.

El hecho de que la mayor cantidad de terrenos de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca), estén sembrados con caña de azúcar, ha provocado que las fincas tradicionales que antes proveían buena cantidad de alimentos de consumo, cada vez sean menores y de poca productividad, lo que implica que muchas veces no se suplan las necesidades de su canasta familiar debido a sus precarios ingresos económicos.

Esta situación ha creado incertidumbre entre los habitantes de la vereda Agua Azul (Villa Rica - Cauca) por el riesgo que representa esta práctica para la disponibilidad de alimento del presente y futuras generaciones.

Según Pérez y Pratt (1997), *“La caña de azúcar al ser un cultivo anual desgasta y agota los suelos donde se siembra de una manera más acelerada que los cultivos perennes”*. Por lo que un suelo que ha sido sembrado por muchos años en caña de azúcar, pierde fertilidad e incide negativamente cuando es usado nuevamente en cultivos transitorios o pancoger, disminuyendo su rendimiento.

Las pocas fuentes de empleo giran alrededor de la industria de la caña de azúcar. La mecanización de la tierra ha hecho que labores que antes hacían varias personas, ahora lo haga una solo. Este hecho ocasiona un impacto social importante que adolece la falta de ingresos para las familias de la comunidad que se traduce en pobreza y hambre.

A falta de tierra para trabajar, los lugareños se ven forzados al “rebusque”, trabajando en labores informales que no están acostumbrados a hacer, perdiendo su identidad como campesinos y convirtiéndose en jornaleros.

Se ha creado la necesidad forzada de que algunos lugareños siembren caña de azúcar a pesar de ser propietarios de parcelas. Esto ha perjudicado la economía de los hogares ya que en las fincas tradicionales y en los cultivos transitorios además de conservar la calidad del suelo, se obtenían ingresos con más frecuencia que con el monocultivo por su largo ciclo vegetativo.

## **2. Pregunta de Investigación**

1. ¿Cómo afecta la expansión del cultivo de caña de azúcar la producción de alimento y la fertilidad del suelo en la comunidad de la vereda Agua Azul (Villa Rica - Cauca)?.

### **3. Hipótesis**

El monocultivo de la caña de azúcar incide negativamente en la fertilidad de los suelos y la producción de alimentos a partir de la agricultura tradicional de la vereda Agua Azul municipio de Villa Rica – Cauca.

#### 4. Descripción del Área Problemática.

Según El plan de desarrollo para Villa Rica 2012-2015, este municipio hace parte de los 13 que conforman la subregión Norte del departamento del Cauca, con una extensión de 74,3 kilómetros cuadrados. Se localiza al sur del valle geográfico del río Cauca, justo en la intersección que forma la vía Panamericana con la vía que conduce al municipio de Puerto Tejada conocida como la Y. Dista 112 kilómetros de Popayán, capital del departamento del Cauca y 36 kilómetros de Cali, capital del departamento del Valle del Cauca. La cabecera municipal de Villa Rica tiene las siguientes coordenadas geográficas: Norte (x): 842.500 - Sur (y):1068.500. El municipio limita al norte con los municipios de Puerto Tejada y Guachené, al sur con el municipio de Santander de Quilichao, al occidente con el municipio de Jamundí y al oriente con el municipio de Caloto. El Municipio se encuentra a una altura de 982 metros sobre el nivel del mar, tiene una temperatura promedio de 25 grados centígrados. El relieve del municipio es totalmente plano y sus tierras corresponden al piso térmico cálido.

Figura 1: Ubicación municipio de Villa Rica – Cauca



Fuente: P.D. Villa Rica, 2012-2015

La población de Villa Rica, cuenta con un total de trece mil (13.000) habitantes, en donde el 90% son Afro descendientes, y un 10% son población mestiza, como producto de la integración de indígenas y negros inmigrantes que llegaron en la época de la esclavitud. Del total de sus habitantes el 78,9% viven en la zona urbana el 21,1% viven en la zona rural, siendo esta última la población afectada por la problemática del acceso a la alimentación y el aprovechamiento inapropiado del suelo debido al monocultivo de caña de azúcar.

El 47.3% son mujeres y el 52.7% son hombres. Esta población negra se caracteriza por su espontaneidad, conserva muchos de sus rasgos ancestrales, que aún hoy mantiene presentes

como son los nombres y apellidos africanos. Los suelos de Villa Rica son en su gran mayoría muy aptos para la agricultura y su textura varía desde arcillosos, a franco limosos con un PH de 5.5 a 6.8. Algunos suelos tienden a salinizarse por el uso excesivo e indiscriminado de los agro-químicos que se emplean en la explotación de la caña de azúcar. Estos suelos son desarrollados a partir de sedimentos aluviales moderadamente gruesos, en relieve plano - cóncavo, con pendientes no mayores del 1%, pobremente drenados, sin evidencias de erosión, Geomorfológicamente esta unidad corresponde a cauces antiguos colmatadas o madre viejas del río Cauca. (Plan de Desarrollo Villa Rica, 2012-2015).

## 5. Antecedentes Investigativos

Según Escarria (2012), A nivel mundial, el tema de la afectación en la seguridad alimentaria por la expansión de los monocultivos intensivos, se encuentra muy poco desarrollado. En Colombia estas investigaciones no han sido aún muy ahondadas, para Bonett, (2008), ha influido la falta de voluntad política y gubernamental para solucionar este problema. En este sentido el poco interés que ha mostrado el estado frente al tema, ha aumentado el número de personas en estado de inseguridad alimentaria.

Aunque, en el departamento de Cauca son escasos los estudios en relación a este tema, se cree que la tendencia a reemplazar los cultivos clasificados dentro de los productos de seguridad alimentaria con el incompatible monocultivo de la caña de azúcar, ha incidido negativamente sobre la economía y el acceso a la alimentación campesina, por producción y consumo.

Lemos (2011), en trabajo conjunto con la FAO, a través del Programa de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano, realizó una investigación en Puracé (Cauca), que consistió en diseñar una propuesta metodológica para determinar el estado de la soberanía y la seguridad alimentaria en una comunidad rural de este municipio. Las condiciones ambientales y socioculturales que brindan a esta comunidad la capacidad de producir sus alimentos bajo su propia cosmovisión, sirvió para realizar un diagnóstico que permitió formalizar un plan de acción orientado al mejoramiento y fortalecimiento de la seguridad alimentaria de esta población.

Así mismo, Duran (2011), realizó un trabajo en el cual propuso desde los cultivos de pancoger, aportar a la sensibilización de adoptar cultivos familiares en el sector rural del Municipio de Sabana de Torres, para garantizar su seguridad alimentaria.

Trabajó con varias familias del sector, propuso que las personas deben explotar sus capacidades para satisfacer sus necesidades, en ese sentido trabajó con la población tratando de empoderarlos y mejorar su proceso de trabajo de la tierra aportándoles en el mejoramiento de técnicas de cultivo y creación de huertas pancoger.

De esta manera tuvo en cuenta las leyes, protocolos y decretos adoptados por Colombia en el cumplimiento del derecho a la alimentación, donde el proyecto mostró una preocupación por la alimentación de las personas más vulnerables del Municipio.

Así mismo, a nivel mundial los temas relacionados con la sustentabilidad de los suelos empleados en el monocultivo de caña de azúcar, siguen siendo tocados de una manera trivial. En Colombia, Cenicaña es la entidad que con aportes financieros de los ingenios, desarrolla proyectos en todo lo relacionado con el sector azucarero, ha hecho

investigaciones sobre la caracterización de estos suelos, pero poco se ha ahondado en los cambios negativos que pueda generar este cultivo.

En ese sentido, se presentan algunos antecedentes investigativos encontrados, en lo que tiene que ver específicamente con los cambios en las propiedades fisicoquímicas y biológicas de suelos sembrados con caña de azúcar.

Henry y Ellis (1995), realizaron un estudio en el norte de la provincia Sudafricana de Zuzulandia, debido a una importante disminución en la productividad de los terrenos. El estudio consistió en cuantificar algunas propiedades físicas y químicas del suelo en zonas secas de bosque y de regadío cultivadas con caña de azúcar. Se tomaron muestras a diferentes profundidades de ambos suelos y en los cultivos de caña a edades de la planta entre uno y doce meses, usando fertilizantes inorgánicos. En ambas zonas se realizaron análisis físicos de densidad aparente, retención de agua en el suelo, textura y conductividad eléctrica del extracto saturado. Las mediciones químicas incluyeron pH, P, Zn, K, Ca, Mg, Na, S, Al y N total, acidez titulable, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica. Las diferencias de los resultados entre los suelos vírgenes y los cultivados con caña de azúcar, sirvieron para concluir que los suelos secos presentaron un aumento en su acidificación y en las zonas de regadío hubo acumulación de salinidad.

Estudios realizados por Wood (1985), señalan que los mejores rendimientos en la producción de caña de azúcar se dan en terrenos vírgenes. Los suelos con cultivos de caña de azúcar son más compactos, más ácidos, contienen menos materia orgánica y son más bajos en capacidad de intercambio catiónico. Estas diferencias reflejan la degradación del suelo causada por el cultivo intensivo. Además explica que los factores que contribuyen a la degradación de los suelos incluyen la compactación del suelo y la ruptura estructural que ocurre durante las operaciones de cosecha y cultivo, las pérdidas de materia orgánica debido a la quema de residuos de cosecha y la acidificación de los suelos debido a las grandes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados.

Morrison *et al* (2005), Realizaron un estudio sobre los cambios en algunas propiedades en un suelo de bosque secundario de la isla Fiji, que se sembró durante 25 años con caña de azúcar. El propósito de esta investigación fue indagar si la disminución de la producción del cultivo, se debía a la degradación de las propiedades biofísicas y químicas del suelo. En las muestras superficiales, se observó una disminución de material orgánico, se modificó la capacidad de intercambio catiónico y aumentó la densidad volumétrica del suelo. Muestras del subsuelo tomadas a 30-40 cm de profundidad, mostraron un aumento en el carbono orgánico y no hubo efectos significativos en los niveles de carbono orgánico a profundidades de 70-80 cm.

La investigación realizada por Escarria (2012), se centró en evaluar las características físico-mecánicas, microbiológicas y químicas de los suelos con vocación agrícola en el corregimiento de Cauca jurisdicción del municipio de Cartago, Departamento del Valle del Cauca, para identificar los niveles de afectación positiva y negativa generadas por los sistemas de producción utilizados en el monocultivo de caña de azúcar y así determinar la capacidad de estos suelos para el establecimiento de cultivos que garanticen la seguridad alimentaria. Los parámetros estimados en la afectación de los suelos por el establecimiento de monocultivos de mayor incidencia fueron: Propiedades Fisicoquímicas, microbiológicas, áreas sembradas en los diferentes cultivos. La comparación dio como resultado que el cultivo de la caña de azúcar ha generado una afectación negativa con una intensidad baja, debido a las labores propias del monocultivo.

## 6. Justificación

Actualmente se reconoce que, en términos de seguridad alimentaria, la disponibilidad de alimentos no es problema en Colombia. Sin embargo, el monocultivo de la caña de azúcar acapara grandes extensiones de tierra que traen consigo no solo deterioro ambiental por la degradación de suelos y contaminación de los recursos, sino que significan deterioro de la calidad de vida, aumento de la pobreza rural, asociado con la agricultura tradicional, entre otros, con la consecuente competencia de recursos naturales orientados a la producción de alimentos. (Ávila y Carvajal, 2015).

En palabras de los pobladores de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca):

*“La aspersión aérea de herbicidas y plaguicidas para el control de malezas y plagas en los cañaduzales, afectó las fincas y cultivos colindantes, agotando los terrenos y volviéndolos poco productivos”.*

Esta es una de las causas que los indujo a acabar con varias fincas tradicionales y cultivos de pancoger, para vender o alquilar sus terrenos para el monocultivo de caña de azúcar, convirtiendo a algunos que aún poseen tierras, en pequeños colonos de las mismas agroindustrias, transformando sus destrezas culturales en cuanto a la explotación y aprovechamiento de la tierra.

Al menguar las fincas tradicionales y cultivos de pancoger, se nota la carencia de alimento en las propias parcelas de los campesinos de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca), incidiendo negativamente en la producción y disponibilidad de alimentos para su canasta familiar, que dada su condición de pobreza es difícil suplir por otros mecanismos. Esta situación sugiere buscar una mirada prospectiva que permita visualizar nuevas maneras de explotar la tierra.

## **7. Objetivos**

### **7.1. Objetivo general**

- Evaluar la incidencia de la siembra intensiva de caña de azúcar en la fertilidad del suelo y su efecto en la producción de alimentos a partir de la agricultura tradicional de la vereda Agua azul, municipio de Villa Rica - Cauca.

### **7.2. Objetivos específicos**

- Determinar el impacto alimentario ocasionado por el cambio de cultivos transitorios o pancoger a cultivo de caña de azúcar en la comunidad de la vereda Agua azul (Villa Rica-Cauca).
- Realizar un análisis comparativo de las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos con cultivos de caña de azúcar y suelos con cultivos transitorios o pancoger.
- Valorar el uso sustentable de suelos sembrados con caña de azúcar y suelos con cultivos transitorios o pancoger.

## 8. Marco Contextual

### 8.1. Marco Teórico.

**8.1.1 Seguridad Alimentaria.** El concepto de Seguridad Alimentaria surge en la década del 70, basado en la producción y disponibilidad alimentaria a nivel global y nacional. En los años 80, se añadió la idea del acceso, tanto económico como físico. Y en la década del 90, se llegó al concepto actual que incorpora la inocuidad y las preferencias culturales, y se reafirma la Seguridad Alimentaria como un derecho humano. (FAO., 2004)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), desde la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de 1996, la Seguridad Alimentaria *“a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana”*.

Desde sus inicios, las Naciones Unidas han establecido el acceso a una alimentación adecuada como derecho individual y responsabilidad colectiva. La Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 proclamó que *"Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación..."* 20 años después, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1996) elaboró estos conceptos más plenamente, haciendo hincapié en *"el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso la alimentación..."*, y especificando *"el derecho fundamental de toda persona a estar protegida contra el hambre"*.(FAO., 2009).

Así pues ¿qué diferencia hay entre el derecho a estar protegidos contra el hambre y el derecho a tener una alimentación adecuada? El primero de estos derechos es fundamental. Significa que el Estado tiene la obligación de asegurar, por lo menos, que las personas no mueran de hambre. (FAO., 2009).

Como tal, está intrínsecamente asociado al derecho a la vida. Además, no obstante, los Estados deberían hacer todo lo posible por promover un disfrute pleno del derecho de todos a tener alimentos adecuados en su territorio, en otras palabras, las personas deberían tener acceso físico y económico en todo momento a los alimentos en cantidad y de calidad adecuadas para llevar una vida saludable y activa. (FAO., 2009).

Para considerar adecuados los alimentos se requiere que además sean culturalmente aceptables y que se produzcan en forma sostenible para el medio ambiente y la sociedad. Por último, su suministro no debe interferir con el disfrute de otros derechos humanos, por

ejemplo, no debe costar tanto adquirir suficientes alimentos para tener una alimentación adecuada, que se pongan en peligro otros derechos socioeconómicos, o satisfacerse en detrimento de los derechos civiles o políticos.

### **8.1.2 Caña de Azúcar**

**8.1.2.1 Historia.** La caña de azúcar es uno de los cultivos más viejos en el mundo, se cree que empezó hace unos 3.000 años como un tipo de césped en la isla de Nueva Guinea y de allí se extendió a Borneo, Sumatra e India. El proceso del azúcar se escuchó primero en la India tan temprano como en el 3.000 A.C. Una leyenda local en las Islas de Salomón dice que los antepasados de la raza humana se generaron de un tallo de la caña. Una corona hecha de caña de azúcar se describe en el Atharvaveda, libro sagrado de los hindúes, escrito aproximadamente 800 A.C. El general griego Nearchus, quien acompañó a Alejandro el Grande a la India en el IV siglo A.C. cuenta de una caña que produjo 'miel' sin la ayuda de las abejas. (Procaña, 2014).

Cristóbal Colón introdujo la caña en América en su segundo viaje (1493) a la Isla de La Española, cañas que no prosperaron. Tan sólo en 1501 fueron introducidas plantas que sí crecieron. El éxito de las plantaciones de azúcar en el Santo Domingo llevó a su cultivo a lo largo del Caribe y América del Sur. (Procaña, 2014).

**8.1.2.2 Caña de Azúcar en Colombia y el Valle del Cauca.** En Colombia se plantó por primera vez en Santa María La Antigua del Darién en 1510. Pedro de Heredia, fundador de Cartagena, introdujo la caña en la Costa Atlántica alrededor de 1533 y posteriormente Sebastián de Belalcázar, fundador de Santiago de Cali, la plantó en el Valle del Cauca, en su estancia en Yumbo en 1541. Hacia 1550 se fundaron tres ingenios a orillas del río Amaimé y desde esta región se envió azúcar y miel a Panamá en 1588. Para 1721 había en el Valle del Cauca 33 trapiches en funcionamiento. (Procaña, 2014).

La caña cultivada en ese entonces se denomina criolla, originada de las cañas introducidas por los españoles. Durante su visita a nuestro país el sabio alemán, Alexander Humboldt, recomendó a los hacendados vallecaucanos la variedad Tahití u Otahití la cual fue introducida al Valle del Cauca entre 1802 y 1808 y se esparció por el territorio colombiano. Un paso importante en el desarrollo azucarero del Valle del Cauca fue el establecimiento por parte de Santiago Eder en 1867 de un molino de 3 masas horizontales, accionado por rueda de hierro que giraba con el impulso de las aguas del río Nima. (Procaña, 2014).

Se puede afirmar que la moderna industria azucarera colombiana se inició el 1 de enero de 1901 al inaugurarse en Palmira la fábrica de azúcar blanco granulado del actual Ingenio Manuelita con centrífugas y equipos a vapor importados de Escocia, los cuales subieron la

capacidad de molienda hasta 50 toneladas de caña cada doce horas. En 1926 se fundó el Central Azucarero del Valle conocido desde entonces como Ingenio Providencia, con capacidad de molienda de 500 toneladas de caña en 24 horas, por gestión de Modesto Cabal Galindo. En 1928 empezó producción el Ingenio Riopaila, por obra de Hernando Caicedo. (Procaña, 2014).

En la década de 1930 a 1939 aparecieron en el Valle del Cauca los ingenios, Mayagüez por decisión de Nicanor Hurtado; Bengala de José Mejía; Perodías de los hermanos Restrepo Plata; la Industria de Francisco Caldas y María Luisa de Ignacio Posada. La comarca se convertía en la de mayor producción de azúcar centrifugado de Colombia. El país era todavía importador de azúcar. La vallecaucanía se había convertido en el mayor productor azucarero en el país. En la década de 1940 a 1949 nuevos empresarios montaron ingenios. (Procaña, 2014).

**8.1.2.3 La Caña de Azúcar y el Sector Productivo.** El sector azucarero colombiano se encuentra ubicado en el valle geográfico del río Cauca, que abarca 47 municipios desde el norte del departamento del Cauca, la franja central del Valle del Cauca, hasta el sur del departamento de Risaralda. En esta región hay 223.905 hectáreas sembradas en caña para azúcar, de las cuales, el 24% corresponde a tierras propias de los ingenios y el restante 76% a más de 2.000 cultivadores de caña. (Asocaña, 2012).

Dichos cultivadores abastecen a los 13 ingenios de la región (Cabaña, Carmelita, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Risaralda, San Carlos, Tumaco, Río Paila-Castilla, Incauca y Providencia). Desde 2005, cinco de los trece ingenios tienen destilerías anexas para la producción de alcohol carburante (Incauca, Manuelita, Providencia, Mayagüez y Risaralda). (Asocaña, 2012).

En Colombia, en el año 2013 se produjeron 2,12 millones de toneladas de azúcar a partir de 21,56 millones de toneladas de caña. De alcohol carburante se produjeron 387 millones de litros, destinados a la mezcla con gasolina en una proporción E8 (8% etanol, 92% gasolina), de acuerdo con el mandato de oxigenación establecido por el gobierno desde noviembre de 2005. En la actualidad se da cobertura a todo el territorio nacional.

El consumo nacional de azúcar en Colombia fue de 1,6 millones de tmvc, destinado en un 52% al consumo directo en los hogares y un 48% a la fabricación de productos alimenticios, bebidas para consumo humano y otros productos industriales. En el año 2011 se exportaron 942 mil tmvc de azúcar, de las cuales el 80% se dirigió a Chile, Islas del Caribe, Perú, Estados Unidos, Haití, México y Bolivia. El resto del azúcar se exportó hacia múltiples destinos alrededor del mundo. (Asocaña, 2012).

**8.1.3. El Suelo.** Casi todos los suelos se forman a partir de roca (llamada roca madre) que es degradada paulatinamente en partículas cada vez más pequeñas por procesos de intemperismo biológico, químico y físico. Otros factores formadores del suelo son: el clima, los organismos vivos, el relieve y el tiempo. Su acción determina la dirección, velocidad y duración de los procesos formadores. La desintegración de la roca sólida en partículas minerales cada vez más finas y la acumulación de materia orgánica en el suelo requieren un tiempo muy largo, por lo común de miles de años. El suelo se forma de manera continua a medida que se va degradando la roca madre. El espesor del suelo varía desde una película delgada hasta más de 3 metros (suelos desarrollados) (Porta *et al*, 2003).

El suelo está constituido por capas llamadas horizontes; el arreglo de los horizontes en el suelo se llama perfil edáfico. Los horizontes se definen como una capa de suelo aproximadamente paralela a la superficie, con características producidas por los procesos de formación, la textura, el espesor, el color, la naturaleza química y la sucesión de los diferentes horizontes que caracterizan un suelo y determinan su calidad. Los niveles que resultan de los procesos de formación de un suelo se clasifican en seis grupos u horizontes principales O, A, E, B, C, R. (Jaramillo, 2002).

**8.1.3.1 Microorganismos del Suelo.** En este grupo se incluyen organismos microscópicos, tanto vegetales (microflora), como animales, (microfauna); a la microflora pertenecen las bacterias (eubacterias y archaeobacterias), los hongos y las algas, en tanto que a la microfauna pertenecen los protozoarios. La microbiota del suelo se establece, preferencialmente, en la rizosfera: región del suelo bajo la influencia inmediata de la raíz, la cual se caracteriza por tener alta cantidad de carbono disponible. En ella la cantidad de microorganismos disminuye al aumentar la distancia a partir de la superficie de la raíz de las plantas y al aumentar la profundidad en el suelo (Paul y Clark, 1989; Pritchett, 1991).

Los microorganismos del suelo, aparte de suministrarle una buena cantidad de biomasa al mismo y de causar, en algunos casos, problemas fitosanitarios en los cultivos, intervienen activa y directamente en ciclos geoquímicos como el del C, el del N, el del P y el del S, que son los más conocidos. También toman parte en una buena cantidad de procesos y reacciones que tienen que ver con la nutrición vegetal. (Jaramillo, 2002)

A continuación se describen los principales grupos de microorganismos del suelo y sus características más sobresalientes.

**Bacterias:** Son los microorganismos más numerosos y más pequeños del suelo; la mayoría son heterótrofos y son organismos importantes en los procesos de descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de energía y de nutrientes como N, P, S, Fe y Mn; el tipo

más importante, desde el punto de vista de los suelos, es el de las Eubacterias. (Jaramillo, 2002)

Los actinomicetos son bacterias aeróbicas, grampositivas, filamentosas y parcialmente ácido resistentes, ampliamente distribuidas en el suelo, así como también en otros ambientes naturales del mundo. Inicialmente fueron clasificadas como hongos pero, debido a los estudios de los componentes de su pared celular, se reclasificaron dentro del orden de los Actinomycetales. (McNeil y Brown, 1994)

Los actinomicetos exceden en número a todos los microorganismos del suelo. Representan un grupo ubicuo de microorganismos ampliamente distribuido en ecosistemas naturales y tienen gran importancia en la participación de la degradación de materia orgánica, además de ciertas propiedades fisiológicas que los hacen particulares (Ghanem *et al*, 2000).

En el suelo se encuentran en casi todos los tipos y bajo condiciones extremas disminuyen levemente la concentración de la población. Su número varía en gran proporción según el caso, pero es común encontrarlos en suelos fértiles con concentraciones de  $10^6$  UFC·g<sup>-1</sup> de suelo seco.

Por lo general se aíslan cepas de actinomicetos en la superficie del suelo y en profundidades entre 2 y 15 cm, más allá de esta profundidad disminuye la cantidad de éstos. El tamaño de la comunidad depende del tipo del suelo, particularmente de algunas de las características físicas, del contenido de materia orgánica y del pH del medio ambiente (Tate, 2000).

Hongos: Son organismos que participan activamente en la descomposición del litter (residuos vegetales frescos) en los suelos ácidos y en la humificación en ellos; son heterótrofos y muy eficientes en la descomposición de compuestos resistentes a las bacterias, como celulosa, hemicelulosa, lignina, grasas y almidones (Pritchett, 1991).

Además, los hongos juegan un importante papel en la nutrición de las plantas, porque forman asociaciones con sus raíces llamadas micorrizas. Cochran *et al* (1994), sostienen que por lo menos en el 85% de las plantas se presentan asociaciones micorrícicas; además, compiten activamente con la planta por nitratos y amonio. El micelio de algunos de ellos puede causar hidrofobicidad en el suelo. Son abundantes las especies fitopatógenas. (Jaramillo, 2002).

Algas: Son organismos fotoautótrofos importantes en el proceso de colonización del material parental. Ellas inician el proceso de formación de suelo. Además, en suelos ya formados, son una fuente importante de materia orgánica (Burbano, 1989).

Protozoarios: Son animales que digieren partículas de materia orgánica no soluble, transformándola en soluble. Además, controlan poblaciones de microorganismos en el suelo, ya que se alimentan de bacterias y de algas (Burbano, 1989; Pritchett, 1991).

**8.1.3.2 Propiedades Físicas del suelo.** Las propiedades físicas de un suelo tienen mucho que ver con la capacidad que el hombre les da para muchos usos. Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. están íntimamente conectados con la condición física del suelo (Porta *et al*, 2003).

En este trabajo se describen algunas propiedades físicas muy importantes para evaluar las condiciones de fertilidad del suelo:

Textura: Es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar) y son definidas, según varias instituciones internacionales. (Jaramillo, 2002)

Densidad Real: Un medio de expresión del peso del suelo se manifiesta según la densidad de las partículas sólidas que lo constituye. Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2,60 a 2,7 g/cc. (Buckman y Brady, 1966).

Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo afecta marcadamente a la densidad de partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2,4g/cc. También se le define como el peso de un volumen conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (Buckman y Brady, 1966).

Densidad aparente: Es la densidad del suelo que se calcula teniendo en cuenta el espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, razón por la cual depende de la organización que presente la fracción sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, su contenido de materia orgánica, su humedad (en especial en suelos con materiales expansivos) y su grado de compactación, principalmente. En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posea. (Jaramillo, 2002).

Para las condiciones climáticas predominantes en la zona azucarera del valle geográfico del río Cauca, se han establecido tres categorías de suelo según el contenido de MO: baja <2%; media entre 2%-4%; alta > 5%. (Quintero, 1995; Jaramillo, 2007)

Por otro lado, Quintero (2003), menciona que en la parte plana del Valle geográfico del río Cauca el 32% de los suelos contiene menos de 2% de MO, el 63% contiene entre 2% y 4%, y el 5% restante contiene más del 4% de MO.

Sin embargo, observaciones preliminares realizadas por García (2009), indica que en los últimos 40 años se ha perdido el 50% de la MO en suelos del Valle del Río Cauca con valores actuales que oscilan alrededor de 1.5% en buena parte de los suelos.

Porosidad: Fracción agua/gases. Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O<sub>2</sub>) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire. Dependiendo del contenido de humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (Aguilera, 1989).

**8.1.3.3 Propiedades químicas del suelo.** Fassbender (1982), define la química de suelos como aquella parte de la ciencia del suelo que estudia la composición, las propiedades y las reacciones químicas de los suelos. Aquí solamente se describen algunas de sus propiedades.

El pH: La reacción del suelo es aquella propiedad que establece el grado de acidez o de alcalinidad que él presenta y tiene una gran influencia en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por esta razón, es una de sus propiedades más importantes. (Jaramillo, 2002).

La reacción del suelo se evalúa al determinar el pH del mismo, el cual, según Fassbender (1982), es una relación entre los contenidos de protones y de iones OH<sup>-</sup>, por lo cual se cumple que en agua pura  $pH + pOH = 14$ ; la relación anterior implica entonces que una solución tendrá una condición neutra ( $pH = pOH$ ) cuando su pH sea igual a 7.0.

De acuerdo a los valores de pH la clasificación de suelos puede variar entre los expertos de la ciencia del suelo, sin embargo, de manera general se dice que un suelo es fuertemente ácido si su pH es menor que 5.0 lo que indica que es muy deficiente en bases; moderadamente ácido, si el suelo tiene un pH que varía de 5.0 a 6.0, lo que indica moderada deficiencia de bases; ligeramente ácido cuando el suelo tiene un pH menor que 7.0 pero generalmente más que 6.0; neutro debido a que tiene un pH de aproximadamente

7.0; básico cuando el suelo tiene un pH mayor a 7.0 y alcalino cuando el pH es mayor a 8.5 cuando esto sucede indica la presencia de sodio. (Porta et al., 2003).

**Materia Orgánica:** Esta constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo así como sustancias producidas por los organismos del suelo.

La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (Bornemisza, 1982).

**Macro elementos:** Dentro de los macro elementos se distinguen elementos primarios, que son los elementos que, de forma general, requieren mayor cantidad las plantas, no estando disponible en la solución del suelo y, por tanto, requieren ser aplicados al suelo en forma de abono. Este grupo de elementos está formado por nitrógeno, fósforo y potasio. Los elementos secundarios, son elementos que necesita la planta en grandes cantidades, pero que normalmente el suelo aporta las necesidades y no requiere adición. Lo forman el calcio, azufre y magnesio. (Aguilar, 2013).

El nitrógeno es el principal de los macroelementos en los abonados, por lo que se ha de cuidar que la alimentación nitrogenada de la planta sea siempre suficiente, sin embargo, un exceso de nitrógeno puede provocar graves consecuencias para la planta y el medio ambiente. El fosforo es un factor de crecimiento de los vegetales y la absorción del mismo va ligada a la del nitrógeno. La función del potasio es la de formación de hidratos de carbono y acumulación en los órganos de reserva, hace la planta resistente a la sequía. (Aguilar, 2013).

La cantidad de azufre en forma asimilable en el suelo depende de la riqueza de humus y la actividad biológica del suelo. El suelo en general contiene grandes cantidades de magnesio aunque en forma muy poco soluble. Presenta interacciones importantes con el potasio y el calcio, produciendo dificultades de absorción de magnesio con la presencia de estos elementos. El calcio suele abundar en el suelo, salvo en suelos ácidos que pueden producir deficiencias. En el suelo, el calcio se presenta formando parte de numerosos minerales y en forma de ion calcio, que es la que toma la planta de la solución de suelo. (Aguilar, 2013).

**Micronutrientes:** El zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe) y manganeso (Mn) son los micronutrientes más estudiados por su relación con el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos (Ratto, 2006).

En el suelo pueden encontrarse formando parte de minerales primarios, ocluidos en óxidos y/o carbonatos, formando complejos con la materia orgánica, como cationes de cambio y como fases solubles en la solución del suelo (Shuman, 1979).

La disponibilidad de los micronutrientes está fuertemente condicionada por las propiedades físico-químicas de los suelos, dado que éstas regulan la distribución de los mismos entre las distintas fracciones. Entre estas propiedades se encuentran la reacción del suelo, concentración de carbonato de calcio, capacidad de intercambio catiónico, concentración de otros nutrientes en la solución del suelo, contenido de materia orgánica y textura (Álvarez *et al.*, 2006).

Si bien el contenido total de los micronutrientes es un indicador de su reserva potencial en el suelo, dicha información no es suficiente para determinar su biodisponibilidad (Ortiz & Alcañiz, 2006).

#### **8.1.3.5 Métodos de Análisis de Suelos: Reacción del suelo o pH:**

Para su determinación se usa el potenciómetro con electrodo de vidrio y suelo y suelo: agua en una relación por peso de 1 a 2; esto es, a 25 g de suelo seco se agregan 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada. La suspensión se agita durante 20 minutos, luego se deja en reposo durante 10 minutos, se agita y se lee el pH en el potenciómetro. (CENICANÑA, 1982). También se utiliza la relación suelo: agua por volumen 1:1, o sea, a 10 cm<sup>3</sup> de suelo se agregan 10 cm<sup>3</sup> de agua destilada, la mezcla se deja en reposo durante una hora, se agita y se lee en potenciómetro. (ICA, 1982). La relación del suelo se expresa en unidades de pH.

Materia orgánica: Se calcula directamente mediante la determinación de carbono (C) orgánico por el método de Walkley Black. El carbono orgánico se oxida con ácido sulfúrico concentrado y posteriormente se determina en forma colorimétrica. La materia orgánica del suelo se expresa en porcentaje (ICA, 1992; CENICANÑA, 1982).

Fosforo (P) Intercambiable: En el método Bray II (utilizado para suelos ácidos), la extracción del fosforo disponible se efectúa con una mezcla de fluoruro de amonio (NH<sub>4</sub>F) 0.03 N y ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N. Otro método es el Olsen, que se efectúa a suelos básicos, empleando una solución extractora de bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) 0.5 N ajustada a un pH de 8.5 con hidróxido de sodio (NaOH). Este método se usa preferiblemente en suelos calcáreos. (Marín, 1983; De Geus, 1967).

Bases Intercambiables: Las bases intercambiables (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup>) se extraen con acetato de amonio normal y neutro y se determinan en el espectrofotómetro de absorción atómica. Los contenidos de las bases intercambiables se expresan en meq/100 g o en cmol/Kg. (ICA, 1992; CENICANÑA, 1982).

Textura: El análisis físico-mecánico o de textura se hace por el método de Bouyoucos o del hidrómetro. Como agente dispersante se utiliza una solución de hexametáfosfato y carbonato de sodio. La textura del suelo se denomina según el tamaño o los tamaños de las partículas que predominan en el suelo, así tenemos arenosa (A), arenosa-arcillosa (A-Ar), franco-arenosa (F-A), franca (F), franco-limosa (F-L), limosa (L), franco-arcillo-arenosa (F-Ar-A), franco-arcillosa (F-Ar), franco-arcillo-limosa (F-Ar-L), arcillo-arenosa (Ar-A), arcillo-limosa (Ar-L), arcillosa (Ar). (ICA, 1992).

Análisis microbiológicos: La cuenta viable de microorganismos del suelo puede realizarse por la técnica de cuenta en placa o la técnica del número más probable (NMP). Los principios fundamentales de estas técnicas son: (1) dispersión de una muestra en un diluyente apropiado (solución fisiológica), (2) distribución de una alícuota a un medio apropiado de crecimiento, (3) incubación bajo condiciones óptimas, y (4) conteo de las colonias desarrolladas o lecturas de tubos NMP. (Germida, 1993).

**8.1.3.6 Interpretación de los Resultados de Análisis de Suelo:** Reacción del suelo o pH: La caña de azúcar tolera una gran variabilidad en cuanto a la reacción del suelo o pH se refiere: sin embargo se considera óptimo el valor de pH de 6.5 que equivale a un suelo muy ligero de acidez. En la parte plana del valle geográfico del río Cauca predominan suelos en pH entre 5.5 y 7. (Quintero, 1993).

En general, se considera a los suelos con valores de pH inferiores a 5.5 como fuertemente ácidos; en ellos se pueden restringir el desarrollo normal de la caña de azúcar, principalmente debido a la presencia de aluminio (Al) intercambiable, hierro (Fe) y manganeso (Mn) en niveles tan altos que pueden causar toxicidades en el cultivo e impedir la absorción del fósforo del suelo. (Quintero, 1993).

En estos suelos muy ácidos se restringen las disponibilidades del calcio, el magnesio y el molibdeno (Mo). Suelos con valores de pH entre 5.5 y 5.9 son considerados como moderadamente ácidos; las disponibilidades de fósforo, calcio y magnesio se restringen un poco en estos suelos. Terrenos con valores de pH entre 6.6 y 7.3 se considera que el suelo es casi neutro. Aunque es una reacción adecuada para la caña de azúcar, las disponibilidades del fósforo y de los elementos menores o micronutrientes, excepto el molibdeno, se restringen un poco, especialmente la disponibilidad de estos últimos. (Quintero, 1993).

Suelos con valores de pH entre 7.3 y 8 se consideran alcalinos. Las disponibilidades de fósforo y micronutrientes excepto el molibdeno son bajas. Valores de pH superiores a 8 corresponden a suelos muy alcalinos, los cuales se caracterizan por la presencia de altos contenidos de sodio intercambiable y condiciones físicas inadecuadas. Estos suelos

requieren prácticas de recuperación que incluyen la aplicación de enmiendas, el mejorado del drenaje y el lavado. (Quintero, 1993).

**Materia Orgánica:** En la parte plana del valle del río Cauca, predominan los suelos con contenido de materia orgánica menores que 4%. La materia orgánica del suelo es fuente importante de nitrógeno, fósforo, azufre y de algunos elementos menores o micro nutrimentos. Tienen marcados efectos positivos en las propiedades físicas del suelo y aumenta su capacidad de intercambio catiónico. (Quintero, R. 1993).

**Fósforo Disponible:** La mayoría de los suelos de la parte plana del valle del río Cauca presentan contenidos de fósforo disponible superiores a 10 ppm, lo cual hace suponer que las probabilidades de obtener respuesta en la producción de caña de azúcar son relativamente bajas. (Quintero, 1993).

**Bases Intercambiable:** En relación con las bases intercambiables no solamente se debe tener en cuenta el contenido, sino también las proporciones o relaciones que existen entre ellas. En general, en relación se consideran como normal u óptima una relación Ca: Mg de 2:1. Por otra parte, si se incluyen los tres nutrimentos Ca, Mg y K, la relación 3:1:0,25 se considera como normal (ICA, 1992).

#### **8.1.4 Preparación del Suelo para Cultivo de Caña de Azúcar.**

La preparación del suelo consiste en ejecutar las operaciones de campo necesarias para proporcionar un ambiente apropiado para la óptima germinación de las semillas y el buen desarrollo del cultivo. Las semillas de caña requieren para germinación una relación definida de suelo-aire-agua. De la misma, el desarrollo del cultivo requiere de condiciones adecuadas de disponibilidad de agua, aireación, drenaje y nutrimentos. Lo anterior puede obtenerse mediante un buen control de calidad de las labores de preparación, la cual, a su vez, depende de la textura del suelo, el contenido de humedad en el mismo y de la disponibilidad apropiada de maquinaria e implementos de labranza. La preparación excesiva del suelo es perjudicial. En suelos con textura liviana aquella deteriora la estructura debido a la generación de agregados muy finos que favorecen la formación de costras en la superficie, la obstrucción de los macro poros y la acumulación de partículas finas a diferentes profundidades. (Rodríguez y Daza, 1995).

**8.1.4.1 Descripción de las Labores:** Descepada: Consiste en la destrucción e incorporación al suelo de los residuos de cultivos anteriores. Cuando los lotes son nuevos, generalmente estos residuos son de pastos y cultivos estacionales, y cuando son de cultivos de caña, están formados por trozos de cepas y residuos vegetales de la cosecha. Se utilizan tractores con rastro-arados con un número variable entre 10 y 28 discos y diámetros entre 28 y 32 pulgadas. (Rodríguez y Daza, 1995).

Subsuelo: Esta labor se ejecuta después de la nivelación y consiste en fracturar el suelo hasta una profundidad de 60 cm, con el fin de destruir las capas compactadas o impermeables y, de esta manera, mejorar la estructura y facilitar el movimiento del aire y el agua. Los implementos más utilizados para esta labor son los subsoladores rectos y los curvos que tienen mayor eficiencia y constan de 3 ó 5 vástagos de subsoladores de 60 cm de longitud separados 0.75 a 1.5 m y dispuesto en la barra porta-herramientas del tractor. (Rodríguez y Daza, 1995).

Arada: Esta labor se realiza generalmente después del segundo pase de subsolado. Tiene como objetivo fracturar y voltear el suelo hasta una profundidad de 30 y 40 cm, con el fin de favorecer la distribución de los agregados. La calidad de la labor está asociada con el grado de perturbación de los terrenos del suelo, asociada con el volteo e impacto de este por el implemento que gira a velocidades relativamente altas. Los implementos utilizados en esta labor son rastro-arados con dimensiones similares a los que se emplean en la decepada (Rodríguez y Daza, 1995).

Rastrillada: Tiene como finalidad destruir los terrones grandes resultantes en las labores antes descritas y garantizar, de esta manera, el buen contacto entre la semilla y el suelo. La calidad de esta labor depende de las mismas labores que condicionan la arada. (Rodríguez y Daza, 1995).

Surcada: Consiste en hacer surcos o camas donde se coloca la semilla o material vegetativo de siembre. Esta labor requiere definir previamente la dirección y el espaciamiento entre los surcos. Se ejecuta con un surcador provistos de tres vertebres y pautas dispuestas en la barra porta-herramientas para asegurar la continuidad y paralelismo entre los surcos. (Rodríguez y Daza, 1995).

Sistema de Riego y Drenaje: Los canales terciarios de riego se construyen en la cabecera de las suertes y las acequias de drenaje al final de los surcos. Ambos sirven para el manejo del agua a través del ciclo del cultivo. Los canales se construyen con un zanjador en forma de “V”, que tiene una demanda de potencia en el tractor, de oruga o enllantado. En condiciones normales de campo, estos canales conducen entre 60 y 100 litros por segundo de agua. (Rodríguez y Daza, 1995).

Siembra: En el valle geográfico del río Cauca, el sistema de siembra de caña común es el manual, que incluye los pasos siguientes:

1. Bandereo, que consiste en colocar banderolas cada 10 ó 12 m en forma de hileras a lo largo del surco. El espaciamiento entre hileras es de 30 surcos.
2. Semillas (esquejes) proveniente de cultivos sanos manejados en forma adecuada, se corta entre 7 y 9 meses de edad, se alza y transporta en vagones o camiones hasta el sitio de siembra. Una vez en el campo, el tractor con el vagón y los paquetes con esquejes, avanza sobre cada línea de banderolas y, en forma coordinada, dos operarios colocan los paquetes a cada lado en tres o cuatro surcos
3. Los esquejes se colocan en el fondo del surco en forma manual y se distribuyen de manera uniforme en los espacios señalados, quedando generalmente traslapados en longitud variable según la distancia de bandereo.
4. Por último se cubre el material en forma manual o mecánica con una capa de suelo de 5 cm. Esta labor se hace con un tractor liviano. (Viveros y Calderón, 1995).

Fertilización: La cantidad de nutrimento que extrae la caña de azúcar es diferente de acuerdo con la variedad, el tipo de suelo, el tipo de clima y el manejo del cultivo. El conocimiento de los requerimientos de los cultivos es una ayuda valiosa en la ejecución de programas de fertilización, si se toma como base el resultado del análisis de fertilidad del suelo y de sus características físicas más importantes. Los ingenios azucareros generalmente hacen dos aplicaciones de abonos durante todo el periodo vegetativo de la planta. Las fuentes de nitrógeno más utilizadas son la urea (46% de N), el sulfato de amonio (21% de N), el amoniaco anhidro (82% de N) y el fosfato di amónico o DAP (18% de N Y 20% de P). (Quintero, 1995).

Las fuentes comerciales de fósforo más utilizadas son el súper fosfato triple (20% de P y 14% de Ca), el fosfato di amónico DAP (20% de P y 18% de N) y la roca fosfórica (9.6% de P y 28% de Ca). También se utiliza la cachaza, una fuente orgánica de fosforo que contiene además otros elementos mayores y menores. (Quintero, 1995).

La vinaza, que es un residuo del proceso de la producción del alcohol carburante, se utiliza como una fuente de Potasio con el fin de aplicarlo en los primeros abonos en caña.

El cloruro de potasio (KCl) y el sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ), son las fuentes comerciales de potasio más conocidas; sin embargo la primera es de uso generalizado en los ingenios azucareros. (Quintero, 1995).

Cosecha: Existen dos tipos de Corte manual: Corte quemado y Corte en Verde (sin quemar). Ambos se hacen por parte de los corteros que colocan la caña en chorras o montones alineados para que luego sea alzada con uñas mecánicas a los vagones que la

transportaran a la fábrica. El corte mecánico también puede realizarse para caña en verde o caña quemada. La máquina cosechadora sobre orugas, corta un surco por pasada, pica la caña y por diferencia de peso separa las hojas de la caña. La cosechadora entrega la caña directamente a vagones que la reciben picada para llevarla directamente a fábrica (Madriñan, 2002)

#### **8.1.4.2 Variedades de caña de azúcar producidas en Colombia.**

- a. EPC: Las obtenidas en la Estación Experimental Palmira.
- b. ICA: Las generadas por el Instituto Colombiano Agropecuario, hasta 1975.
- c. C.C.: Las producidas a partir del año 1981 por CENICAÑA, que en la actualidad es la entidad que produce el mayor número de variedades de esta especie, con destino al sector azucarero.
- d. Algunas producidas por ingenios particulares como Mayagüez, Colombia (MZC) y Manuelita, Colombia (MC).

Las primeras variedades cultivadas fueron las criollas, luego las POJ, destacándose las POJ 28- 78 y POJ 27-14; posteriormente, las CP57-603, como las más sobresalientes (Corpoica – Sena, 1998).

Las variedades extranjeras PR 61-632, V 71-51 y las variedades Cenicaña Colombia (CC) han surgido en el sector azucarero colombiano, ya que combinan la resistencia al carbón, la roya y el mosaico, con una alta producción de caña y azúcar. Además, por la buena adaptación de algunas de estas variedades a suelos salinos, se están utilizando para reemplazar la variedad CO 421. Se consideran prometedoras porque aportan a las buenas prácticas agrícolas (BPA) en rendimiento por ser precoces (menor período vegetativo), con mayor concentración de azúcares y producción de caña, adaptabilidad y resistencia a insectos plagas y enfermedades, como la CC 84-75, CC 86-45, CC 85-47, CC 85-92, CC 85-23 y la CC 85-57. Las variedades CC son las que más se adaptan al clima y las características del suelo norte Caucaño y son las que ocupan gran parte de las cerca de 22000 hectáreas dedicadas a la agricultura en el municipio de Villa Rica Cauca. La variedad tiene un papel primordial en la capacidad productiva del cultivo, por la diversidad de condiciones de clima, suelo y manejo en cada región. Se deben seleccionar las variedades por unidad o nicho agroecológico; en estas condiciones es donde expresan su mejor potencial productivo. (Osorio, 2007).

## **8.2 Marco Legal.**

**8.2.1 Seguridad Alimentaria.** El Consejo Nacional de Política Económica y Social, aprobó el 31 de marzo de 2008, la POLÍTICA NACIONAL DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL (PSAN), mediante CONPES Social 113. Es el resultado de un proceso de participación y concertación entre entidades del nivel nacional, departamental y municipal, con organizaciones de la sociedad civil, organismos internacionales, universidades y gremios, entre otros, y por lo tanto se constituye en una política de Estado. (Conpes 113, 2008).

La Política está dirigida a toda la población colombiana, y requiere de la realización de acciones que permitan contribuir a la disminución de las desigualdades sociales y económicas, asociadas a la inseguridad alimentaria y nutricional, en los grupos de población en condiciones de vulnerabilidad.

**8.2.2 Producción Agrícola.** En cuanto a la oferta y la producción agrícola, la Constitución Colombiana establece en el artículo 65, que la producción de alimentos gozará de especial protección del estado, para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas. Además se promueve la investigación y transferencia de tecnología para la producción de alimentos y materias primas de origen agropecuario, con el propósito de aumentar la productividad. (Const., 1991, art. 65).

**8.2.3 Uso y Conservación del Suelo Agrícola.** El decreto 2811 de 1974 de la Constitución Política Colombiana en sus artículos 178, 179, 180 y 181, hace referencia al aprovechamiento del suelo de forma racional para mantener su integridad física y capacidad productora. De igual manera se debe propender por su uso apropiado a fin de garantizar su sostenibilidad. Además se alude velar por la conservación de los suelos para prevenir y controlar, entre otros fenómenos, los de erosión, degradación, salinización o revenimiento. Es importante mencionar también el control en el uso de sustancias que puedan ocasionar contaminación de los terrenos agrícolas.

## 9. Variables

Para saber si el monocultivo de la caña de azúcar ha incidido en el acceso a la alimentación de los habitantes de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca), se debe extraer información de los sujetos con más saberes ancestrales. Las siguientes variables cualitativas, son las más importantes de este estudio.

La edad del sujeto constituye un aspecto muy significativo, dado que el monocultivo de la caña de azúcar comenzó a intensificarse en la vereda a partir de la década de los setenta.

La procedencia de los habitantes es una variable importante, ya que si a pesar de ser un adulto mayor, su tiempo de residencia en la vereda Agua Azul, no es suficiente para conocer la problemática de la disponibilidad de alimentos a partir de su producción mediante la agricultura tradicional, la información extraída, carecería de profundidad y veracidad.

Los conocimientos previos, representan la ilustración que sirve como fuente de información primaria del estudio, ya que de ella se extraen narraciones de hechos, opiniones, actividades o sentimientos, útiles en la consecución de los objetivos de la investigación.

Las variables cuantitativas utilizadas en la comparación de los dos suelos, para saber los posibles cambios en sus constituyentes y su posible grado de afectación en la fertilidad y sustentabilidad del suelo, se obtienen en dos categorías:

Se toman como variables de control todas las mediciones que se hacen al suelo de la finca tradicional (Terreno Control), es decir: densidad aparente, textura, pH, materia orgánica (MO), fósforo disponible y potasio intercambiable, más las determinaciones de los cationes intercambiables calcio, magnesio, sodio y elementos menores (boro, zinc, cobre, hierro, manganeso), ya que estas representan las características fisicoquímicas y microbiológicas de los terrenos labrados por los campesinos de la vereda Agua azul, que aportan a la economía y el acceso a la alimentación de los hogares o grupos familiares.

Las mismas mediciones efectuadas al terreno “Control”. (Densidad aparente, textura, pH, MO, P, K, Ca, Mg, Na, B, Zn, Cu, Fe y Mn), son realizadas al suelo sembrado con caña de azúcar (terreno Experimental) y constituyen las variables dependientes, ya que después de hacer la comparación con las mediciones de las variables de “Control”, son las que definen el efecto (si lo hay), que pueda estar causando afectación en el suelo sembrado con el monocultivo.

## 10. Diseño Metodológico

### 10.1 Tipo de Investigación

La investigación tuvo dos componentes: la producción de alimentos a partir de la agricultura familiar y la fertilidad del suelo. En el primero se presenta un enfoque cualitativo y se sustenta en la investigación descriptiva, en la que se tiene en cuenta la comunidad como objeto de la investigación.

La segunda es un tipo de investigación explicativa, ya que se demuestra cuantitativamente una relación causa-efecto.

**10.1.1 Producción de alimentos a partir de la agricultura tradicional.** La investigación descriptiva intenta conocer, mediante la narrativa de los pobladores de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca), los contextos, costumbres y condiciones predominantes de la comunidad a través de la descripción de actividades, conocimientos y personas que permitan extraer información que compruebe si la expansión del monocultivo de la caña de azúcar, incidió en la disminución de las fincas tradicionales y por ende menguaron componentes básicos de su canasta familiar.

Al reunir una considerable cantidad de información a partir de una muestra representativa de sujetos, se extraerán generalizaciones válidas sobre la población que representa la muestra.

Teniendo en cuenta su bajo poder adquisitivo y que varias de sus necesidades básicas son insatisfechas, en la comunidad de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca), la disponibilidad de los alimentos, depende en gran manera de sus fincas tradicionales y sus cultivos de pancoger. Esta información se recopiló mediante un trabajo de campo consistente en visitas domiciliarias, en donde mediante entrevistas e interrogatorios también se indagó si los componentes de su canasta familiar en el pasado dependían de sus fincas tradicionales y cultivos pancoger y si siguen siendo las mismas o se han visto vulneradas por las nuevas actividades agrícolas de la región.

**10.1.2 Fertilidad.** Mediante un diseño experimental de medidas repetidas en el tiempo, se hizo un comparativo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en suelos, tomando como control un terreno con cultivos pancoger o finca tradicional y como muestra un suelo cultivado con caña de azúcar.

Con los resultados se estimó si las prácticas agrícolas usadas en el cultivo de caña de azúcar y el cultivo como tal, provocan cambios en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, y de ser así, que incidencia pueden tener en su fertilidad.

Además, se elucidará si el monocultivo de la caña de azúcar es una actividad sustentable para el suelo cultivable de la comunidad de Agua Azul (Villa Rica – Cauca).

## 10.2 Población y Muestra.

La población constituye el objeto de la investigación, siendo el centro de la misma y de ella se extrae la información requerida para el estudio respectivo. La totalidad de los habitantes de la vereda Agua azul (Villa Rica – Cauca), consta de 926 habitantes, de los cuales 432 son hombres y 494 son mujeres, distribuidos en las siguientes edades:

Tabla 2: Distribución etaria habitantes vereda Agua Azul

<b>Grupo Etario</b>	<b>Total</b>
Niños y niñas 0-12	256
Jóvenes 13-18	119
Adultos 18-56	480
Adultos mayores 56	71

Fuente: Sisben 2013

En este proyecto la unidad de análisis es indagar sobre la disponibilidad de los alimentos para la canasta familiar en el pasado y el presente de los habitantes de la vereda, por lo tanto la población la constituyen los 71 adultos mayores de 56 años.

Para poder generalizar los resultados, esta población se delimita con los adultos mayores que más tiempo llevan viviendo en la vereda Agua Azul (Villa Rica –Cauca), en consecuencia la muestra que se ha estimado para este estudio la constituyen las 20 personas con más tiempo habitando la vereda por ser las que más saberes y conocimientos ancestrales poseen.

En cuanto al trabajo experimental que pretendió determinar cuantitativamente la sustentabilidad del suelo cultivable de la vereda, se escogió un terreno perteneciente a uno de los moradores en el que aún se produce alimentos de pancoger o finca tradicional y otro terreno que también perteneciente a la vereda y que lleva vario años cultivándose con caña de azúcar de manera consecutiva. Para realizar el muestreo se siguió el protocolo descrito en el numeral 10.3.2

### **10.3 Procedimiento**

La propuesta metodológica consta de dos partes:

**10.3.1 Producción de Alimentos a partir de la agricultura tradicional.** La primera parte de la investigación tuvo como objeto de estudio a la comunidad, ya que de ella se extrajo la información conceptual requerida para establecer las condiciones con la que se dispone de los alimentos en la actualidad.

De este mismo grupo de personas se extrajo información concerniente a la alimentación cuando la finca tradicional y los cultivos de pancoger eran la fuente principal de los productos de su canasta familiar. Con este conocimiento se interpretaron las características del entorno en lo relacionado con el monocultivo de caña de azúcar y la producción de alimento.

El diseño metodológico que se aplicó fue la recolección de información mediante la observación directa, entrevistas, visitas domiciliarias, visitas a los diferentes cultivos de la vereda, entrevistas. Con estos instrumentos se obtuvo datos de manera fiable y sistemática.

**10.3.1.1 La observación directa.** Es una actividad del ser humano y además es un elemento fundamental para la investigación. Permitted observar los hechos tal cual como ocurren en el contexto de la vereda el Agua Azul (Villa Rica- Cauca) y sobre todo aquellos que le interesa y considera significativos al investigador. Se empleó básicamente para recolectar información de la extensión de las plantaciones de caña de azúcar, las fincas tradicionales y cultivos de pancoger, su relación con la producción de alimento en la población objeto de estudio. Esto se logró mediante visitas a las viviendas y a las diferentes plantaciones. En el proceso de observación intervinieron elementos muy precisos como son: el observador, persona que se encarga de codificar las situaciones o eventos ocurrentes y la situación observada, que es un complejo de múltiples eventos y relaciones.

Se empleó básicamente para recolectar datos que permitieron identificar la vulnerabilidad de los hogares respecto a la consecución de los alimentos, además del comportamiento o conducta que la población sigue para acceder a una alimentación adecuada.

**10.3.1.2 La Entrevista.** Utilizando el tipo de entrevista no estructurada en la que no se utilizan preguntas cerradas sino más bien preguntas abiertas, con el propósito de formularlas dependiendo del tipo de respuestas del entrevistado, sin un orden preestablecido, más bien una conversación, se logró indagar sobre la agricultura familiar en el pasado de los habitantes de la vereda Agua Azul, así como los hechos cronológicos que transformaron las fincas tradicionales y como incidió el monocultivo de caña de azúcar en el acceso a los alimentos de su canasta familiar.

**10.3.1.3 La Encuesta.** En este trabajo se utilizó el tipo de encuesta personal, basada en la elaboración de un cuestionario formado por una serie de preguntas formuladas y cuyas respuestas son anotadas por el investigador. Parte de la premisa de que, si se quiere conocer algo sobre el comportamiento de las personas, lo mejor, lo más directo y simple, es preguntárselo a ellas. El proceso de diseño de encuestas en este trabajo partió de los objetivos formulados y de la formulación del problema que en última instancia es la hipótesis de trabajo, y que se desarrolló descomponiendo las variables: producción de alimento, disponibilidad de alimento, agricultura familiar, caña de azúcar, que se identifican en el estudio.

La encuesta se estructuró con preguntas cerradas y abiertas en donde se identifican tres tópicos:

- El perfil del encuestado: donde se indaga sobre el tiempo de permanencia en la vereda, edad y la conformación de su hogar, etc.
- Tema investigativo: aquí se cuestiona a los encuestados acerca de la incidencia del cultivo de caña de azúcar en la producción de alimento para su canasta familiar, si poseen terrenos y que cultivan en ellos, si los alimentos que se consumen provienen de sus propios cultivos, si la alimentación ha cambiado respecto a la del pasado.
- Opiniones y Actitudes: mediante preguntas abiertas se consulta sobre la facilidad o dificultad para acceder a los alimentos, por qué la agricultura tradicional ha menguado, por qué los cañaduzales han aumentado (ver anexo 1)

La fig. 2, ilustra la participación activa de la comunidad en la realización de las encuestas y las entrevistas a los adultos mayores de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca).

Figura 2. Encuestas y entrevista con habitantes de la vereda Agua Azul



Fuente: Construcción propia

**10.3.2 Fertilidad y Sustentabilidad del Suelo.** Para estudiar la incidencia del monocultivo de la caña de azúcar en la fertilidad del suelo cultivable de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca), se requirió tomar muestras de suelo que desde hace varios años ha sido cultivado con caña de azúcar y otro que siempre ha estado ocupado por finca tradicional y ahora por cultivos de pancoger. A estas muestras se le realizó a nivel de laboratorio las determinaciones físico químicas de textura, densidad aparente, pH, materia orgánica, fósforo disponible, potasio intercambiable, cationes intercambiables (calcio, magnesio y sodio); Elementos menores (boro, zinc, cobre, hierro, manganeso).

Además se realizaron los análisis microbiológicos de mesófilos aerobios totales, hongos levaduras y actinomicetos. Esta información también fue cotejada con otras fuentes de información básica secundaria.

Esta segunda parte de la metodología constó de los siguientes pasos:

**10.3.2.1 Localización de los sitios de muestreo.** Para esta labor se contó con la colaboración de los campesinos de la zona para la ubicación de los terrenos a muestrear según los objetivos propuestos.

Para el terreno con cultivos pancoger, se referenció una finca tradicional con sembrados de plátano, yuca, guayabo, mango, maracuyá, naranja, limón y otros. El terreno que se escogió con caña de azúcar, lleva más de cinco años con este cultivo, antes fue una finca tradicional. (Ver Fig. 4)

**10.3.2.2 Toma de muestras para análisis físico químico.** Para tomar las muestras de los suelos, se utilizó un sistema de muestreo aleatorio sistemático, el cual consiste en escoger muestras de la población al azar, una por una, hasta completar el tamaño deseado y de allí se extrae una sola muestra que representa la población.

Fue necesario utilizar materiales como una pala, un balde, bolsas plásticas y un marcador (Fig. 3)

Las muestras se tomaron preferiblemente el mismo día o evitando que pasara más de un día entre la toma de muestras de los dos terrenos a fin de evitar interferencias en los resultados de análisis

Figura 3. Materiales para toma de muestra de suelos



Fuente: construcción propia

Siguiendo el procedimiento recomendado por Cenicaña, para muestreo de suelos, Inicialmente se limpió la superficie del suelo y con la pala se hizo un hueco en forma de “V” de unos 20 a 30 cm de profundidad. Con la misma pala se tomó una tajada de suelo de aproximadamente 3 centímetros de espesor de uno de los lados oblicuos del orificio. Se desecharon los bordes de la tajada de suelo y la porción que quedó en el centro de la pala se depositó en el balde. (Ver secuencia de imágenes fig. 4)

Figura 4: Procedimiento para toma de muestra de suelos



Fuente: Construcción propia

En la finca tradicional se tomaron unas 15 muestras escogiendo sitios al azar en forma de zag-zag con una distancia aproximada de 10 metros utilizando el procedimiento anteriormente descrito. De la misma manera se hizo en el cultivo de caña, dejando cinco surcos de intermedio. Las muestras se tomaron en el centro del entresurco y a un lado del surco en una consociación de aproximadamente 3200 m<sup>2</sup>. (Ver fig. 5).

Figura 5. Puntos de muestreo



Fuente: Construcción propia

Las porciones de suelo depositadas en el balde, fueron mezcladas para luego sacar una muestra compuesta por lote de terreno de aproximadamente 1 kg en dos bolsas plásticas, las cuales fueron rotuladas como “Suerte 1” para identificar el suelo de la finca tradicional y “Suerte 2” para la muestra del suelo cultivado con caña de azúcar. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de Cenicaña con su identificación para ser caracterizadas (Ver Fig. 6).

Figura 6. Muestras de suelo llevadas al laboratorio de Cenicaña



Fuente: Construcción propia

A estas muestras se le realizaron las determinaciones físico químicas de textura, pH, materia orgánica, fosforo disponible, potasio intercambiable, cationes intercambiables (calcio, magnesio y sodio); Elementos menores (boro, zinc, cobre, hierro, manganeso).

**10.3.2.3 Toma de muestras para análisis microbiológico.** En el muestreo para microbiológicos de los terrenos, se utilizaron elementos estériles como guantes, cucharas y bolsas.

En la secuencia fotográfica que sigue (fig. 7), se muestra la manera como se hizo el muestreo, siguiendo todas las recomendaciones hechas por la microbióloga del laboratorio de un Ingenio Azucarero.

Ponerse los guantes, escoger sitios donde no se observe perturbación del suelo como pisadas y labranzas recientes, adicionar la muestra con la cuchara en la bolsa, sellarla y rotularla.

Figura 7. Procedimiento toma muestras para microbiológicos



Fuente: Construcción propia

Las muestras de ambos terrenos, fueron llevadas el mismo día al laboratorio de microbiología de un Ingenio Azucarero, para los análisis microbiológicos de mesófilos aerobios totales, hongos, levaduras y actinomicetes.

**10.3.2.4 Toma de muestras para medición de densidad aparente.** Siguiendo el procedimiento descrito en Jaramillo (2012) se determinó la densidad aparente de ambos terrenos.

Los materiales utilizados fueron: dos cilindros metálicos de los cuales uno se conoce el volumen, una hoja de segueta, palustre, martillo plástico y bolsas de cierre hermético, como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Materiales para toma de densidad aparente



Fuente: Construcción propia

El cilindro metálico de volumen conocido, se introduce verticalmente en la superficie del suelo, con la ayuda del otro cilindro que se pone encima, se golpea con el martillo hasta que haya penetrado por completo en el suelo, evitando que se disturbe la muestra que queda dentro del cilindro (fig. 9a)

Figura 9a. Procedimiento medición Da.



Fuente: Construcción propia

Una vez se ha introducido todo el cilindro, se saca toda la tierra que tiene alrededor, teniendo cuidado de que este no se mueva de su posición. (Fig. 9b)

Figura 9b. Procedimiento medición Da.



Fuente: Construcción propia

Cuando ya se tiene listo, se desliza por la parte de abajo un palustre con firmeza, luego, se enraza los bordes con la segata y el contenido de suelo se deposita en una de las bolsas plásticas y se sella para ser llevada al laboratorio.(Fig. 9c)

Figura 9c. Procedimiento medición Da.



Fuente: Construcción propia

Se tomaron tres muestras en tres repeticiones en los terrenos en estudio. Una vez en el laboratorio, las muestras son secadas por 24 horas en un horno a 110 grados celcius. Luego de su secado, las muestras son pesadas y se toman los datos para posteriormente calcular la densidad aparente (Fig. 9d)

Figura 9d. Procedimiento medición Da.



Fuente: Construcción propia

**10.3.2.5 Frecuencia de muestreo.** Para el terreno con caña de azúcar: A fin de que las muestras que se llevan al laboratorio no se vean alteradas por fertilizantes no disueltos en el suelo, las muestras se tomaron acorde con el programa de fertilización de los ingenios, (ver tabla 2), en donde la aplicación de fertilizante se da durante los tres primeros meses después de la soca.

Se tomarán tres muestras espaciadas a 2, 10, y 20 semanas después de la soca del terreno escogido, para mirar la variación de los diferentes análisis.

Después de los tres meses es cuando la caña empieza a formar la mayor cantidad de biomasa (hojas, tallos cepas, raíces, etc.), se tomarán otras dos muestras a las 35 y 50 semanas a fin de observar el comportamiento de las diferentes variables.

Para el terreno con cultivo transitorio o pancoger: se tomaron las réplicas en las mismas fechas que en terreno con caña de azúcar, cabe anotar que este terreno no se realizó ningún programa especial de fertilización.

Tabla 3. Frecuencia muestreo

ÉPOCA	MUESTREO	PROPOSITO
Corte y recolección de caña- Tiempo cero, inicia la soca (Julio 27/14)	2 semanas	Evaluar el estado inicial del terreno.
Primera fertilización - 6 semanas después del corte (5 Sep./14)	10 semanas	Evitar residuos de fertilizante
Segunda fertilización 16 semanas después del corte (12 Nov. /14)	20 semanas	Evitar residuos de fertilizante
Formación de hojas, tallos, cepas raíces etc.	35 semanas	Evaluar incidencia del desarrollo de la planta
Asimilación de todos los nutrientes de las fertilizaciones.	50 semanas	Evaluar el estado final del terreno

Fuente: Construcción propia

**10.3.2.6 Análisis de la muestras.** Las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de Cenicaña donde se realizaron los análisis más característicos como son las determinaciones de textura, pH, materia orgánica, fosforo disponible y potasio intercambiable, más las determinaciones de los cationes intercambiables calcio, magnesio, sodio y elementos menores (boro, zinc, cobre, hierro, manganeso).

La densidad aparente será tomada en el campo y los análisis microbiológicos (mesófilos, actinomicetos, hongos y levaduras), se realizaran en el laboratorio de análisis microbiológico de un ingenio azucarero.

**10.3.2.7 Interpretación de resultados.** Una vez recolectados todos los datos, se realizaron diferentes medidas estadísticas como son media, mediana, desviación estándar, varianza, mínimo, máximo, coeficiente de variación, con los cuales se realizaron pruebas de correlación, con tablas y gráficos.

Como los resultados corresponden a medidas repetidas en el tiempo, se compararon las varianzas de cada variable entre el terreno control y el experimental mediante la prueba  $F$ .

Luego de establecer diferencias entre las varianzas, se determinaron la igualdad de las medias mediante las prueba  $t$  de Student, que con un nivel de significancia del 95%, se determinó si existían estadísticamente diferencias entre los resultados de análisis obtenidos en la finca control y el terreno experimental.

El modelo estadístico para definir si existen diferencias entre los dos grupos de datos, se basó en comparar las medias utilizando la prueba  $t$  de Student; la cual consiste en calcular el cociente de la diferencia de las dos medias y la diferencia de las desviaciones típicas.

Si la significación probabilística de la prueba  $t$  de Student indica una probabilidad menor de 0,050 (5%), se dice que ambas medias son distintas. Si por el contrario es un número mayor de 0,050, se concluye que no existen diferencias significativas entre las medias de los dos grupos analizados (Barceló, 2007).

La hipótesis nula  $H_0$ , (no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de datos) se acepta si la prueba  $t$  de Student  $> 0,050$ . La hipótesis alternativa  $H_1$ , (existen diferencias entre los dos grupos de datos) se acepta si la prueba  $t$  de Student  $< 0,050$ .

Es importante tener en cuenta que para aplicar la prueba  $t$  de Student, se necesita saber si las varianzas son iguales o diferentes. Se requiere por tanto comparar primero las varianzas y una vez que estas se han calculado, se comparan las medias. (Barceló, 2007).

La prueba de comparación de varianzas es la prueba  $F$ , que consiste en sacar el cociente de la varianza mayor entre la menor de las dos poblaciones comparadas.

Si la significación probabilística de la prueba  $F$ , indica una probabilidad menor de 0,050 (5%), se dice que ambas varianzas son distintas. Si por el contrario es un número mayor de 0,05 se concluye que los datos observados constituyen un subconjunto de una población general cuya varianza es igual (Barceló, 2007).

Para saber si las varianzas poblacionales son estadísticamente iguales o no, se utilizó la función “Prueba F para varianzas de dos muestras” disponible en la herramienta “análisis de datos” de Microsoft Excel 2010.

## 11. Resultados y Discusión

### 11.1 Producción de Alimentos a Partir de la Agricultura Tradicional.

**11.1.1 La Observación Directa.** La observación directa faculta al investigador a describir situaciones existentes usando los cinco sentidos, proporcionando un “fotografía escrita” de la situación de estudio. (Erlandson *et al*, 1993).

En ese sentido este instrumento permitió determinar que son pocas las viviendas donde habitan familias conformadas solamente por padres e hijos, ya que en la mayoría viven dos y hasta tres generaciones. Las casas se caracterizan por ser muy grandes y van desde construcciones en bareque, ladrillo en obra negra y unas pocas en obra blanca.

En cuanto a la alimentación de los habitantes de la vereda Agua Azul, en varias viviendas de observó que la base son algunas harinas como el arroz, maíz y plátano, leguminosas como frijol y lenteja; Exceptuando el plátano, todos son adquiridos en tiendas o poblaciones vecinas. No obstante quienes poseen fincas tradicionales adquieren varios alimentos que también son de consumo regular. El consumo de productos cárnicos o de órganos animales es bastante bajo lo que puede originar un bajo balance de la dieta alimentaria.

Se establecieron dos tipos de familias entre los habitantes de la vereda; en la primera se observa un tipo de vivienda que cuenta con patios muy amplios cuyo espacio puede variar entre unos tres mil a diez mil metros cuadrados que se caracteriza por tener en forma desordenada árboles frutales como guayabos, mandarinos, mangos, guanábanos, limones, aguacates, papayos, entre otros, además de ven muchas plantas de plátano, algunas arboles de cacao, yuca, café y se observan también algunas hierbas aromáticas y medicinales. Además es común ver pequeñas plantaciones de cultivos de maíz y zapallo.

A este sitio se le conoce como “finca” y se caracteriza por ser un espacio familiar, con un gran rol histórico y cultural, donde todos los miembros de la familia aportan con su trabajo al sostenimiento de la misma ya que de ella salen gran parte de los alimentos para la canasta familiar y en algunos casos aportan también al sustento económico.

En contraposición se observa otro tipo de vivienda aislada donde sus moradores no tienen la posibilidad de interactuar de manera cercana con las fincas tradicionales ni los cultivos de pancoger ya que se encuentran rodeadas del monocultivo de caña de azúcar, siendo este el que más ocupa los terrenos.

La observación realizada al área de estudio, permitió dar un paso muy importante dado el interés del investigador en indagar sobre la incidencia del monocultivo de caña de azúcar en la agricultura familiar, permitiendo ver que a pesar de que los habitantes la vereda tiene

vocación de campesinos, hay un grupo de personas que no tienen disponibilidad de alimentos de las cosechas de los terrenos de la vereda.

**11.1.2 La Entrevista.** Otro instrumento utilizado fue la entrevista cualitativa, que permite la recopilación de información detallada en vista de que la persona que informa comparte oralmente con el investigador aquello concerniente a un tema específico o evento acaecido en su vida, como lo dicen Fontana y Frey (2005).

La entrevista no estructurada puede proveer una mayor amplitud de recursos con respecto a los otros tipos de entrevista de naturaleza cualitativa. Según Del Rincón *et al.* (1995), el esquema de preguntas y secuencia no está prefijada, las preguntas pueden ser de carácter abierto y el entrevistado tiene que construir la respuesta; son flexibles y permiten mayor adaptación a las necesidades de la investigación y a las características de los sujetos.

En ese sentido se realizó con algunos moradores de la vereda una especie de evocación de lo que fue la finca tradicional y la agricultura familiar de la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca). Cuando se les preguntó su opinión acerca de la afectación de la agricultura familiar por la incidencia de los cañaduzales, y los posibles cambios en los hábitos alimenticios, se pudo entrever una gran nostalgia, ya que la finca tradicional representaba no solo el sostenimiento de sus familias por la diversidad de productos alimenticios, sino también el lugar para los juegos, los espacios culturales, el sitio donde crecieron y obtuvieron diferentes aprendizajes.

Doña Amparo, una anciana de 73 años que la trajeron siendo niña a la vereda afirmó:

*“Antes todos teníamos “finca”, sacábamos de todo lo que allí se producía para comer y llevábamos a vender en las poblaciones cercanas, toda la vereda estaba ocupada por “fincas”, era común ver la comida “dañándose” en los callejones y en ocasiones las cosechas eran tan productivas que no se alcanzaban a consumir ni vender, muchos productos se le echaban a las vacas, los cerdos y las gallinas. En cuanto a lo que se comía, eran pocas las cosas que se compraban en el pueblo, algunas cosas elaboradas como la sal y el azúcar, pero lo demás lo obteníamos de nuestra propia tierra”.*

Ante el anterior relato, forzosamente viene la pregunta, ¿entonces qué pasó con toda esa abundancia?, Es evidente que el aporte suministrado por la observación directa muestra que en el presente esta situación es totalmente diferente.

Don Iván Adulto de 68 años nos cuenta:

*“A mediados de los años 80, los técnicos de la Caja Agraria, convencieron a muchos campesinos que sus fincas eran poco productivas y sembrando*

*cultivos como maíz, soya y sorgo podrían obtener una mejor rentabilidad, ellos prestarían toda la asesoría técnica y el dinero para tal propósito, fue entonces cuando empezaron a tumbar muchas fincas para sembrar cultivos transitorios, pero por diferentes causas como plagas, clima, etc., muchas cosechas se perdieron e hicieron que muchos campesinos cada vez se endeudaran más con la entidad”.*

Siguiendo con la cronología de las fincas tradicionales y la agricultura familiar, el testimonio de don Luvisneldo de 70 años nos proporciona la continuación del relato anterior, él asegura que:

*“A pesar de que muchos propietarios se resistían a dejar entrar el monocultivo de caña de azúcar en la vereda, el deseo de saldar sus obligaciones económicas, hizo que escucharan atractivos ofrecimientos de colonos de los ingenios para comprar o tomar en alquiler los terrenos para este cultivo. Paulatinamente empezamos a ver como cada vez que el tiempo pasaba nos íbamos viendo más rodeados de cañales hasta llegar hasta lo que ahora usted ve”.*

En cuanto a los posibles cambios en los alimentos de la canasta familiar en el pasado y el presente de la vereda, doña Marthalía de 65 años dice:

*“Antes no necesitábamos trabajarle a nadie, porque las fincas tradicionales y la agricultura familiar nos proporcionaban lo más importante, la comida. Ahora, la mayoría de la gente jornalea en los cañales o a veces se rebuscan con trabajos informales, muchas veces no tenemos como comprar alimentos básicos y como casi no hay fincas, nuestra alimentación se ve notablemente afectada”*

Un compendio de lo dicho por los entrevistados, deja ver que el endeudamiento de los campesinos con la Caja Agraria, fue el detonante que coincidió con la política expansiva de los ingenios azucareros para permitir la ampliación del monocultivo. Esto redujo la existencia de las fincas tradicionales y la agricultura familiar, disminuyó la producción de alimentos que con el agravante de las precarias condiciones económicas de los lugareños, limitó el acceso amplio y suficiente a la alimentación.

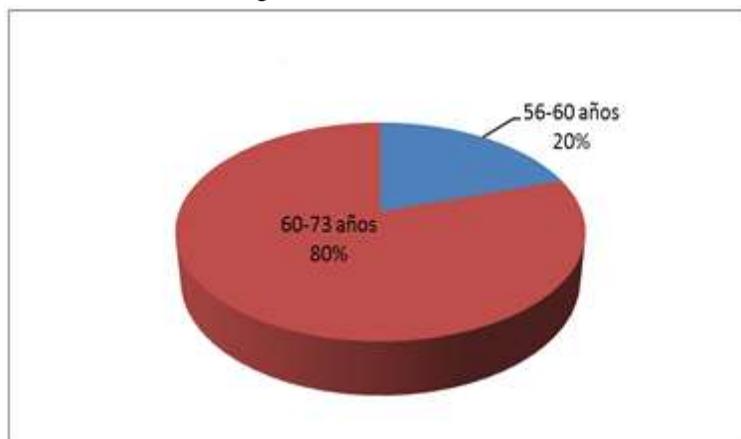
**11.1.3 La Encuesta.** La muestra estimada en 20 habitantes, objeto de estudio a la que se le aplico la encuesta y la entrevista, arrojó los siguientes resultados:

Perfil del encuestado: Todos los encuestados respondieron pertenecer al estrato uno, sin embargo se pudo entrever que muchas de sus necesidades básicas como el acceso al agua potable, alcantarillado y servicio médico son insatisfechas, además se pudieron apreciar precarias condiciones de vivienda en muchos de ellos.

La edad del encuestado toma parte importante en la realización de este trabajo, ya que solo las personas que han vivenciado la situación de la vereda durante muchos años, pueden tener testimonios confiables sobre si existe alguna afectación del cultivo de caña de azúcar en la alimentación de sus pobladores.

La figura 10, señala que el 20% tiene entre 56 – 60 años de edad y el 80% entre 60 – 73 años. Esta muestra corresponde al grupo de personas más longevas de la vereda y que más tiempo llevan viviendo en ella.

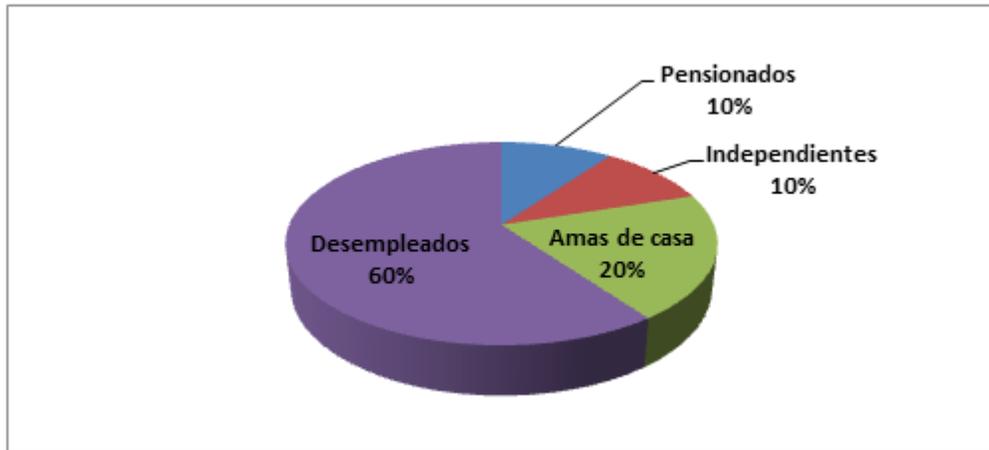
Figura 10. Edad encuestada



Fuente: Construcción propia

Como se observa en la figura 11, la investigación demostró que el 10% de los encuestados está pensionado por los ingenios azucareros; 10% dijeron tener labores independientes; 20% pertenecen al sexo femenino de las cuales todas son amas de casa y 60% restante no tiene empleo, cabe destacar que siempre han estado vinculados a las labores agrícolas y nunca laboraron en alguna industria, su sustento depende de ventas agrícolas, de terrenos arrendados a ingenios o a terceros para cultivar caña de azúcar y unos pocos se dedican a labores de jornalero en los cañales o fincas vecinas.

Figura 11: Nivel Ocupacional



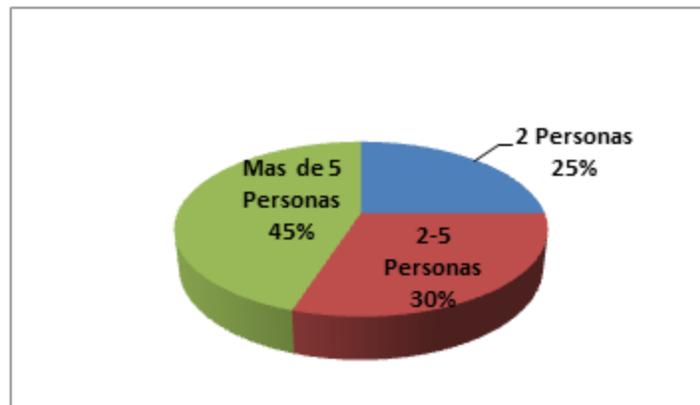
Fuente: Construcción propia

Se pudo constatar que esta situación refleja no solo la situación de los encuestados, sino del común de la vereda, dejando en evidencia que su condición social afecta los ingresos económicos de los hogares y por supuesto la consecución de alimentos para su canasta familiar.

La muestra caracterizada por las 20 encuestas, refleja un bajo nivel educativo de la población, debido a factores de carácter económico el 15% nunca asistió a una escuela y el 85% manifiesta haber cursado la educación básica primaria incompleta.

Vemos en la figura 12 que, el 25% de los encuestados respondió tener un hogar conformado por 2 personas; 30% entre 2- 5 y el 45% más de 5 miembros, no obstante se pudo comprobar que en una misma casa, podía convivir más de un hogar.

Figura 12. Composición familiar



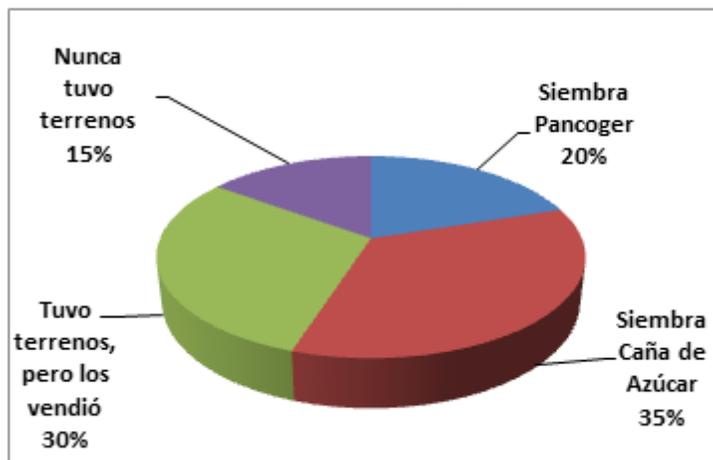
Fuente: Construcción propia

El análisis muestral arrojó que todos los encuestados llevan más de 10 años habitando la vereda; el 90% que equivale a 18 de los 20 encuestados y lleva más de 20 años en la vereda Agua Azul (Villa Rica – Cauca), los cuales conocen la realidad del lugar en cuanto a la posible afectación de la producción de alimentos a partir de la agricultura tradicional por el monocultivo de la caña de azúcar.

Tema de investigación: La actividad agrícola de los encuestados es importante en el tema de la incidencia del cultivo de caña de azúcar en la alimentación de los habitantes de la vereda, ya que dados los bajos ingresos económicos de la mayoría de los encuestados, la agricultura está ligada a los componentes de su canasta familiar.

El 20% de las personas censadas, posee terrenos propios y siembra cultivos pancoger o posee fincas tradicionales, 35% siembra caña de azúcar en sus terrenos ya sea en arriendo o por cuenta propia; el 30% tuvo tierras pero las vendieron y el 15% nunca ha tenido terrenos. (Ver fig. 13)

Figura 13. Actividad agrícola



Fuente: Construcción propia

Del total de los encuestados, el 65% ha cambiado sus cultivos pancoger o fincas tradicionales por caña de azúcar, muchos de ellos se quedaron sin terrenos. Las razones de esta situación ya se expusieron en las entrevistas.

Es interesante ver que el 30% de los individuos estudiados cambió su vocación de agricultor, ya que vendieron sus terrenos y manifestaron que en su gran mayoría se encuentran sembrados por caña de azúcar.

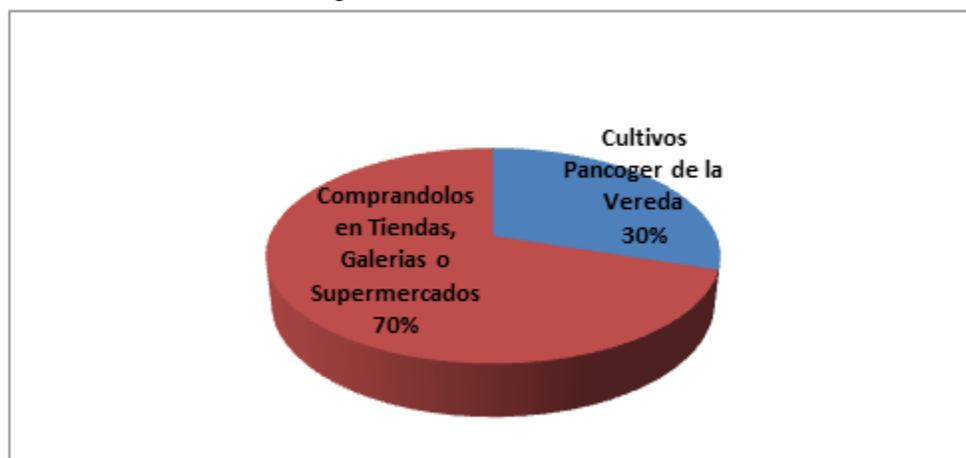
A esto se suma que los propietarios de tierras que son el 35%, ocupan sus terrenos con caña de azúcar ya sea porque ellos mismos la siembran o porque la han arrendado para este cultivo.

Solamente el 20% de los campesinos siembra cultivos pancoger o tiene fincas tradicionales. Como se ha venido insistiendo esta actividad es determinante en la composición de los productos de la canasta familiar de los habitantes de la vereda Agua Azul (Villa Rica-Cauca)

Los análisis anteriores permiten ver como a través del tiempo los terrenos de la vereda han ido cambiando sus cultivos tradicionales, hasta que gran parte de ellos han sido ocupados por caña de azúcar.

La figura 14 indica que el 70% de las personas que participaron en la encuesta afirma que ninguno de los alimentos de su canasta familiar se producen en la vereda, solo el 30% dice que algunos productos como plátano, banano, maíz, yuca, naranja, mandarina, guayaba, mango, limón, papaya, aguacate, y guanábana y otros, hacen parte de su dieta y son cultivados en la vereda.

Figura 14. Obtención de alimentos



Fuente: Construcción propia

Esta situación permite notar que si para algunas personas los alimentos de su canasta familiar no se producen en su vereda, deben adquirirse mediante la compra de los mismos. Se pudo comprobar que muchas veces no alcanzan a cubrir las tres comidas básicas y su balance nutricional no es el apropiado.

Con el fin de saber la opinión de los encuestados respecto a la incidencia del cultivo de caña de azúcar en los cultivos pancoger y en las fincas tradicionales como parte fundamental del acceso a los productos de su canasta familiar, se formuló la pregunta:

¿Considera que la caña de azúcar desplazó los cultivos pancoger?, todo el universo de las personas encuestadas dieron una respuesta positiva, de los cuales el 90% considera que este hecho ha afectado notoriamente su canasta familiar.

Como ya se explicó, la razón por la cual muchos habitantes de la vereda Agua Azul (Villa Rica –Cauca) cambiaron sus cultivos pancoger y sus fincas tradicionales a caña de azúcar o vendieron su tierra para el monocultivo, se llevó a cabo en dos fases:

- En el intento de volver sus fincas más productivas y obtener mayores ingresos económicos, tumbaron sus fincas para sembrar cultivos transitorios como maíz, sorgo y soya, para llevar a cabo esta actividad fue necesario adquirir créditos con la Caja Agraria (entidad bancaria del gobierno que fue liquidada hace varios años), por diferentes situaciones como el clima, inundaciones, plagas, etc. muchos campesinos perdieron sus cosechas y se fueron a la quiebra teniéndose que endeudarse más con la mencionada entidad bancaria que era la única a la que tenían acceso.
- Con el propósito de saldar sus compromisos crediticios vieron en la caña de azúcar que se estaba expandiendo notoriamente por toda la región, una alternativa para salir de sus deudas, algunos se iniciaron en el negocio, otros arrendaron sus terrenos a los ingenios o a colonos para este monocultivo. Sin embargo, dado su largo ciclo vegetativo, debían esperar mucho tiempo para adquirir el dinero para su sustento lo que indujo a muchos a vender sus terrenos.

Solo unos pocos que desde el inicio no quisieron tumbar sus fincas y otros que no dependían en su totalidad de sus terrenos, lograron continuar con la agricultura familiar consistente en las fincas tradicionales y los cultivos pancoger. Estos son los que ahora pese a su condición económica tienen acceso a algunos alimentos básicos de su canasta familiar adquiridos en sus propios terrenos.

Opiniones y actitudes de los encuestados: Todos los entrevistados afirmaron que la disponibilidad de alimentos era mejor en el pasado que ahora. La siguiente tabla muestra la asociación de frecuencias de sus opiniones. (Ver tabla 3)

Tabla 4. Opiniones sobre el acceso a la alimentación en el pasado

CATEGORIA	NÚMERO
Habían muchos cultivos transitorios y fincas pancoger en la vereda	55 %
Los ingenios azucareros no estaban tan extendidos en esta zona	35 %
El costo de la canasta familiar se ha incrementado mucho	10 %
<b>TOTAL</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Construcción propia

De igual manera todos los entrevistados coincidieron en aseverar que la cantidad y calidad de los alimentos de la canasta familiar fue mucho mejor en el pasado que en el presente de la vereda.

Sus opiniones fueron muy variadas, en la tabla 4 se agruparon en categorías para facilitar su tabulación, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 5. Opiniones sobre cantidad y calidad de los alimentos en el pasado

<b>CATEGORIA</b>	<b>NÚMERO</b>
Los productos de las fincas tradicionales abundaban	25 %
Todos teníamos parcelas para cultivar	35 %
Las fumigaciones a los cañaduzales afectaron los otros cultivos	20 %
Antes se conformaba con que la tierra produjera alimento para el sustento. Con la caña, la tierra se convirtió en negocio.	20 %
<b>TOTAL</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Construcción propia

El deseo de los habitantes de la vereda, que en la zona disminuyan los cañaduzales y vuelvan a sembrarse cultivos pancoger es generalizado. A la pregunta ¿Le gustaría que en su vereda nuevamente tenga fincas tradicionales y cultivos pancoger? Todos los entrevistados ratificaron su anhelo de volver a trabajar la tierra como en el pasado.

Sus respuestas se enlazaron en las siguientes categorías (Ver tabla 5):

Tabla 6. Opiniones sobre si le gustaría tener nuevamente cultivos pancoger en la zona

<b>CATEGORIA</b>	<b>NÚMERO</b>
Si, Para que hubiera más y mejor calidad de alimentos	40 %
Sí, porque facilitaría el acceso a los productos de la canasta familiar	25 %
Sí, porque con menos cañaduzales se producirían alimentos para nuestros hogares, habría trabajo y comida	35 %
<b>TOTAL</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Construcción propia

Las respuestas a la pregunta anterior fueron ratificadas formulando un nuevo interrogante que define el sentir general de los habitantes de la vereda Agua azul (Villa Rica - Cauca). ¿Cree usted que si los terrenos con caña de azúcar de su vereda, volvieran a ser sembrados con cultivos pancoger, mejoraría el acceso a la alimentación de su familia?

En un consenso colectivo, la contestación afirmativa (Ver tabla 6), mostro varias opiniones en las personas entrevistadas.

Tabla 7. Opiniones sobre si mejoraría el acceso a la alimentación con cultivos pancoger

CATEGORIA	NÚMERO
Sí, porque facilitaría la consecución de alimentos	40 %
Sí, porque habría mucha oferta de comida	45 %
Sí, porque con tantos cultivos alimentarios cesaría el hambre	15 %
<b>TOTAL</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Construcción propia

La tendencia de la opinión de las personas consultadas, muestra que la dinámica de la creciente agroindustria azucarera en la región, desequilibró la sostenibilidad alimentaria de las familias, copando los terrenos de la vereda, desplazando la agricultura del minifundio que antes ocupaba gran cantidad de los terrenos con alimentos propios de su canasta familiar.

A partir de la observación directa y de la tendencia generalizada de los resultados de las entrevistas y las encuestas, se puede inferir que hay una opinión pública generalizada respecto a la afectación de la producción y disponibilidad de alimentos a partir de la agricultura tradicional por el cultivo de caña de azúcar. Conforme a lo anterior, es pertinente decir que para los habitantes de la vereda Agua Azul (Villa Rica - Cauca, el cultivo de caña de azúcar ha afectado negativamente la producción de alimentos para su canasta familiar.

## 10.2 Fertilidad y sustentabilidad del Suelo

### 10.2.1 Análisis Físico-químicos y Microbiológicos

Tabla 8. Resultados de análisis fisicoquímicos en el terreno control (Finca tradicional – cultivos pancoger)

Fecha	Días transcurridos	pH	M.O.	P	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	B	K	Ca	Mg
			(%)	(ppm)								(meq/100g)	
10/08/2014	14	7.2	2.7	40.5	0.18	61.9	78.6	4.4	6.7	0.29	0.56	24.3	10.4
16/10/2014	81	6.2	2.6	13.5	0.22	7.0	76.3	6.3	3.3	0.16	0.48	20.2	4.4
18/02/2015	206	6.2	3.0	20.3	0.25	5.6	85.5	6.3	3.1	0.23	0.48	19.2	7.5
23/04/2015	270	6.8	3.5	36.1	0.19	8.2	158.7	12.1	2.4	0.27	0.70	22.2	8.3
02/07/2015	340	6.9	3.2	29.1	0.23	10.4	80.6	6.5	2.9	0.25	0.58	20.6	8.1

Fuente: Construcción propia

Tabla 9. Resultado de análisis fisicoquímicos en el terreno experimental (cultivo de caña de azúcar)

Fecha	Días transcurridos	pH	M.O.	P	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	B	K	Ca	Mg
			(%)	(ppm)							(meq/100g)		
10/08/2014	14	6.3	3.0	2.1	0.15	53.9	78.7	4.0	7.3	0.22	0.47	11.4	9.5
16/10/2014	81	5.4	2.8	11.5	0.09	73.8	82.5	4.2	5.3	0.10	0.24	11.9	3.9
18/02/2015	206	5.9	2.2	11.5	0.11	43.8	95.2	4.5	3.7	0.09	0.30	10.4	5.8
23/04/2015	270	5.7	2.5	8.5	0.10	104.9	217.5	9.6	3.9	0.19	0.38	10.6	5.9
02/07/2015	340	6.1	2.9	2.4	0.12	68.4	93.7	4.1	3.6	0.20	0.35	9.4	5.6

Fuente: Construcción propia

Tabla 9. Datos Estadísticos del Terreno Control

Variable	n	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variación
pH	5	6.8	0.4450	6.2	7.2	6.68%
M.O. (%)	5	2.96	0.3410	2.62	3.46	11.38%
P (ppm)	5	29.11	11.1002	13.5	40.5	39.81%
K (meq/100g)	5	0.56	0.0906	0.48	0.7	16.17%
Ca (meq/100g)	5	20.55	2.0059	19.18	24.3	9.42%
Mg (meq/100g)	5	8.11	2.1612	4.4	10.4	27.92%
Na (ppm)	5	0.22	0.0288	0.18	0.25	13.46%
Fe (ppm)	5	8.22	24.2558	5.61	61.91	130.16%
Mn (ppm)	5	80.58	35.2303	76.3	158.66	36.72%
Zn (ppm)	5	6.34	2.9155	4.36	12.09	40.97%
Cu (ppm)	5	3.07	1.7142	2.43	6.67	46.91%
B (ppm)	5	0.25	0.0500	0.16	0.29	20.83%
Da g/cm <sup>3</sup>	4	1.1937	0.0249	1.1583	1.2167	2.09%

Fuente: Construcción propia

Tabla 10. Datos Estadísticos del Terreno Experimental

Variable	n	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variación
<b>pH</b>	5	5.8	0.2986	5.4	6.1	5.2%
<b>M.O. (%)</b>	5	2.645	0.3294	2.15	2.87	12.8%
<b>P (ppm)</b>	5	10.02	4.3159	2.35	11.51	50.9%
<b>K (meq/100g)</b>	5	0.325	0.0613	0.24	0.38	19.3%
<b>Ca (meq/100g)</b>	5	10.48	1.0368	9.38	11.9	9.8%
<b>Mg (meq/100g)</b>	5	5.69	0.9422	3.9	5.9	17.8%
<b>Na (ppm)</b>	5	0.105	0.0129	0.09	0.12	12.3%
<b>Fe (ppm)</b>	5	71.11	25.1073	43.83	104.92	34.5%
<b>Mn (ppm)</b>	5	94.46	63.7511	82.5	217.47	52.2%
<b>Zn (ppm)</b>	5	4.355	2.6494	4.1	9.56	47.4%
<b>Cu (ppm)</b>	5	3.795	0.8153	3.55	5.32	19.8%
<b>B (ppm)</b>	5	0.145	0.0580	0.09	0.2	40.0%
<b>Da g/cm<sup>3</sup></b>	4	1.4207	0.0392	1.359	1.4317	2.8%

Fuente: Construcción propia

Al realizar la prueba  $F$  en todos los resultados de análisis (Ver Tablas 11, 12 y 13), encontramos que el estadístico  $F$ , siempre es menor que el valor crítico y que la probabilidad de estadístico siempre es superior a 0,050 (Tomando como criterio un nivel de significancia del 95%), por lo tanto no existen estadísticamente diferencias significativas entre las varianzas del grupo de datos del terreno control y el grupo de datos del terreno experimental.

Tabla 11. Prueba F para varianzas de dos muestras en pH, MO, P y K

Estadística	pH		MO		FOSFORO		POTASIO	
	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.
<b>Media</b>	6.66	5.88	2.996	2.66	27.886	7.2	0.56	0.348
<b>Varianza</b>	0.198	0.122	0.1163	0.1154	123.2136	22.0986	0.0082	0.0075
<b>Observaciones</b>	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Grados de libertad</b>	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>F</b>	1.62295		1.00763		5.57564		1.09772	
<b>P(F&lt;=f) una cola</b>	<b>0.32522</b>		<b>0.49715</b>		<b>0.06235</b>		<b>0.46509</b>	
<b>Valor crítico para F (una cola)</b>	6.38823		6.38823		6.38823		6.38823	

Fuente: Construcción propia

Tabla 12. Prueba F para varianzas de dos muestras en Ca, Mg y Na

Estadística	CALCIO		MAGNESIO		SODIO	
	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.
Media	21.288	10.728	7.734	6.136	0.214	0.114
Varianza	4.0236	0.9474	4.674	4.2022	0.0008	0.0005
Observaciones	5	5	5	5	5	5
Grados de libertad	4	4	4	4	4	4
F	4.24709		1.11226		1.56604	
P(F<=f) una cola	<b>0.09512</b>		<b>0.46018</b>		<b>0.33724</b>	
Valor crítico para F (una cola)	6.38823		6.38823		6.38823	

Fuente: Construcción propia

Tabla 13. Prueba F para varianzas de dos muestras en microelementos

Estadística	HIERRO		MANGANESO		ZINC		COBRE		BORO	
	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.	CONTROL	EXP.
Media	18.636	68.976	95.932	113.518	7.116	5.272	3.654	4.754	0.24	0.16
Varianza	588.345	543.714	1241.177	3426.992	8.500	5.778	2.938	2.540	0.0025	0.0036
Observaciones	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Grados de libertad	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
F	1.08208		2.76108		1.47108		1.15676		1.46	
P(F<=f) una cola	<b>0.47045</b>		<b>0.17449</b>		<b>0.35875</b>		<b>0.44558</b>		<b>0.36139</b>	
Valor crítico para F (una cola)	6.38823		6.38823		6.38823		6.38823		6.38823	

Fuente: Construcción propia

Conociendo que las varianzas poblacionales son estadísticamente iguales, se procedió a calcular el estadístico  $t$  de Student utilizando la función “Prueba  $t$  para dos muestras suponiendo varianzas iguales” disponible en la herramienta “análisis de datos” de Microsoft Excel 2010.

En la tabla 14, se muestra que la significación probabilística de la prueba  $t$  de Student en las variables de pH, fósforo y potasio, indicaron una probabilidad menor de 0,050, por lo tanto se dice que ambas medias son distintas, luego se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ : “Existen diferencias entre las poblaciones de datos de pH, fósforo y potasio”.

La significación probabilística de la prueba  $t$  de Student en la variable de materia orgánica, indicó una probabilidad mayor de 0,050, por lo tanto se concluye que no existen diferencias significativas entre las medias de los dos grupos de datos analizados, luego se acepta la

hipótesis nula  $H_0$ : “No existen diferencias significativas entre las poblaciones de datos de materia orgánica”.

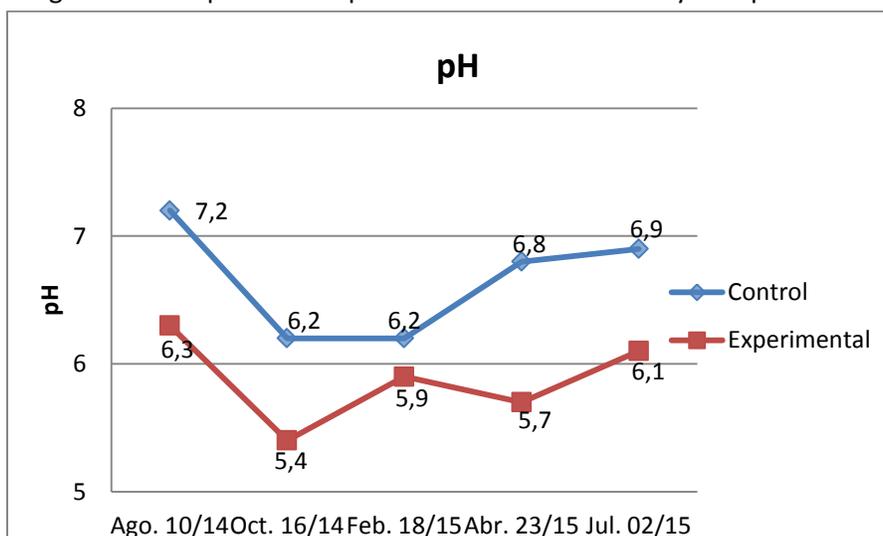
Tabla 14. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales en pH, MO, P y K

VARIABLE	pH	MO	FOSFORO	POTASIO
Varianza agrupada	0.1600	0.1158	72.6561	0.0078
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0	0
Grados de libertad	8	8	8	8
Estadístico t	3.08322	1.56092	3.83717	3.78692
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	<b>0.00752</b>	<b>0.07858</b>	<b>0.00248</b>	<b>0.00267</b>
Valor crítico de t (una cola)	1.85955	1.85955	1.85955	1.85955
P(T<=t) dos colas	0.01504	0.15717	0.00497	0.00534
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600	2.30600	2.30600	2.30600

Fuente: Construcción propia

**11.2.1.1 pH del suelo.** El pH es importante por la repercusión que tiene en la solubilidad de los nutrientes para los cultivos. En la figura 16, se aprecia que el pH del control (cultivo pancoger o finca tradicional) varía entre 6.2 y 7.2 catalogándolo de ligeramente ácido a neutro, en cambio en el experimental (cultivo caña de azúcar) se cataloga entre moderadamente ácido a ligeramente ácido por variar entre 5.4 a 6.3.

Figura 15. Comparativo de pH entre el terreno control y el experimental



Fuente: Construcción propia

Conociendo que en el terreno experimental hubo hace varios años una finca tradicional con características parecidas a las del terreno control, se nota que al cambio de finca tradicional a cultivo de caña de azúcar, ha implicado un ligero descenso en el pH de este suelo. Esto

puede deberse a la pérdida de calcio y magnesio debido a un mayor requerimiento de estos nutrientes por parte de la caña de azúcar.

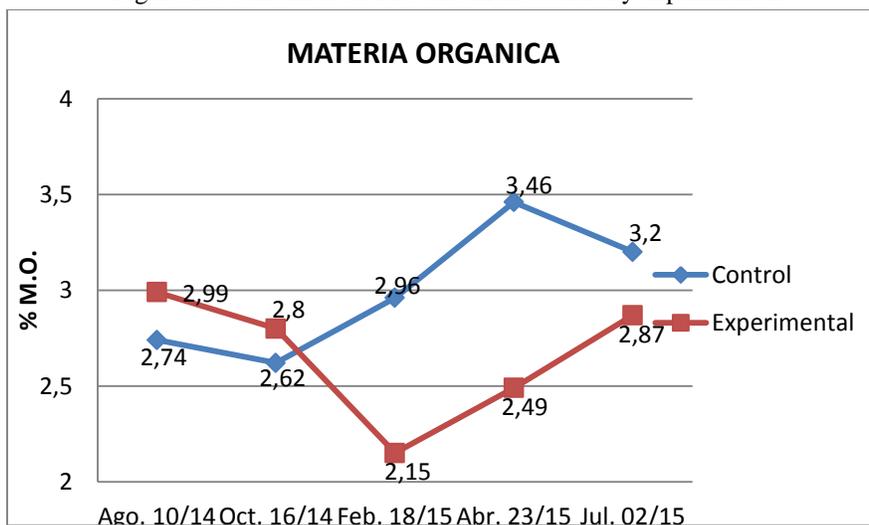
No obstante, aunque la caña de azúcar tolera gran variabilidad en cuanto al pH se refiere, ambos terrenos se encuentran en un rango óptimo para el desarrollo de otros cultivos como maíz, yuca, plátano, sorgo, soya y otros propio de esta región.

**10.2.1.2 Materia Orgánica.** Para Jaramillo (2002), la materia orgánica tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo. Incrementa la capacidad de retención de agua, disminuye la densidad aparente mejorando la porosidad, la aireación y el drenaje. Pensando en la explotación sostenible del suelo, puede considerarse como el principal componente sólido que posee este recurso natural.

Los resultados de materia orgánica en los dos terrenos analizados, se encuentran con contenidos entre el 2% y el 4%; aunque para Quintero (1995) y Jaramillo (2007), estos resultados corresponden a terrenos con contenidos medios de materia orgánica característicos de esta zona, observaciones realizadas por García (2009), indican que en los últimos 40 años se ha perdido el 50% de la materia orgánica en los suelos del Valle del río Cauca, con valores actuales que oscilan alrededor de 1.5% en buena parte de los suelos.

En la figura 17 se observa que los dos terrenos tienen contenidos parecidos de materia orgánica al inicio de la investigación, sin embargo se aprecia que a la mitad hay un descenso en el suelo experimental, esto puede asociarse con los mayores requerimientos nutricionales de la caña de azúcar debido a que esta es la etapa en la que empieza a formarse la mayor cantidad de biomasa de ciclo vegetativo de la planta.

Figura 16. Contenido de MO en terreno control y experimental



Fuente: Construcción propia

Sin embargo, los suelos analizados cuentan con buena disponibilidad de materia orgánica para el desarrollo de los cultivos que actualmente poseen.

Las diferencias en el contenido de materia orgánica en los terrenos estudiados no son considerables, coincidiendo con los resultados estadísticos de la prueba t, donde se aceptó la hipótesis nula  $H_0$ .

**10.2.1.3 Fósforo y Potasio.** El fósforo y al potasio se consideran como nutrientes primarios de las plantas junto al nitrógeno.

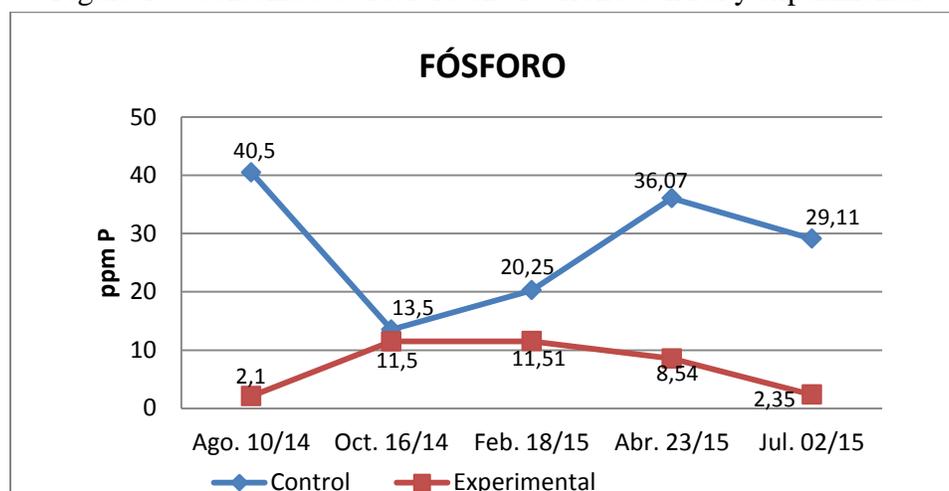
En cuanto al fósforo, la plantas lo absorben principalmente en forma de  $H_2PO_4$ , y en menor proporción como  $HPO_4^-$  (Tisdale y Nelson, 1996). Es un constituyente importante de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos y del ATP, el cual es importante para los procesos metabólicos que requieren energía.

Por ser químicamente muy reactivo, el fósforo no se encuentra disponible en el suelo en su forma elemental (P), como si ocurre con otros nutrimentos. Se le atribuye poca importancia al P-Total en la determinación y diagnóstico del grado de fertilidad de los suelos, pese a lo cual siempre se valora (Chávez, 1999). Sin embargo puede dar una indicación de sus formas asimilables.

Quintero (1995), sostiene que en el valle geográfico del río Cauca, en forma tentativa se han establecido niveles críticos de fósforo disponible en el suelo determinados por el método Bray II, (que es el mismo método de determinación de fósforo de esta investigación), definiendo una categoría baja para suelos con contenidos de fósforo por debajo de 5 ppm, mediana para suelos entre 5-10 ppm y alta para valores mayores a 10 ppm.

Conforme a lo anterior podemos afirmar de la figura 18, que el suelo control está categorizado con alto contenido de fósforo, mientras que el suelo experimental cae en el rango de media a baja.

Figura 17. Contenido de fósforo en el terreno control y experimental



Fuente: Construcción propia

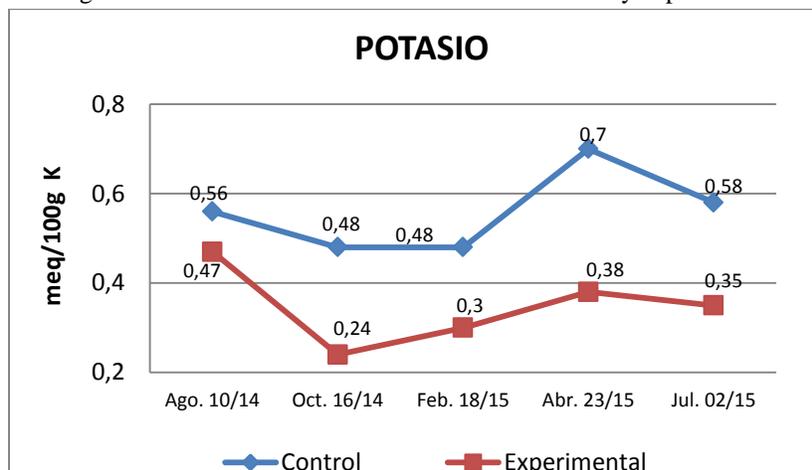
En cuanto al potasio, las plantas lo absorben en forma elemental ( $K^+$ ). Es un elemento muy móvil dentro de la planta e importante en la formación de aminoácidos y proteínas (Russell y Russell, 1968). Las plantas que crecen en suelos deficientes de potasio presentan baja actividad fotosintética y son susceptibles a enfermedades y a estrés por sequía.

Al igual que con el fósforo, Quintero (1995), establece tentativamente niveles críticos de potasio para los suelos del valle geográfico del río Cauca. Dice que valores inferiores a 0.15 meq/100g de  $K^+$  se refieren a terrenos con baja cantidad de potasio intercambiable, niveles entre 0.15 - 0.30 meq/100g de  $K^+$  son de categoría media y mayores de 30 meq/100g de  $K^+$ , lo constituyen terrenos con un alto contenido de potasio intercambiable.

En la gráfica 19 observamos que excepto por el segundo dato experimental (0.24 meq/100g), podemos categorizar ambos terrenos con un alto contenido de potasio intercambiable.

Sin embargo, es interesante ver que a pesar que el terreno control no fue fertilizado con potasio durante la investigación, presenta contenidos ligeramente más altos de este elemento que el terreno experimental que si fue fertilizado con KCl. La explicación la podemos encontrar en que para Quintero (2004), dadas las condiciones agroclimáticas del valle geográfico del río Cauca, la caña de azúcar extrae mayor cantidad de potasio que cualquier otro elemento esencial de suelo, por eso los planes de fertilización de los ingenios azucareros se encuentran orientados hacia los requerimientos de las dosis de potasio para este cultivo.

Figura 18 Contenido de Potasio en el terreno control y experimental



Fuente: Construcción propia

**10.2.1.4 Cationes Intercambiables (Ca, Mg, Na).** Siguiendo con la dinámica de la prueba t, en la tabla 15 aceptamos que estadísticamente hay diferencias entre los resultados de análisis de los dos grupos analizados (control y experimental) en las variables de calcio y sodio; pero no en magnesio.

Tabla 15. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales en Ca, Mg y Na

VARIABLE	CALCIO	MAGNESIO	SODIO
Varianza agrupada	2.4855	4.4381	0.0007
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0
Grados de libertad	8	8	8
Estadístico t	10.59082	1.19936	6.06339
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	<b>0.000003</b>	<b>0.13235</b>	<b>0.00015</b>
Valor crítico de t (una cola)	1.85955	1.85955	1.85955
P(T<=t) dos colas	0.00001	0.26470	0.00030
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600	2.30600	2.30600

Fuente: Construcción propia

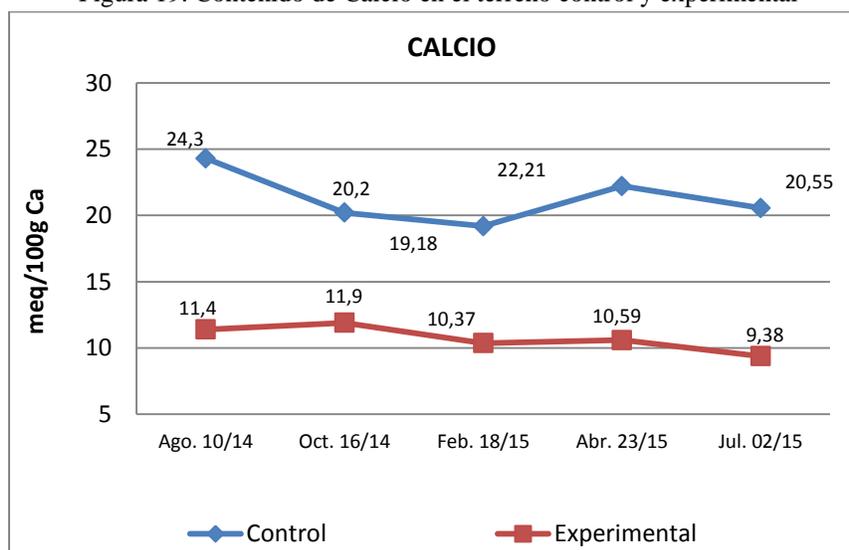
Las plantas absorben calcio en forma de  $\text{Ca}^{2+}$ , es un macronutriente esencial para las plantas y generalmente las cantidades presentes en el suelo exceden las necesidades de los cultivos. Por otra parte, el magnesio que también es considerado un macronutriente, es absorbido como  $\text{Mg}^{2+}$ , su disponibilidad en el suelo, al igual que la del calcio depende de la fracción intercambiable y del balance en relación con el potasio. La proporción del magnesio es generalmente menor que la del calcio (Quintero 1995).

El sodio, a diferencia de los dos anteriores, no está probado que sea un nutriente esencial para las plantas, aunque se ha comprobado que es beneficioso en cantidades pequeñas. Las

deficiencias de sodio no ocurren en la naturaleza porque la cantidad de sodio en el suelo, es comparable con la de algunos macronutrientes (Thompson y Troeh, 1998). Su exceso se relaciona más frecuentemente con la sodicidad del suelo, que puede afectar sus propiedades físicas y el pH, teniendo efectos adversos en el crecimiento de las plantas.

La figura 20 muestra que los contenidos de calcio en el terreno control, duplican los del terreno experimental, mostrando que existen diferencias significativas entre los dos terrenos, pudiendo inferir que hay un mayor requerimiento de calcio por las plantaciones de caña de azúcar.

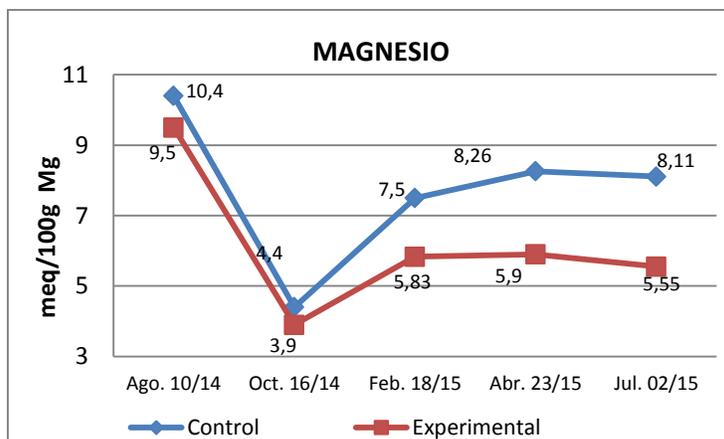
Figura 19. Contenido de Calcio en el terreno control y experimental



Fuente: Construcción propia

El magnesio por su parte, también se encuentra con un contenido mayor en el terreno control, no obstante, las diferencias no son tan marcadas como con el calcio, por eso no podemos afirmar que hay un mejor contenido de magnesio en el control que en el experimental. (Ver fig. 21).

Figura 201. Contenido de Magnesio en el terreno control y experimental

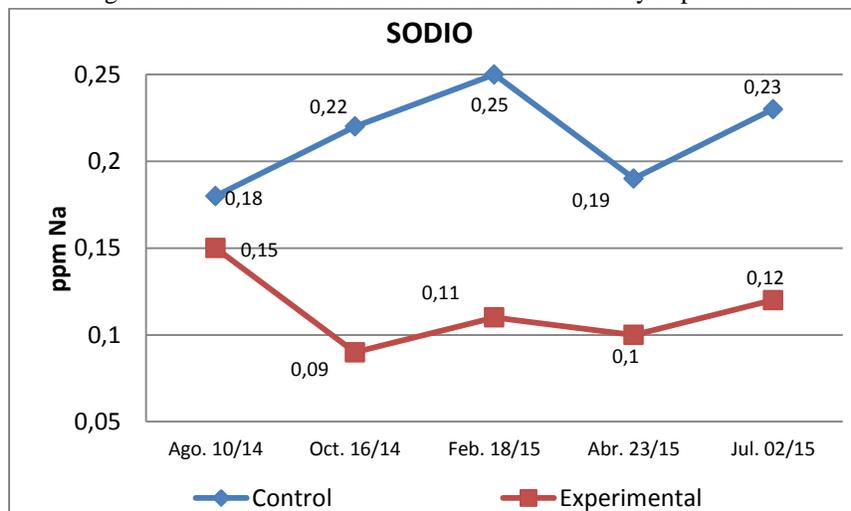


Fuente: Construcción propia

Las cantidades de sodio que se reportan en ambos terrenos son mínimas, advirtiendo que no existe sodicidad en ellos, ya que el porcentaje de sodio intercambiable en los suelos sódicos excede el 15%, además su pH varía entre 8.5 y 10, (Navarro 2003).

No obstante, en la gráfica 22 se aprecia que a pesar de ser valores pequeños, el terreno control posee dos veces más contenido de este catión, siendo más deseable ya que como se indicó anteriormente, estas cantidades son beneficiosas para los cultivos.

Figura 22. Contenido de Sodio en el terreno control y experimental



Fuente: Construcción propia

En resumen, existen diferencias entre los resultados obtenidos de los análisis de calcio y sodio entre los terrenos estudiados, pero no existen diferencias significativas en los valores de magnesio.

**10.2.1.5 Micro Elementos (Fe, Mn, Zn, Cu, B).** Según Anexo 9, la prueba t revela que en los micro elementos hierro y boro hay diferencias en los dos grupos de datos de estos análisis; pero no existen diferencias estadísticamente significativas en los resultados de análisis de los dos grupos (control y experimental) en las variables manganeso, zinc y cobre.

Tabla 16. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales en microelementos

VARIABLE	HIERRO	MANGANESO	ZINC	COBRE	BORO
Varianza agrupada	566.0296	2334.0846	7.1391	2.7392	0.0031
Diferencia hipotética de las medias	0	0	0	0	0
Grados de libertad	8	8	8	8	8
Estadístico t	3.34552	0.57554	1.09122	1.05087	2.28106
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	<b>0.00507</b>	<b>0.29037</b>	<b>0.15347</b>	<b>0.16201</b>	<b>0.02599</b>
Valor crítico de t (una cola)	1.85955	1.85955	1.85955	1.85955	1.85955
P(T<=t) dos colas	0.01015	0.58075	0.30695	0.32402	0.05198
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600	2.30600	2.30600	2.30600	2.30600

Fuente: Construcción propia

Aunque las plantas requieren una serie de elementos menores en cantidades relativamente pequeñas, esto no quiere decir que sean menos importantes que los macro elementos, ya que son necesarios en procesos enzimáticos de óxido-reducción, formación de clorofila y transporte de carbohidratos, entre otros.

Las plantas absorben los micronutrientes cobre, hierro, magnesio y zinc en forma catiónica y como sales orgánicas complejas (quelatos); el boro es absorbido en diferentes formas de boratos.

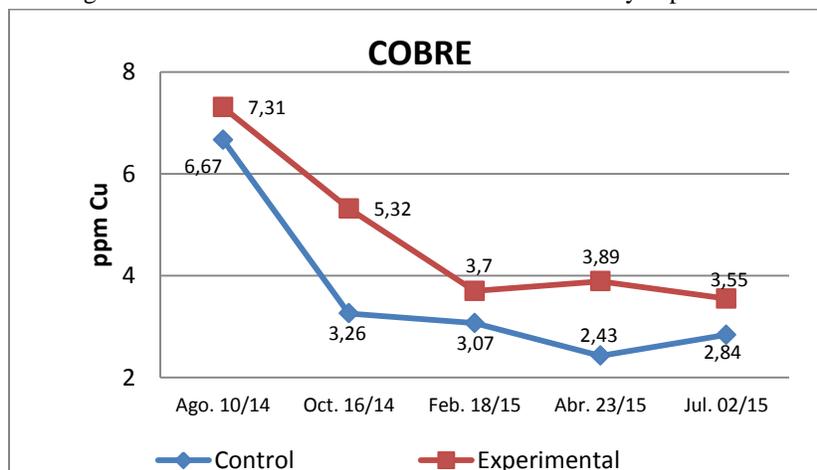
Las deficiencias de micronutrientes se presentan por lo general, como resultado de un bajo contenido en el suelo o inducidas por condiciones adversas como la acidez o la alcalinidad, el contenido bajo de materia orgánica, déficit de agua, exceso de humedad y desbalance nutricional debido al manejo inadecuado de los fertilizantes.

Para Lora (1992), El nivel crítico tentativo de cobre en el suelo para la mayoría de los cultivos, varía entre 1 y 1.4 ppm cuando se usa el método de Mehlich (utilizado en esta investigación).

Bajo la misma técnica de análisis, los suelos del valle geográfico del río Cauca presentan niveles críticos de hierro entre 40 y 80 ppm; de manganeso entre 20 y 40 ppm y zinc alrededor de 1 ppm. Además predominan suelos con contenido muy bajo de boro. (Quintero, 2004)

De la gráfica 23 podemos inferir que aunque los contenidos de cobre en el terreno experimental son relativamente más altos que en el control, este micro elemento en ambos terrenos es comparable y está lejos de ser crítico.

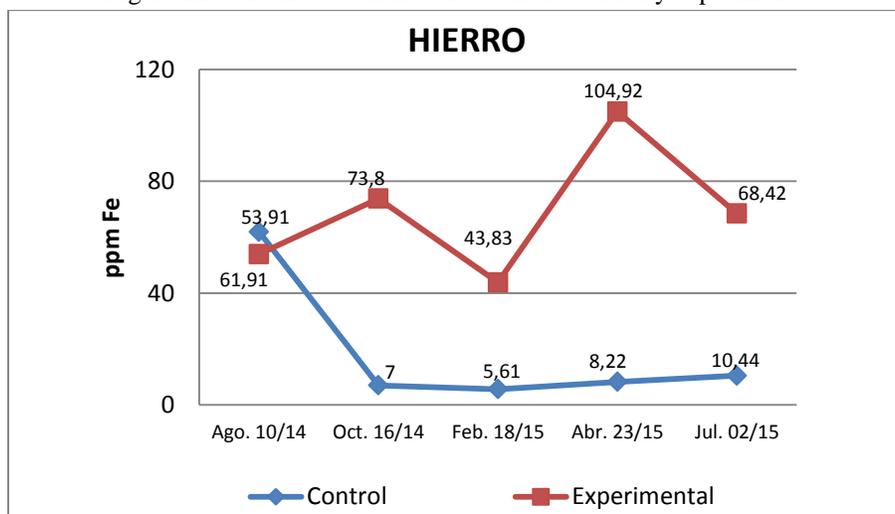
Figura 213 Contenido de Cobre en el terreno control y experimental



Fuente: Construcción propia

Sin embargo en el hierro, si podemos apreciar diferencias considerables, (figura 24). A pesar de que el hierro es el micronutriente que más extrae la planta de caña de azúcar (Quintero, 2004), el terreno experimental muestra unos niveles altos y relativamente estables, en comparación con el terreno control que inexplicablemente descendió drásticamente después del primer análisis y se estabilizó en niveles muy bajos indicando deficiencia de hierro.

Figura 22 Contenido de hierro en el terreno control y experimental



Fuente: Construcción propia

Para Lindsay (1974), desde el punto de vista estrictamente químico, no hay posibilidades prácticas que las plantas puedan obtener el hierro que necesitan, ya que la solubilidad de

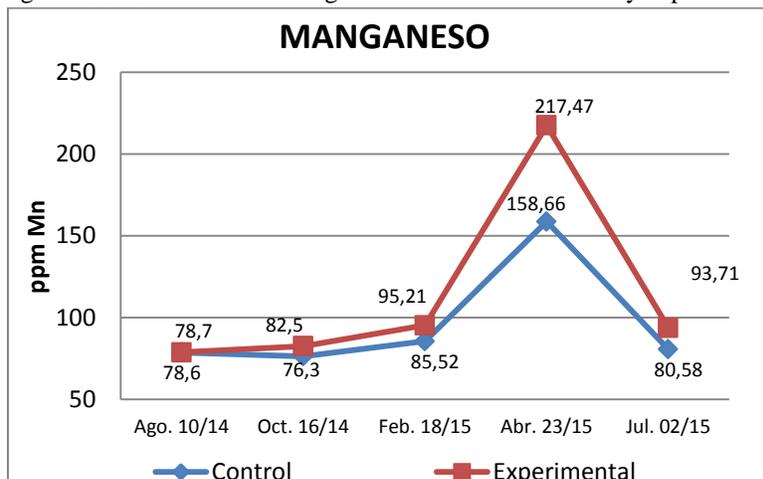
este elemento se alcanza a un pH del suelo entre 3 y 4; puede haber una cantidad muy alta de hierro total, pero solo una porción pequeñísima podrá ser asimilable. La situación será más grave en los suelos neutros y alcalinos que en los ácidos.

La asimilación de los nutrientes en las plantas dependen del pH del suelo, sin embargo, el hierro llama la atención ya que los suelos agrícolas generalmente poseen un pH entre 5 y 7.5; además los que tienen un pH muy bajo son poco deseables.

En la figura 16, se aprecia que el pH del terreno control es más alto que en el experimental, esto nos hace suponer una mejor asimilación de hierro en este último.

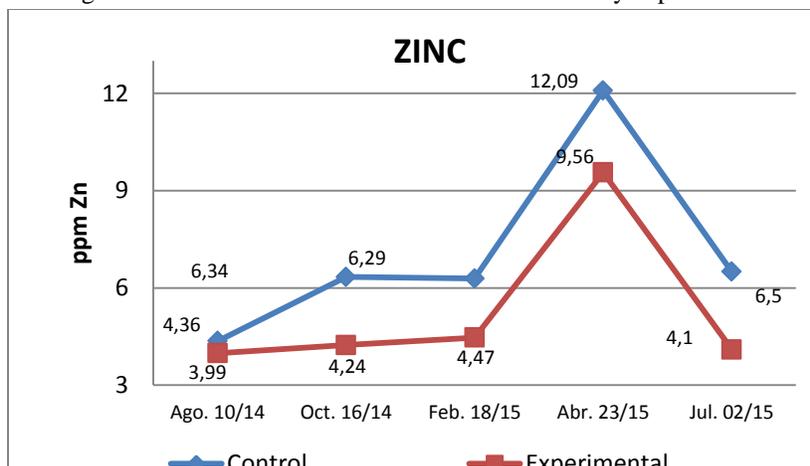
Por otra parte, ambos terrenos tienen muy buenos niveles de manganeso y zinc, (figuras 25 y 26) muy alejado del rango crítico y muy similar entre sí.

Figura 235. Contenido de Manganeso en el terreno control y experimental



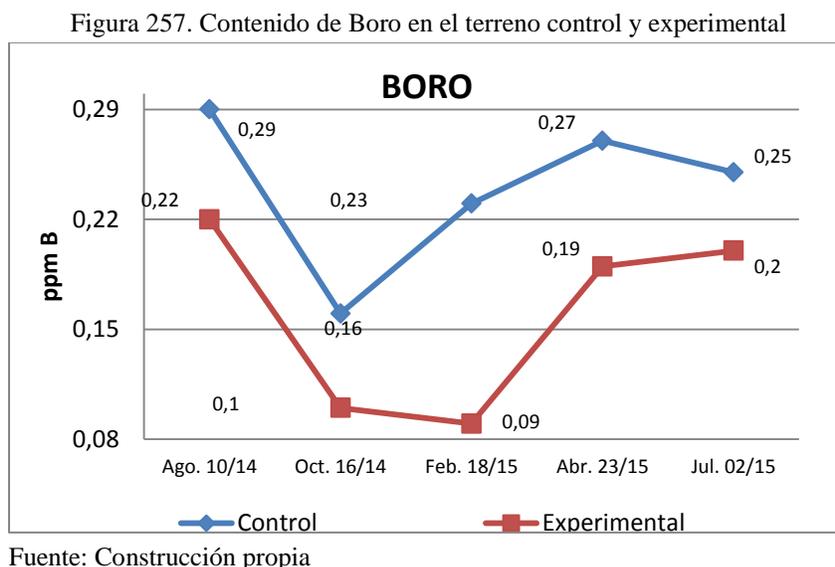
Fuente: Construcción propia

Figura 246. Contenido de Zinc en el terreno control y experimental



Fuente: Construcción propia

A su vez y como habría de esperarse, según lo señala Quintero (2004), los niveles de boro son muy bajos indicando un déficit en ambos terrenos, siendo más crítico en el terreno experimental (Figura 27)



En síntesis, de los micro elementos podemos decir que el cobre, el magnesio y el zinc presentan niveles óptimos para el desarrollo de cultivos y no existen diferencias considerables entre el terreno control y el experimental.

El hierro y el boro presentan diferencias notables, llama especialmente la atención el brusco descenso del hierro en el terreno control que indica que se debe hacer una enmienda para reponer este importante micronutriente.

**11.2.1.6 Densidad Aparente.** Los resultados promedio de las mediciones de densidad aparente se exponen en la tabla 17

Tabla 17. Resultados promedio de análisis de Da. en g/ml

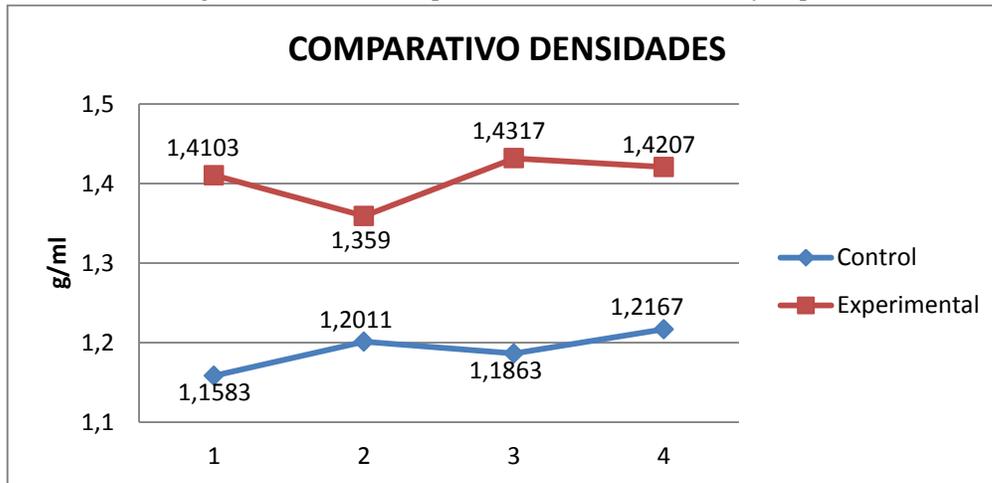
REPETICIÓN	CONTROL	EXPERIMENTAL
1	1.1583	1.4103
2	1.2011	1.3590
3	1.1863	1.4317
4	1.2167	1.4207

Fuente: Construcción propia

Se sabe que el suelo sembrado con caña de azúcar sufre compactación durante la cosecha por el tránsito de la maquinaria que corta, recoge y transporta la caña. Sin embargo, esta

compactación es enmendada por una labranza que recibe el nombre de “subsuelo” la cual consisten en fracturar el suelo hasta una profundidad de 60 cm, con el fin de destruir las capas compactadas o impermeables y, de esta manera, facilitar el movimiento del aire y el agua. También contribuyen las labores mecanizadas de cultivador y fertilización.

Figura 268. Densidad Aparente de los Suelos Control y Experimental



Fuente: Construcción propia

En el control o finca tradicional, el tráfico y el pisoteo causa compactación del suelo que no es enmendada por ninguna labor, no obstante se muestra claramente en los resultados, que este suelo presenta valores de densidad aparente menores que los del suelo con caña de azúcar, lo que demuestra su mejor porosidad y por ende mejor tránsito de oxígeno y nutrientes a las raíces de la planta.

Además el terreno control propicia una mejor infiltración del agua que se drena por la fuerza de gravedad hacia las capas más profundas del suelo evitando encharcamientos por efectos de la lluvia o aguas de riego. Los suelos con caña de azúcar pueden presentar compactación, es decir disminución en el espacio poroso lo que incrementa la resistencia a la penetración de las raíces.

Por lo anterior es pertinente razonar que existen diferencias significativas en los resultados de análisis de densidad entre el terreno control y el experimental, haciendo suponer que el tránsito de maquinaria pesada en los terrenos sembrados con caña de azúcar causa compactación el suelo.

**11.2.1.7 Análisis Microbiológico.** Los resultados de los análisis microbiológicos se muestran en la tabla 18.

Tabla 108. Resultado de análisis microbiológico

REPETICIÓN	BASILOS ACTINOMICETOS (millares ufc)		MOHOS (millares ufc)		LEVADURAS (millares ufc)		ACTINOMICETOS (millares ufc)	
	CONTR.	EXP.	CONTR.	EXP.	CONTR.	EXP.	CONT.	EXP.
<b>1</b>	480000	290000	65000	4700	1550	15000	650000	4700
<b>2</b>	24600000	16000000	130000	160000	10000	40000	1200000	800000
<b>3</b>	10000000	4800000	50000	30000	5000	7000	1500000	450000

Fuente: Construcción propia

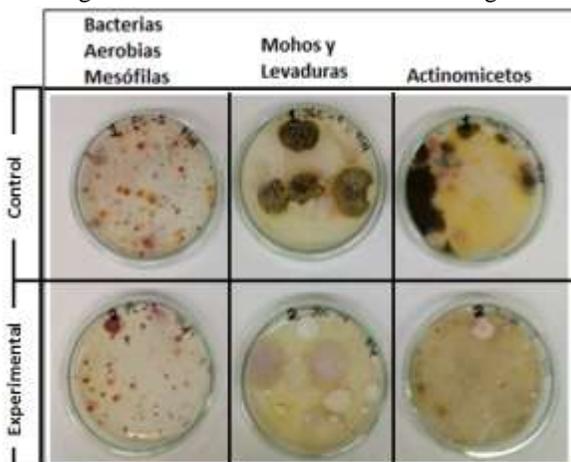
Los mohos y levaduras juegan un papel importante en las transformaciones de los constituyentes del suelo. Tienen notable capacidad para degradar compuestos altamente resistentes (celulosa, lignina, etc.), por lo tanto deben considerarse como muy importantes para la formación del humus. Aunque no pueden oxidar el  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ , ni tampoco fijar el nitrógeno atmosférico como lo hacen las bacterias, si tienen gran capacidad de descomposición. (Navarro, 2003).

Los actinomicetos ocupan un lugar intermedio entre los hongos (mohos y levaduras) y las bacterias. Son bastante numerosos en suelos ricos en humus y son de gran importancia en relación con la degradación de la materia orgánica del suelo y la liberación de nutrientes en ella. Aparentemente reducen en formas sencillas incluso a los compuestos más resistentes, como la lignina. (Navarro, 2003).

Las bacterias, como grupo, participan en todas las transformaciones orgánicas vitales para un suelo que deba soportar con éxito a las plantas superiores. Y en este aspecto son fundamentales para la nitrificación, oxidación del azufre y fijación del nitrógeno atmosférico. Si estos proceso fallan la vida de las plantas superiores se altera rápidamente. (Navarro, 2003).

La figura 29 expone los cultivos de los microorganismos anteriormente mencionados en uno de los análisis realizados en laboratorio a las muestras de suelo control y experimental, en ellas se aprecia que hay una muy buena actividad microbiana en ambos suelos, lo cual genera condiciones para que se desarrollen la mayoría de las plantas basculares.

Figura 279. Cultivos análisis microbiológicos



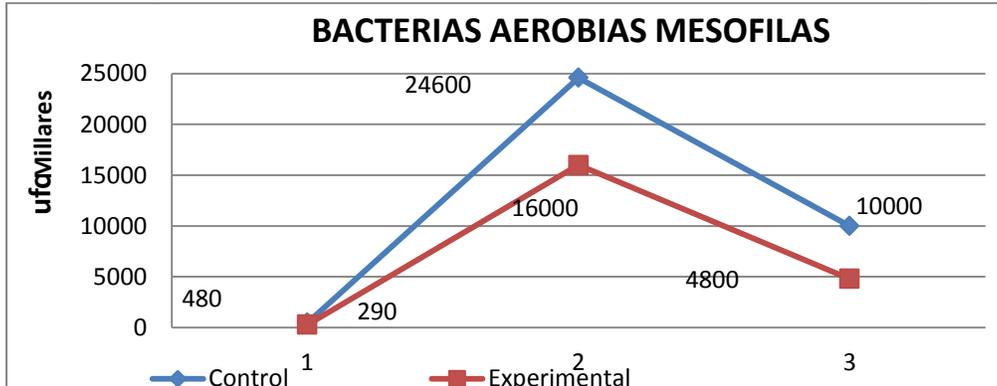
Fuente: Construcción propia

La cantidad de microorganismos presentes en un gramo de suelo puede variar entre  $10^7$  y  $10^9$  células (Torsvic *et al.*, 2002). Si tenemos en cuenta que una colonia se puede originar de un microorganismo o de cientos de ellos, intuimos que el número de ufc, reportados en la figura 30, 31, 32 y 33, nos indican una buena densidad de bacterias, actinomicetos y hongos (mohos y levaduras) en cada uno de los terrenos analizado.

Por consiguiente al hacer una comparación de las dos fincas, podemos afirmar que a pesar de la variabilidad de los resultados microbiológicos, las diferencias no indican un desmejoramiento en la densidad microbiana del terreno experimental.

El pH puede tener importancia en la retención de las bacterias en el suelo, según lo observado experimentalmente por Bitton *et al.* (1974). La mayor parte de bacterias se desarrollan mejor a pH neutro y ligeramente alcalino. Conforme a lo anterior existe una relación entre la figura 16 y la figura 30, ya que en la primera se observa que el terreno control el pH tiende a neutro favoreciendo el contenido de bacterias en este suelo como se aprecia en la figura 30.

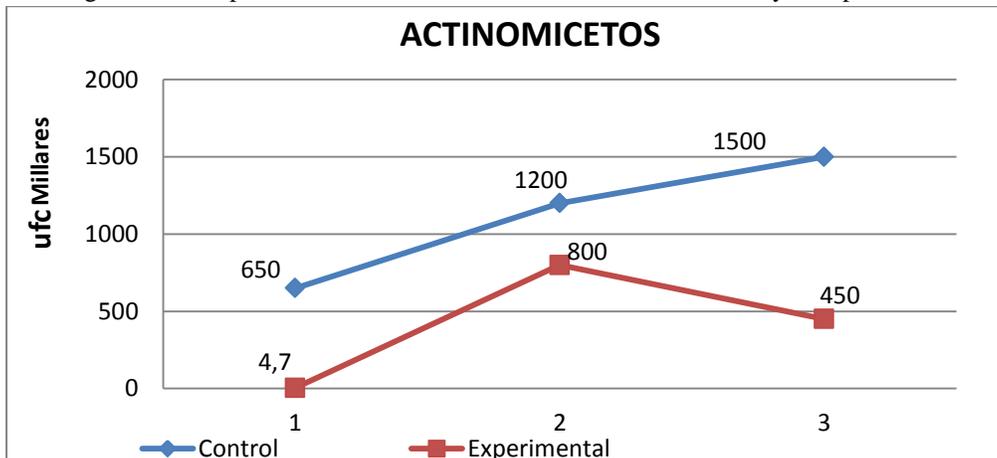
Figura 28. Comparativo de Bacterias Aerobias Mesófilas entre el terreno control y el experimental



Fuente: Construcción propia

Los actinomicetos son menos numerosos que las bacterias y uno de los factores favorables para su presencia es la abundancia de calcio, que proporciona una condición neutra o ligeramente alcalina (Thompson y Troeh, 1988). El terreno control tiene un pH mayor y un mejor contenido de calcio que el experimental, lo que puede favorecer la presencia de actinomicetos, (ver figura 31).

Figura 31. Comparativo de Actinomicetos entre el terreno control y el experimental

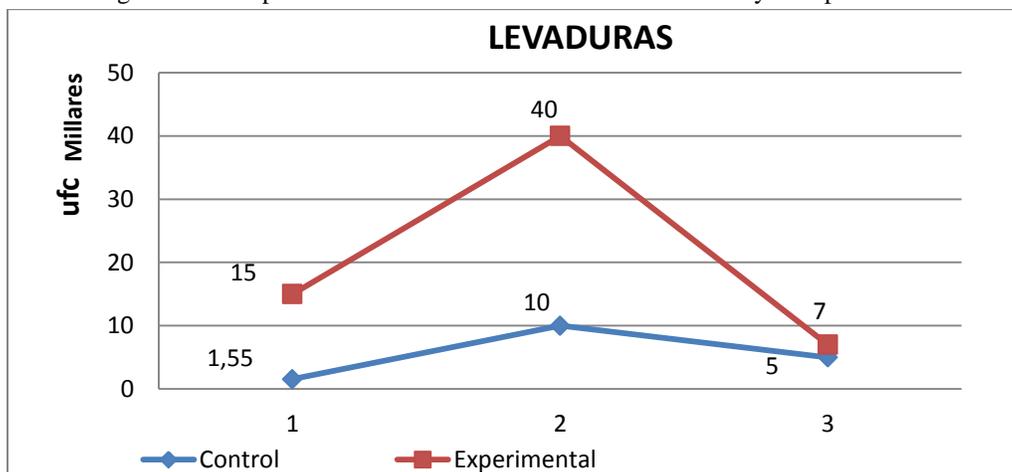


Fuente: Construcción propia

Según Fassbender (1982), los hongos (Mohos y levaduras) en el suelo se desarrollan a un pH más amplio que las bacterias y los actinomicetos. Generalmente toleran mejor las situaciones ácidas y el escaso suministro de calcio que otros microorganismos, y su presencia cuantitativa en los suelos ácidos es del mismo orden que en los neutros. Debido a su versatilidad, en las figura 33 y 34 no se debería asociar una tendencia que permita establecer una mejor población de ellos en uno de los terrenos, pero si indicar que el

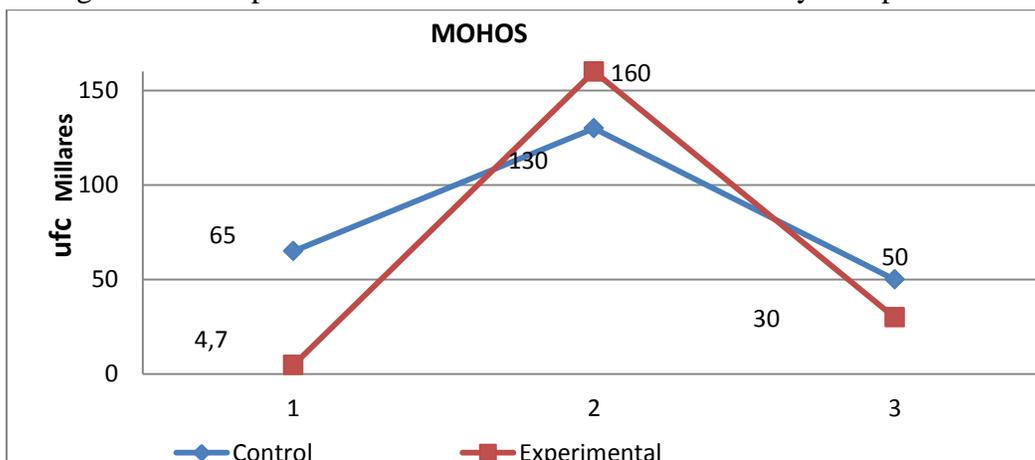
contenido en ambos suelos es apropiado para que los cultivos se beneficien de estos microorganismos.

Figura 32. Comparativo de Levaduras entre el terreno control y el experimental



Fuente: Construcción propia.

Figura 29. Comparativo de Mohos entre el terreno control y el experimental



Fuente: Construcción propia.

## 12. Conclusiones

- Mediante el estudio de las entrevistas, encuestas y conversatorios, se determinó que el imaginario colectivo de la comunidad de la vereda Agua azul (Villa Rica – Cauca), es que la expansión del monocultivo de la caña de azúcar ha menguando las fincas tradicionales y los cultivos pancoger, desmejorando las actividades de sustento y la producción de alimento.
- Las diferencias estadísticas que se encontraron mediante la prueba *t* de Student y el análisis de los gráficos comparativos de la discusión de resultados, muestran que a pesar de los programas de fertilización de los ingenios, hay menos disponibilidad de algunos nutrientes (sobre todo en los macro elementos), en el suelo con cultivo de caña de azúcar que en el terreno con cultivos pancoger, lo que permite suponer los altos requerimientos nutricionales del monocultivo.
- La comparación de los análisis de densidad aparente de los suelos estudiados, mostraron que los resultados son mayores en el terreno con el monocultivo, lo que permite establecer que las actividades propias del cultivo de caña de azúcar han generado compactación del terreno, este hecho permite entrever que el suelo de la finca tradicional presenta mejor fertilidad ya que su porosidad es mayor.
- Los resultados de los análisis microbiológicos indican que ambos suelos poseen buenas poblaciones de microorganismos, permitiendo establecer que no hubo cambios significativos en las propiedades biológicas de los dos suelos estudiados.
- El estudio del conjunto de los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de los terrenos comparados, permitieron establecer que el cultivo de la caña de azúcar ha afectado negativamente la fertilidad del suelo de la vereda Agua azul (Villa Rica – Cauca), principalmente por el descenso del pH, la disminución en la disponibilidad de macronutrientes y el aumento de la densidad aparente; sin embargo sus características permitirían establecer nuevamente cultivos pancoger o fincas tradicionales.

### **13. Recomendaciones**

- Con el fin de garantizar la producción y la disponibilidad de alimentos en la canasta familiar de la región estudiada, sería apropiado iniciar ciclos de capacitación que permitan demostrar a los pequeños propietarios de cultivos de caña de azúcar, que implementar nuevamente fincas tradicionales con el uso de tecnologías limpias, podría satisfacer las necesidades de alimentos de los lugareños.
- Si bien es cierto que los estudios muestran que el terreno Experimental (cultivo de caña de azúcar) cumple con las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas para sembrar cultivos pancoger, resulta importante realizar un programa adecuado fertilización preferiblemente orgánica que restituya al suelo lo extraído por la planta de caña de azúcar antes de considerar sembrar un tipo de cultivo diferente.

## 14. Bibliografía

- Aguilar, B. 2013. UF0001: El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. IC editorial. 1ª. Edición. Antequera. Málaga
- Aguilera, N. 1989 Tratado de Edafología de México, Tomo I, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.
- Álvarez, J., López-Valdivia L., Novillo, J., Obrador, A. y Rico, M. 2006. Comparison of EDTA and sequential extraction tests for phytoavailability prediction of manganese and zinc in agricultural alkaline soils. *Geoderma*.
- Ávila, A y Carvajal, D. 2015. “Agro combustibles y Soberanía Alimentaria en Colombia”. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 24 (1): 43-60.
- Barceló, J. 2007, *Arqueología y Estadística I: Introducción al estudio de la variabilidad de las evidencias arqueológicas*. Bellaterra: Servei de Publicacions de la UAB.
- Bitton, G., Lahav, N. Y Henis, Y., 1974. Movement and retention of *Klebsiella aerogenes* in soil columns. *Plant and Soil* 40, 373-380.
- Bonett, M. 2008. *Seguridad en Construcción América latina: dimensiones y enfoques de seguridad en Colombia*. Ed. Universidad del Rosario. Bogotá. Colombia.
- Bornemisza, E. 1982. *Introducción a la Química de Suelos*, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Monografía no. 25
- Buckman, H y Brady, N. 1966. *The Nature and Properties of Soils*. The Macmillan company.
- Burbano, H. 1989. *El Suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos*. Universidad de Nariño. Pasto.
- Fassbender, H. 1982. *Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 3ra reimpresión. IICA San José, Costa Rica. 422 p.

- GOBERNACIÓN DEL CAUCA, (2008). *“Plan de seguridad alimentaria y nutricional para el departamento de Cauca”* Cauca Sin Hambre 2009-2018.
- CENICAÑA. (1982) CENTRO DE INVESTIGACION DE CAÑA DE AZUCAR DE COLOMBIA. CALI. Manual de métodos analíticos para el servicio de consejería en el empleo de fertilizantes en laca de azúcar. Cali, 43 p. (Documento de trabajo No. 35)
- Cochran, V., Sparrow. S., and Sparrow, E. 1994. Residue effects on soil micro and macroorganisms. In: *Managing Agricultural Residues*. Unger P. W. editor. Lewis Publishers. USA.
- Constitución Política de Colombia. Presidencia de Colombia (Actualizado 2009).
- De Gues, J. (1967). *Fertilizar guide for tropical andsubtropical farming*. Zurich, Centre d’Etude de l’Azote.
- Duran, M. 2011. *Cultivos de Pancoger una Alternativa de Seguridad Alimentaria para las Familias del SECTOR RURAL DE MUNICIPIO DE SABANA DE TORRES*. Trabajo de Pregrado. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Industrial de Santander. Colombia.
- Encuesta Nacional de Situación Nutricional ENSIN 2005
- Escarria, J. 2012. *“CARACTERIZACIÓN PARA LA SUSTENTABILIDAD AGRÍCOLA Y LA SEGURIDAD ALIMENARIA DE LOS SUELOS EN EL CORREGIMIENTO DE CAUCA JURSDICCION DEL MUNICIPIO DE CARTAGO, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CACA”* Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia.
- FAO. 2003. *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria*. Editorial FAO. Roma, Italia.
- FAO. *El Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo*. SOFI 2004.
- FAO. *El Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo*. SOFI 2009.
- Fassbender, H. 1982. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. IICA. San José. Costa Rica.

- Gamarra, J. 2007. La economía del departamento del Cauca: concentración de tierras y pobreza. No.95. ISSN 1692-3715
- García, A. 2009. Degradación de la fertilidad integral del suelo. En: Seminario nacional año de los suelos en Colombia. El suelo importante recurso para la continuidad de nuestras generaciones Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 29 Págs.
- Germida J. 1993. Cultural methods for soil microorganisms. In: Soil sampling and methods of analysis. M. R. Carter editor. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers
- Ghanem N., Sabry, S., El-sherif, Z. 2000. Isolation and Enumeration of marine Actinomycetes from seawater and sediments in Alexandria. Applied and Environmental Microbiology
- ICA, 1992. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Bogotá (Manual de Asistencia Técnica No. 25)
- Informe anual Asocaña, 2012. [www.asocana.org](http://www.asocana.org)
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Medellín. Colombia
- Jaramillo, J. 2007. Ciencias del suelo (Notas de clase). Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 184 Págs.
- McNeil, M., Brown, J. 1994. The medically important aerobic actinomycetes: epidemiology and microbiology. Clin Microbiol Rev.
- Navarro, S. 2003. Química Agrícola. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España
- Lemos, M. 2011. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR EL ESTADO DE LA SOBERANÍA, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL Y SU APLICACIÓN EN EL MUNICIPIO DE PURACÉ,

CAUCA. Tesis Maestría. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

- Lora, S. 1992. Análisis de suelos y materiales vegetales para micronutrientos en: actualidad y futuro de los micronutrientos en la agricultura. SCCS., Palmira. Comité Regional del Valle del Cauca
- Madriñan, P. 2002. "COMPILACION Y ANALISIS SOBRE CONTAMINACION DEL AIRE PRODUCIDA POR LA QUEMA Y LA REQUEMA DE LA CAÑA DE AZUCAR; *Saccharum officinarum* L, EN EL VALLE GEOGRAFICO DEL RIO CAUCA" Trabajo de grado Especialista en Agroecología. Escuela de postgrados. Universidad Nacional de Colombia.
- McNeil, M., Brown, J. 1994. The medically important aerobic actinomycetes: epidemiology and microbiology. Clin Microbiol Rev.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL 2007
- Morrison, R., Gawander, J., Ram, A. 2005. Changes in the properties of a fijian oxisol over 25 years of sugarcane cultivation. En: Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists, 25. Proceedings. 2005 v.2, p.139-146 Atagua. (ISSN) 99922-2-201-7
- Muñoz, C., 2012. "Investigación social", en Contribuciones a las Ciencias Sociales, Junio 2012, [www.eumed.net/rev/cccs/20/](http://www.eumed.net/rev/cccs/20/)
- Ortiz, O y Alcañiz, J. 2006. Bioaccumulation of heavy metals in *Dactylis glomerata* L. Bioresource Technology
- Osorio, G. 2007. Manual: Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM-en la Producción de Caña y Panela. CTP Print Ltda. Medellín, Colombia.
- Paul, E. and Clark. F. 1989. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press Inc. Londres.
- Pérez J., Pratt, L., Industria Azucarera en Guatemala: Análisis de Sostenibilidad. Julio, 1997. CEN 720.

- PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL VILLA RICA 2012-2015  
<http://www.villarica-cauca.gov.co>
- Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional.  
<http://www.icbf.gov.co/icbf/directorio/portel/libreria/php/03.030801.html>
- Porta-Casanellas, J., López-Acevedo M., Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Tercera edición; Impreso en España, Ediciones Mundi-prensa
- PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 2811/1974. Diario Oficial, 34243 de diciembre 18 de 1974
- Pritchett, W. 1991. Suelos forestales: Propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial Limusa. México.
- Spreij, M. Vapnek, J. 2006. FAO ESTUDIO LEGISLATIVO 91. Directrices en Material de Legislación Alimentaria. ISSN 1020-4377
- Rubbo y Taussig 2011, Esclavitud y libertad en el valle del río Cauca (Bogotá: Uniandes)
- Quintero, D. 1995. Fertilización y nutrición. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali.
- Quintero, D., Torres, J. 1990 Aspectos relacionados con la investigación sobre fertilización del la caña de azúcar en Colombia. Cali. CENICAÑA (Documento de trabajo No. 28)
- Quintero, R. 1993. Interpretación del análisis del suelo y recomendaciones de fertilizantes para caña de azúcar. Cenicaña.
- Quintero, R. 1995. Fertilización y nutrición. En: CENICAÑA; El cultivo de a caña en la zona azucarera de Colombia, Cali.
- Quintero, R. 2003. Resultados preliminares y proyecciones acerca de la vinaza en Colombia. CENICAÑA – Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. Documento de trabajo N° 517. 10 Págs.

- Quintero, R. 2004. Efectos de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del Valle del Cauca. Documento de trabajo 530. Cenicafé. Cali, Colombia.
- Ratto, S. 2006. Los microelementos en el sistema productivo del área pampeana. Pp. 79-112. En: Vázquez, M. (ed.). Micronutrientes en la Argentina. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina
- REPUBLICA DE COLOMBIA. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación. Documento CONPES 113. POLITICA NACIONAL DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL (PSAN). Bogotá DC., 31 de marzo de 2008.
- Russel, E. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Aguilar, Madrid.
- Shuman, L. 1979. Zinc, Manganese and copper in soil fractions. Soil Science
- Tate R, L. 2000. Soil Microbiology (second ed.), Wiley, New York.
- Thompspon, L., Troeh, F. 1998. Soils and Fertility (fourth edition) McGraw-Hill. USA
- Tislade, S., Nelson, W., 1996. Soil fertility and fertilizers. MacMillan, New York.
- Torsvik V, Øvreås L, Thingstad TF. Prokaryotic diversity 2002. Magnitude, dynamics, and controlling factors. Science; 296: 1064-6.
- United Nations International Children's Emergency Fund: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. UNICEF. Situación de Hambre en el Mundo. <http://unicef.org/spanis/mdg/poverty.htm>
- Viveros, C.; Calderón, H. (1995). SIEMBRA En: El Cultivo de la Caña de Azúcar en la Zona Azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA.

## Webgrafía

- [www.grupoecoambientales.blogspot.com/2012/10/degradacion-del-suelo-por-cultivo-de.html](http://www.grupoecoambientales.blogspot.com/2012/10/degradacion-del-suelo-por-cultivo-de.html)
- [http://www.cenicana.org/servicios/analisis\\_suelo.php](http://www.cenicana.org/servicios/analisis_suelo.php)
- <http://www.cvalle.edu.mx/PhpSystem/Tareas/adjuntos/tecnicasinv.pdf>
- <https://www.minagricultura.gov.co>
- <https://www.uam.es/docencia/museovir/web/.../macro/nitrogeno.htm>

## 14. Anexos

### ANEXO 1.

#### ENCUESTA SOBRE LA INCIDENCIA DEL MONOCULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LA VEREDA AGUA AZUL (MUNICIPIO DE VILLA RICA- CAUCA)

Se entiende por Seguridad Alimentaria el acceso de todas las personas en todo momento a los alimentos necesarios para llevar una vida activa y sana. Esto referido a los hogares representa la capacidad de las familias para obtener, ya sea produciendo o comprando, los alimentos suficientes para cubrir las necesidades dietéticas de sus miembros.

El propósito de la siguiente encuesta no es medir la capacidad económica de los hogares para comprar los alimentos, ni su calidad nutricional, sino estimar como ha incidido el cultivo de caña de azúcar en el acceso a los alimentos producidos por las propias familias de esta vereda.

NOMBRE: \_\_\_\_\_

PERFIL DEL ENCUESTADO:

1. Edad: \_\_\_\_\_

2. Sexo: \_\_\_\_\_

3. Escolaridad: \_\_\_\_\_

4. Ocupación: \_\_\_\_\_

5. Estrato: \_\_\_\_\_

6. Su hogar lo conforman:

2 personas: \_\_\_\_

2 a 5 personas: \_\_\_\_

Más de 5 personas: \_\_\_\_

7. Tiempo de residencia en la vereda:

Menos de 5 años: \_\_\_\_

Entre 5 y 10 años: \_\_\_\_

Entre 10 y 20 años: \_\_\_\_

Más de 20 años: \_\_\_\_

---

TEMA INVESTIGATIVO

8. ¿Posee terrenos cultivables?

Si: \_\_\_ No: \_\_\_

Propios: \_\_\_

Familiar: \_\_\_

En arriendo: \_\_\_

Otro: \_\_\_\_\_

9. En caso de dar una respuesta negativa

a la pregunta No. 8, responda:

Nunca hemos tenido terreno cultivable: \_\_\_

Mi familia y/o yo hace menos de 10 años: \_\_\_

Mi familia y/o yo hace 10 a 20 años: \_\_\_

Mi familia y/o yo hace más de 20 años: \_\_\_

10. Su terreno cultivable, ¿quién lo labra?

Yo mismo: \_\_\_\_\_

Un familiar: \_\_\_\_\_

Lo tengo arrendado a un tercero: \_\_\_

Otro: \_\_\_\_\_

11. ¿Qué tipo de cultivo se siembra en su terreno propio y/o familiar?

Caña de azúcar: \_\_\_\_\_

Plátano: \_\_\_

Maíz: \_\_\_

Frutales: \_\_\_

Otros: \_\_\_\_\_

Cual: \_\_\_\_\_

12. Cuáles son las fuentes de ingresos familiares?

<b>FUETE</b>	<b>%</b>
Ventas agrícolas	
Trabajo asalariado	
Otros	

Cual: \_\_\_\_\_

13. Su parcela familiar y/o propia que tuvo o tiene ha cambiado los cultivos de pancoger por caña de azúcar?

Si	
No	

Por qué?

---

---

---

---

---

14. Algunos de los alimentos que se consumen en su hogar los obtiene de sus parcelas propias y/o familiares?

Si	
No	

Cuales: \_\_\_\_\_

15. Considera que la caña de azúcar desplazó a los cultivos alimentarios?

Si	
No	

Por qué?

---

---

---

---

---

16. Si su respuesta a la pregunta anterior es positiva, ¿cree usted que su canasta familiar se ha visto afectada por la falta de fincas tradicionales, cultivos transitorios o pancoger en su vereda?

---

---

---

---

---

---

OPINIONES Y ACTITUDES

17. Cree usted que era más fácil acceder a los alimentos antes que ahora?

Si	
No	

Por qué?

---

---

---

---

18. Qué opina de la cantidad y calidad de los alimentos en los hogares antes y ahora?

---

---

---

---

---

19. Que cultivaron sus ancestros en sus parcelas?

---

---

---

---

20. Por qué cree usted que sus ancestros dejaron de trabajar la tierra y dieron paso al monocultivo de la caña de azúcar?

---

---

---

---

21. Le gustaría que en su vereda nuevamente tuviera fincas tradicionales y gran cantidad de cultivos pancoger?

Si	
No	

Por qué?

---

---

---

---

---

22. Cree usted que si los terrenos con caña de azúcar de su vereda, volvieran a ser sembrados con cultivos pancoger, mejoraría el acceso a la alimentación de su familia?

Si	
No	

Por qué?

---

---

---

---

---

Le gustaría añadir alguna observación?

---

---

---

---

---

Muchas gracias!!!