



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 03 de Abril de 2017

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El suscrito:

Jose Ricardo Motta Narváez, con C.C. No. 1.075.233.867, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado Evaluación De Los Recursos Suelo – Agua En La Estructuración De Un Plan De Manejo Ambiental Para La Sostenibilidad Del Centro Experimental De La Universidad Surcolombiana presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental;

Autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

JOSE RICARDO MOTTA NARVAEZ:

Firma:

Ricardo Motta

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS SUELO – AGUA EN LA ESTRUCTURACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL CENTRO EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Motta Narváez	Jose Ricardo

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Torrente Trujillo	Armando

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2017

NÚMERO DE PÁGINAS: 129

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas ___ Fotografías ___ Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general ___ Grabados ___
Láminas ___ Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___
Tablas o Cuadros X

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso



PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Manejo Ambiental
2. Sostenibilidad de suelo y agua
3. Caracterización de suelos y aguas.

Inglés

- Environmental Management
Soil and water sustainability
Soil and water characterization

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El proyecto estratégico para la recuperación y optimización de la capacidad productiva de los suelos de la Granja experimental de la Universidad Surcolombiana tiene como propósito caracterizar a nivel detallado los suelos de la Granja en el Distrito de Riego el Juncal, municipio de Palermo, con fines de implementar un plan estratégico de recuperación de la capa arable y optimizar la capacidad productiva de los suelos. En los últimos años se observa decrecimiento en los rendimientos agrícolas, como alteración de las propiedades del suelo expresadas en cambios del pH, deterioro de la estructura y limitación para el desarrollo de los cultivos. La actual condición de los suelos muestra que las labores de preparación de suelos deberán enfocarse hacia la creación de una "capa arable". Este estudio pretende identificar las características físico químicas de los suelos de la Granja Experimental, para determinar el porqué de la reducción de los rendimientos de la producción de arroz, todo esto con el fin de realizar la estructuración de un plan de manejo ambiental. Para ello se requirió de la realización de un muestreo en los lotes cultivables de los cuales surgieron 13 muestras, que fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana para hacerles los respectivos análisis físicos y químicos, además se realizó la misma actividad con las aguas de riego. Seguidamente se procedió a generar un análisis estadístico de los datos recolectados en laboratorio, como también hacer un estudio de georreferenciación sobre los datos obtenidos superponiéndolos con los puntos de muestreo, adicionalmente con toda la información analizada se realizó un plan de manejo ambiental con el propósito de evidenciar las falencias y posibles soluciones a la problemática presentada en la actualidad en el cultivo de arroz. Arrojando los resultados demostrando que la calidad del suelo en esta área es baja, evidenciando la necesidad de implementar unos planes de contingencia y fichas de manejo para dar solución a la problemática.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The strategic project for the recovery and optimization of the productive capacity of the Soil of the experimental Farm of the Surcolombiana University is intended to characterize a detailed level of the soils of the Farm in the District of irrigation el Juncal, municipality of Palermo, for purposes De Implement a strategic plan for the recovery of the arable layer and optimize the productive capacity of the soils. In recent years there has been a decrease in agricultural yields, such as alteration of soil properties expressed in pH changes, deterioration of the structure and limitation for crop development. The current condition of the soils shows that soil preparation work focuses on the creation of an "arable layer". This study tries to identify the chemical chemical characteristics of the soils of the Experimental farm, to determine the reason for the reduction of the yields of the rice production, all this with the fin to realize the structuring of an environmental management plan. For this purpose, 13 samples were required to be sampled in the cultivable lots of the bones, which were taken to the soil laboratory of the Surcolombiana University for physical and chemical analyzes. The same activity was also carried out with the waters Irrigation A statistical analysis of the data collected in the laboratory was carried out, as well as a georeferencing study on the data obtained by superimposing them with the sampling points. In addition, with all the information analyzed, an environmental management plan was carried out for the purpose Of Evidence of the shortcomings and possible solutions to the problematic presented today in the cultivation of rice. Throwing the results of soil quality in this low area, evidencing the need to implement contingency plans and management files to solve the problem.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Alfredo Olaya Amaya

Firma:

Nombre Jurado: Alfredo Olaya Amaya

Firma:

Nombre Jurado: Jennifer Katiusca Castro Camacho

Firma: Jennifer Katiusca Castro C

**EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS SUELO – AGUA EN LA
ESTRUCTURACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA
LA SOSTENIBILIDAD DEL CENTRO EXPERIMENTAL DE LA
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

José Ricardo Motta Narváez

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental

Director:
Ph.D Armando Torrente Trujillo

Universidad Surcolombiana
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental
Neiva (Huila) Colombia
2017

Agradecimientos

Agradezco enormemente a mis padres y familiares que me apoyaron incondicionalmente en el camino que decidí seguir tanto moral como económicamente para seguir estudiando y logrando el objetivo trazado para un futuro mejor.

A la Universidad Surcolombiana como institución que colaboró en la realización del trabajo de grado, alma mater de la ciencia que nos está formando para afrontar los retos que se presentan en el sector.

De igual manera a mis queridos formadores en especial al docente Armando Torrente Trujillo quien fue mi guía para la realización de este documento.

Gracias...

Resumen

El proyecto estratégico para la recuperación y optimización de la capacidad productiva de los suelos de la Granja experimental de la Universidad Surcolombiana tiene como propósito caracterizar a nivel detallado los suelos de la Granja en el Distrito de Riego el Juncal, municipio de Palermo, con fines de implementar un plan estratégico de recuperación de la capa arable y optimizar la capacidad productiva de los suelos. En los últimos años se observa decrecimiento en los rendimientos agrícolas, como alteración de las propiedades del suelo expresadas en cambios del pH, deterioro de la estructura y limitación para el desarrollo de los cultivos. La actual condición de los suelos muestra que las labores de preparación de suelos deberán enfocarse hacia la creación de una “capa arable”. Este estudio pretende identificar las características físico químicas de los suelos de la Granja Experimental, para determinar el porqué de la reducción de los rendimientos de la producción de arroz, todo esto con el fin de realizar la estructuración de un plan de manejo ambiental. Para ello se requirió de la realización de un muestreo en los lotes cultivables de los cuales surgieron 13 muestras, que fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana para hacerles los respectivos análisis físicos y químicos, además se realizó la misma actividad con las aguas de riego. Seguidamente se procedió a generar un análisis estadístico de los datos recolectados en laboratorio, como también hacer un estudio de georreferenciación sobre los datos obtenidos superponiéndolos con los puntos de muestreo, adicionalmente con toda la información analizada se realizó un plan de manejo ambiental con el propósito de evidenciar las falencias y posibles soluciones a la problemática presentada en la actualidad en el cultivo de arroz. Arrojando los resultados demostrando que la calidad del suelo en esta área es baja, evidenciando la necesidad de implementar unos planes de contingencia y fichas de manejo para dar solución a la problemática.

Palabras clave: Manejo Ambiental, Sostenibilidad de suelo y agua, Caracterización de suelos y aguas.

Abstract

The strategic project for the recovery and optimization of the productive capacity of the Soil of the experimental Farm of the Surcolombiana University is intended to characterize a detailed level of the soils of the Farm in the District of irrigation el Juncal, municipality of Palermo, for purposes De Implement a strategic plan for the recovery of the arable layer and optimize the productive capacity of the soils. In recent years there has been a decrease in agricultural yields, such as alteration of soil properties expressed in pH changes, deterioration of the structure and limitation for crop development. The current condition of the soils shows that soil preparation work focuses on the creation of an "arable layer". This study tries to identify the chemical chemical characteristics of the soils of the Experimental farm, to determine the reason for the reduction of the yields of the rice production, all this with the fin to realize the structuring of an environmental management plan. For this purpose, 13 samples were required to be sampled in the cultivable lots of the bones, which were taken to the soil laboratory of the Surcolombiana University for physical and chemical analyzes. The same activity was also carried out with the waters Irrigation A statistical analysis of the data collected in the laboratory was carried out, as well as a georeferencing study on the data obtained by superimposing them with the sampling points. In addition, with all the information analyzed, an environmental management plan was carried out for the purpose Of Evidence of the shortcomings and possible solutions to the problematic presented today in the cultivation of rice. Throwing the results of soil quality in this low area, evidencing the need to implement contingency plans and management files to solve the problem.

Keywords: Environmental Management, Soil and water sustainability, Soil and water characterization.

Índice

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. Objetivo general	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1. Estado y calidad del suelo	12
3.2. La fertilidad del suelo.....	14
3.3. Las enmiendas y la recuperación de suelos	17
3.4. Calidad del agua	19
3.5. La Granja Universidad Surcolombiana	21
3.6. Sustentabilidad y salud del suelo.....	24
3.7. El cultivo de arroz y su manejo	26
3.8. Plan de manejo ambiental.....	30
4. UBICACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	32
5. METODOLOGÍA.....	34
5.1. Trabajo de campo	34
5.2. Proceso de laboratorio	38
5.3. Georreferenciación	40
5.4. Análisis Estadístico	41
5.5. Plan de Manejo Ambiental	42
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	44
6.1. Análisis de suelos y aguas	44
6.2. Georreferenciación	49
6.3. Análisis estadísticos de los parámetros físico-químicos del suelo	58
6.4. Análisis de la calidad del agua de riego	73
6.4.1. Conductividad eléctrica	74
6.4.2. Relación de adsorción de sodio	74
6.4.3. Carbonato de sodio residual	76
6.4.4. Contenido de elementos tóxicos en las plantas	77
6.5. Plan de manejo ambiental.....	78
6.5.1. Análisis estadísticos de los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a la granja experimental de la Universidad Surcolombiana	78
6.5.2. Matriz Vicente Conesa Fernández (MVCF).....	93
6.5.3. Medidas de manejo.....	99
6.5.4. Programa de capacitación.....	108
6.5.5. Plan de seguimiento y monitoreo	110
7. CONCLUSIONES.....	115
8. RECOMENDACIONES	117
9. ANEXOS	119
10. BIBLIOGRAFÍA.....	124

Listado de tablas

	Pág.
Tabla 1. Parámetros químicos de los suelos de la Granja de la Universidad Surcolombiana	45
Tabla 2. Parámetros Físicos de los suelos de la Granja de la Universidad Surcolombiana .	46
Tabla 3. Parámetros químicos del agua de la Granja de la Universidad Surcolombiana	47
Tabla 4. Características químicas en las variables edáficas del cultivo del arroz	48
Tabla 5. Características físicas en las variables edáficas del cultivo del arroz	49
Tabla 6. Clasificación porcentual del Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio	59
Tabla 7. Clasificación porcentual del CIC, Materia Orgánica, Bases Totales y Saturación de Bases	59
Tabla 8. Clasificación porcentual del pH, PSI y CE	60
Tabla 9. Clasificación porcentual del Hierro, Magnesio, Cobre, Zinc y Boro	60
Tabla 10. Clasificación porcentual del Lote, Textura y porosidad.....	61
Tabla 11. Modelos de regresión para las variables edáficas	68
Tabla 12. Modelo estadístico variable pronóstico del fosforo.....	69
Tabla 13. Modelo estadístico variable pronóstico del potasio.....	70
Tabla 14. Modelo estadístico variable pronóstico del P.S.I	71
Tabla 15. Modelo estadístico variable pronóstico de la densidad aparente.....	72
Tabla 16. Parámetros químicos del agua de la Granja de la Universidad Surcolombiana en mili equivalentes.....	73
Tabla 17. Clasificación de aguas para riego de acuerdo a su CE y sales totales	74
Tabla 18. Clasificación de CSR (me L ⁻¹)	77
Tabla 19. Niveles tóxicos de iones específicos (me L ⁻¹)	77
<i>Tabla 20 Descripción de las actividades que se realizan en la Granja Experimental de la USCO</i>	<i>83</i>
Tabla 21. Listado de fertilizantes utilizados en el cultivo del arroz en la Granja Experimental de la USCO	90
Tabla 22 Categoría y grado de toxicidad de los pesticidas.....	91
Tabla 23 Listado de agroquímicos utilizados en el cultivo del arroz de la Granja Experimental de la USCO	92
<i>Tabla 24. Evaluación de los impactos ambientales por medio de la Matriz (MVCF)</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 25. Consolidación de los resultados de la matriz (MVCF)</i>	<i>97</i>
Tabla 26. Actividades e impactos ambientales que contaminan el componente suelo	99
<i>Tabla 27. Ficha de manejo del componente suelo</i>	<i>99</i>
Tabla 28. Actividades e impactos ambientales que contaminan el componente agua	102
<i>Tabla 29. Ficha de manejo del componente agua</i>	<i>103</i>
Tabla 30. Actividades e impactos ambientales que contaminan el componente aire.....	104
Tabla 31. Ficha de manejo del componente aire	105
Tabla 32. Actividades e impactos ambientales que contaminan el componente comunidad	107
<i>Tabla 33. Ficha de manejo del componente comunidad</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 34. Módulos de la capacitación</i>	<i>109</i>

	Pág.
Tabla 35. Estructura del programa de seguimiento y monitoreo.....	110
Tabla 36. Programa de seguimiento y monitoreo de la calidad del suelo	111
Tabla 37 Programa de seguimiento y monitoreo de la cantidad y calidad del agua.....	111
Tabla 38. Programa de seguimiento y monitoreo de la calidad del aire.....	112
<i>Tabla 39. Programa de seguimiento y monitoreo del manejo de agroquímicos.....</i>	<i>113</i>

Listado de figuras

	Pág.
Figura 1 Ubicación del área de estudio	33
Figura 2 Principios de calidad de suelos	12
Figura 3 Estudio de suelos,.....	15
Figura 4 Sub Zona de muestreo	34
Figura 5 Reservorio Agua de muestreo	34
Figura 6 Plano Granja de la Universidad Surcolombiana	35
Figura 7 Muestras listas para entregar al laboratorio	36
Figura 8 Limpieza del sitio de muestro	36
Figura 9 Muestreo en forma de "V"	36
Figura 10 Extracción muestra representativa	37
Figura 11 Selección material del suelo.....	37
Figura 12 Recolección	37
Figura 13 Cuarteo de Sub muestra en campo	37
Figura 14 Extendido y secado de muestra en el laboratorio.....	38
Figura 15 Método de densidad real	39
Figura 16 Método de densidad aparente.....	39
Figura 17 Prueba de análisis químico, filtrado individual de las muestras	40
Figura 18 Ubicación de los lotes A, B.y C en los que se encuentra dividida la producción de arroz en la granja de la Universidad Surcolombiana.....	50
Figura 19 Relación entre los puntos de toma de las sub muestra muestras y los diferentes lotes de la granja de la Surcolombiana	51
Figura 20 Relación entre los puntos de toma de la sub muestra y diferentes tipos de texturas encontradas en el área de estudio	52
Figura 21 Representación del comportamiento del Potencial de Hidrogeno (pH) a lo largo del terreno estudiado.....	53
Figura 22 Representación de la Conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S. cm}^{-1}$ en la Granja Experimental USCO.....	54
Figura 23 Representación del comportamiento de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) a lo largo del terreno estudiado	55
Figura 24 Representación del comportamiento del Porcentaje de Materia Orgánica a lo largo del terreno estudiado	56
Figura 25 Análisis Físico Químico por Lotes.....	63
Figura 26 Análisis Físico Químico por Texturas.....	66
Figura 27 Comparativo Fosforo Vs Modelo Estadístico	69
Figura 28 Comportamiento Potasio Vs Modelo Estadístico	70
Figura 29 Comparativo P.S.I Vs Modelo estadístico	71
Figura 30 Comparativo Densidad Aparente Vs Modelo Estadístico.....	72
Figura 31 Evaluación de la calidad del agua de riego en función de su salinidad y sodicidad.	76
Figura 32 Actividades que se realizan en la Granja Experimental de la USCO	82

Figura 33 Impactos ambientales generados por el cultivo del arroz en el componente fauna	85
Figura 34 Impactos ambientales generaos por el cultivo del arroz en el componente flora.	85
Figura 35 Impactos ambientales generados por el cultivo del arroz en el componente agua	86
Figura 36 Impactos generados por el cultivo del arroz en el componente aire	87
Figura 37 Impactos ambientales generados por el cultivo del arroz en el componente suelo	87
Figura 38 Impactos ambientales generados por el cultivo de arroz en el componente paisaje	88
Figura 39 Impactos ambientales generados por el cultivo de arroz en el componente comunidad	88

1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación es pertinente dada la problemática actual reflejada en la disminución drástica de los rendimientos en la producción agrícola de la Granja Experimental, las inversiones realizadas anualmente que no retornan en el capital esperado, la falta de recursos económicos encaminados a emprender proyectos que busquen revertir esta situación, es importante determinar las causas por las cuales se presentan este tipo de condiciones en los suelos, se espera que los resultados de esta investigación sirvan para solucionar los problemas de productividad y ayude a los demás habitantes de la región que se desempeñan en el mismo campo específico como en este caso el cultivo de arroz.

Se identifica los puntos fuertes y débiles de la ejecución de las actividades que se realizan en la granja con el fin conocer el porqué del estado actual de los suelos, para identificar las posibles soluciones tanto remediación a los suelos como en actividades de producción como planes de mitigación que mejoren el actual uso del suelo y que contribuya a la preservación de la calidad y por consiguiente incremente la producción de arroz el cual es el principal ingreso de subsistencia de la granja experimental de la Universidad Surcolombiana.

Se pretende solucionar la pregunta de investigación ¿Porque los rendimientos de los cultivos y la capacidad productiva de los suelos de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana presenta decrecimiento en los rendimientos agrícolas? Para esto se plantea como objetivo general Caracterizar a nivel detallado los suelos y aguas de riego de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana en el Distrito de Riego el Juncal, municipio de Palermo, con fines de implementar un Plan de Gestión Ambiental para la recuperación la capa arable y optimizar la capacidad productiva de los suelos.

Se analizan las características de los suelos y el agua para así poder determinar el curso a seguir en la remediación de los mismos con un análisis estadístico se identificaron las debilidades y se plantean planes de manejo para generar la bioremediación y mejoramiento de las actividades operativas que se realizan en la actualidad.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

Caracterizar a nivel detallado los suelos y aguas de riego de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana en el Distrito de Riego el Juncal, municipio de Palermo, con fines de implementar un Plan de Gestión Ambiental para la recuperación la capa arable y optimizar la capacidad productiva de los suelos.

2.2.Objetivos específicos

- Determinar las características físicas y químicas de los suelos y aguas de riego de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana.
- Aplicar el modelo de simulación de suelos de mejor ajuste y analizar las variables e indicadores del suelo con fines de reconocer sus potencialidades y limitaciones con miras a la optimización de la producción.
- Evaluar la salinidad, fertilidad, calidad y salud del suelo mediante la aplicación de los indicadores adecuados.

3. MARCO TEÓRICO

3.1.Estado y calidad del suelo

El estado de los suelos y las aguas que se tienen para realizar la producción de alimentos para el consumo humano, es fundamental a la hora de determinar la capacidad de producción en cuanto a cantidad de producto terminado versus cantidad de terreno utilizado, la calidad del suelo es fundamental en este proceso, según Astier, Mass-Moreno & Etchevers, 2002; La definición de calidad de suelos incluye tres principios importantes: a) la productividad del suelo, que se refiere a la habilidad de un suelo para promover la productividad del sistema, sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas; b) la calidad medioambiental, referida como la capacidad de un suelo para atenuar los contaminantes ambientales, los patógenos, cualquier posible daño hacia el exterior del sistema, incluyendo también los servicios eco sistémicos que ofrece (reservorio de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, recarga de acuíferos, etc.) y c) la salud, que se refiere a la capacidad de un suelo para producir alimentos sanos y nutritivos para los seres humanos y otro organismos (*Figura 1*).



Figura 1 Principios de calidad de suelos
Adaptado de Parr, Papendick, Hornick, & Meyer, 1992

La calidad del suelo está directamente relacionada con los aspectos físicos, químicos y biológicos “En efecto este concepto integra e interconecta los componentes y procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo dentro de determinado paisaje” (Astier et al., 2002).

La calidad del suelo debe ser medida y sometida a unos indicadores que determinen sus características “Un indicador de calidad de suelos es una herramienta de medición que brinda información sobre las propiedades, procesos y características del suelo”. Estos indicadores deben ser tomados con continuidad en intervalo de tiempo para poder realizar las respectivas mediciones como lo menciona Astier et al, 2002. “Los indicadores se miden para monitorear los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un intervalo de tiempo dado”, estos indicadores generalmente se enfocan en medir propiedades físicas, químicas y biológicas para poder determinar los cambios y las fluctuaciones de los componentes para saber cómo corregirlos apropiada y oportunamente sin riesgo de afectación a los cultivos, “Muchos de los reportes de calidad de suelos trabajan los aspectos relacionados con las propiedades de los suelos, y utilizan una extensa serie de indicadores físicos, biológicos y químicos tales como carbono orgánico, conductividad eléctrica, respiración biológica, pH, macrofauna, N mineralizable, cationes intercambiables, fosforo disponible, densidad aparente, tasa de infiltración hídrica, etc.” (Hartemink, 1998). “La medición de la calidad de suelos a través de indicadores permite entender más eficazmente cómo evoluciona el estado (capacidades y propiedades) de los suelos bajo determinados sistemas de manejo, particularmente en el contexto de los esfuerzos para lograr una agricultura sustentable” (Astier et al., 2002).

El estado del suelo no solo ayuda a la producción de alimentos sino también está relacionada con la calidad ambiental como lo menciona Astier et al., 2002, Se concibe al suelo no solo como la base para la producción de alimentos y fibras, sino también como un elemento clave para el mantenimiento de la calidad ambiental a nivel local, regional y global, lo cual lleva implícito la obtención de mejores condiciones de salud para los consumidores.

“Resulta fundamental el conocer el estado del suelo para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas” (Astier et al., 2002). Se sabe que “El suelo es un componente central del agroecosistema, de este depende la productividad de plantas y animales, la calidad de las aguas (al interior y al exterior del agroecosistema) así como los productos y la salud de la sociedad en su conjunto” (Astier et al., 2002).

3.2. La fertilidad del suelo

En la fertilidad de los suelos se debe tener muy en cuenta las diferentes propiedades tanto físicas, químicas y biológicas “La fertilidad de suelos integra los atributos químicos, físicos y biológicos que se asocian con la capacidad de estos para producir cosechas sanas y abundantes o para sostener una vegetación natural en condiciones cercanas a las óptimas” (Etchevers et al., 2000), en este caso las propiedades biológicas están muy relacionadas con la biomasa microbiana como lo menciona Astier et al., 2002.

“La fertilidad biológica, por ejemplo, se asocia estrechamente con la biomasa microbiana, principal motor de la descomposición de la materia orgánica derivada de los

residuos vegetales y animales, así como del reciclaje de la misma”. También se encuentran las propiedades químicas, “como la capacidad “buffer” o de amortiguamiento y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), reducen la probabilidad de cambios drásticos en el pH y de las concentraciones de cationes en el suelo, respectivamente” Astier et al., 2002. Y finalmente tenemos las propiedades físicas “como la estructura, la porosidad y la capacidad de retención de agua permiten que haya un crecimiento y desarrollo adecuado de las partes subterráneas de las plantas y, en consecuencia, de las aéreas, al evitar estrés fisiológico” (Astier et al., 2002) (*Figura 2*).

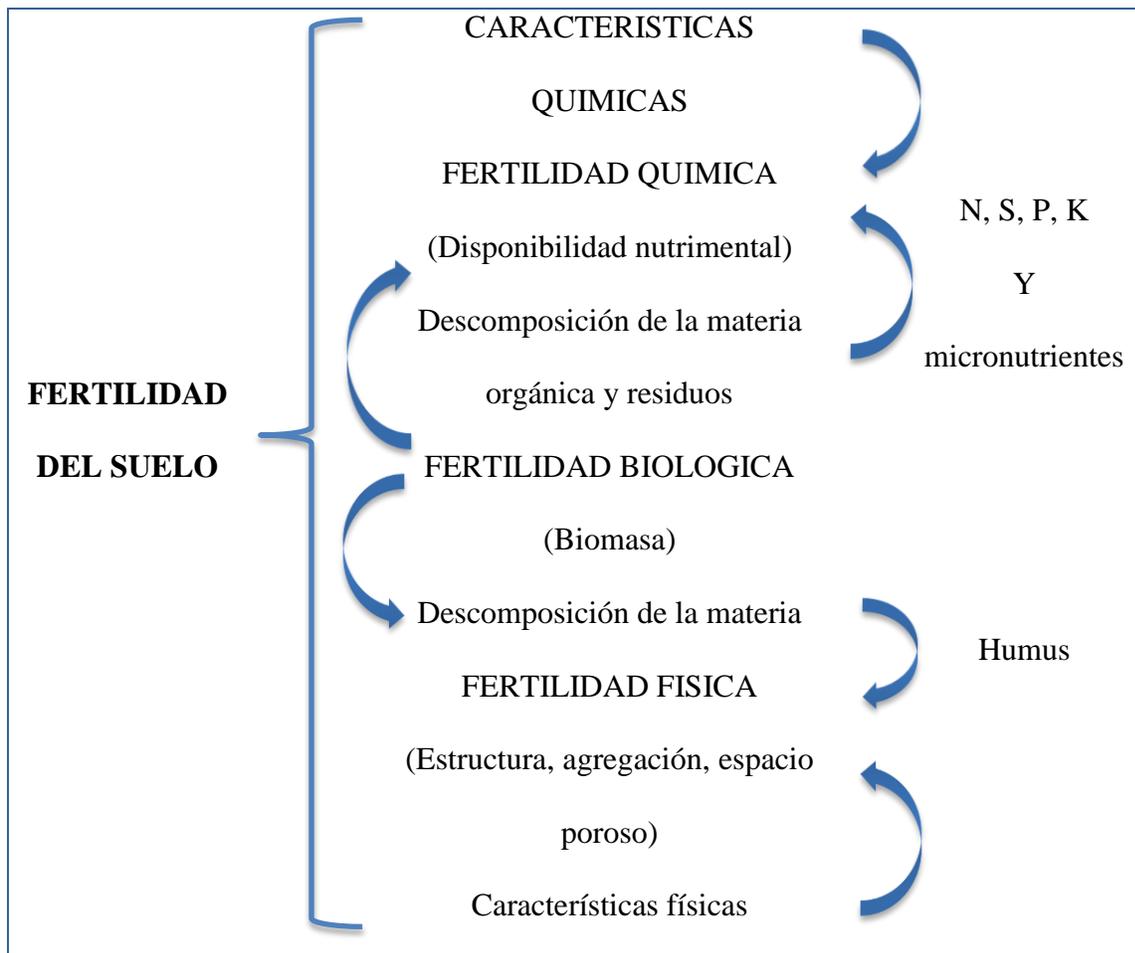


Figura 2 Estudio de suelos,
Tomado de Etchevers et al, 2000

Para la generación de un control en los cultivos se recomienda hacer análisis periódicos con el fin de determinar los cambios en las características y realizar las respectivas correcciones, “Cualquier marco metodológico que pretenda evaluar la sustentabilidad del manejo de los recursos naturales, incluyendo los aspectos de calidad de suelos, necesita ser aplicado periódicamente a estudios de caso a fin de fortalecerlo” (Astier et al., 2002). También se realizan este tipo de estudios para determinar si los tratamientos que se le realizan a los suelos están teniendo los resultados esperados “Es común que los responsables de programas y proyectos de manejo agrícola a escala local se cuestionen acerca de si sus intervenciones han tenido un impacto verdadero en la rehabilitación de los suelos” (Astier et al., 2002).

Si después de estos diferentes análisis se hayan resultados con suelos con algún tipo de afectación se pueden tomar diferentes formas de acción con el fin de restaurar las propiedades del suelo, estos se dividen en mejoradores orgánicos y mejoradores químicos, se usan dependiendo de la gravedad de la afectación, los mejoradores orgánicos son de gran importancia en la agricultura porque elevan el potencial productivo del suelo al actuar como mejoradores de las características físicas, químicas y biológicas. Los materiales orgánicos carbonatos presentes en el sustrato-suelo. Los efectos positivos del mejoramiento orgánico en la recuperación de los suelos salinos son: el aumento de la permeabilidad del suelo y la liberación del CO_2 y formación del H_2CO_3 durante la respiración y descomposición, lo cual evita la evaporación excesiva y el movimiento capilar.

3.3.Las enmiendas y la recuperación de suelos

Los mejoradores químicos en suelos alcalinos se han probado con resultados aceptables, mejoradores químicos cuya fuente son principalmente la caliza y el azufre, como la cal y el yeso común, también se aplican aleaciones de ácidos líquidos de origen sulfúrico, fosfórico y nitrogenado, estos elementos reaccionan de manera aceptable en presencia de un medio acuoso y bajo concentraciones de sodio, cloro, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, elementos presentes en condiciones de alcalinidad y salinidad del suelo, lo cual permite evacuar cantidades importantes de salinidad desde la zona de influencia radicular, hasta una zona donde no se afecte el desarrollo del cultivo establecido y/o por establecer.

Algunas zonas presentan suelos ácidos, “la acidez originada por perturbación de los suelos sulfato ácidos (SSA) y la estacionalidad climática en medios ultra-ácidos, con pH menor a 3,5, determinan cambios físicos, mineralógicos y bioquímicos en el suelo en torno a los procesos de acidez. Estos procesos, producto de la oxidación y sulfatación, intervienen en la degradación continua de suelos y aguas y, concomitantemente, en la pérdida de productividad agrícola” (Rosicky et al, 2004). Por tanto para generar planes de acción se deben realizar controles periódicos para generar un diagnóstico inicial “El éxito en el control de la acidez en los SSA depende en gran medida de qué tan acertado sea su diagnóstico inicial para proyectar su corrección gradual en el tiempo” (Nongkran et al, 2002).

Para general las enmiendas correctas se deben tener muy bien definidos los datos ya que “Desconocer la situación cuantitativa de la acidificación y la alta capacidad buffer presente en los SSA repercute en un manejo inadecuado de las dosis y el tiempo de reacción del material encalante, que, a su vez, puede generar desbalances nutricionales por exceso de enmiendas, aumentar los costos de producción y causar detrimento en el desarrollo de los cultivos, principalmente de papa y hortalizas” (Gomez & Castro, 2004). Se pueden tomar medidas ya que para esto hay diferentes campos de acción como menciona Gomez-Paccard et al. 2013, quienes dan solución a su problema aplicando una Ca-enmienda “La restauración de estos suelos degradados requeriría el uso de un Ca-enmienda para elevar el pH y aliviar la toxicidad de Al, así como la introducción de prácticas de conservación de suelos, tales como la labranza cero (NT)”, las remediaciones a estos tipos de suelos más usadas son las Ca-enmienda “Modificaciones de cal y yeso o la combinación de ambos (Ca-modificación) son ampliamente utilizados para resolver los problemas de la acidez del suelo” (Alonso et al, 2006).

La cal es un producto muy usado en cuanto a la remediación de suelos se refiere por eso también “Esperaríamos Ca-enmiendas para promover la acumulación de SOM a través de la mejora de la producción de biomasa (tanto de la raíz y biomasa aérea) como resultado de una reducción de la toxicidad y el aporte de nutrientes” (Haynes & Naidu, 1998). También se sabe que las Ca-enmiendas ayudan a las raíces a absorber mejor los nutrientes “Otro aspecto importante es el efecto de los Ca-enmiendas sobre los hongos micorrícicos arbusculares (AMF), que han sido reportados para aumentar el acceso de las raíces de las plantas a los nutrientes limitantes y para mejorar la resistencia al estrés en ambientes ácidos” (Cumming & Ning, 2003).

Se pueden combinar metodologías para incrementar la efectividad de las enmiendas utilizadas como “La combinación de NT con Ca-enmienda, por lo tanto, parece ser un enfoque de gestión adecuado para suelos ácidos degradadas por un exceso de labranza” (Gomez-Paccard et al., 2013). Todo este tipo de enmiendas se aplican cuando la degradación del suelo es muy alta, pero cuando la afectación del suelo es baja es mucho más factible la utilización de enmiendas orgánicas, “Las enmiendas orgánicas más utilizadas con estos propósitos son estiércoles, abonos verdes, cachaza y melaza. Entre ellas, la cachaza luce como la más conveniente, dado que es el principal residuo de la industria del azúcar de caña, y anualmente se producen grandes volúmenes” (Gomez-Paccard et al, 2013). También se pueden usar mezclas entre enmiendas orgánicas y químicas para incrementar los efectos positivos tal como mencionan Gomez-Paccard et al, 2013. “Las enmiendas orgánicas han demostrado ser útil en condiciones de moderados niveles de sodio. Al mezclarlas con enmiendas inorgánicas se consiguen mayores efectos positivos y de más duración”.

3.4. Calidad del agua

También se debe tener en cuenta que la calidad de las aguas que se estén usando para el riego de los cultivos tiene una relación directa con la calidad del cultivo y la sanidad de los suelos, teniendo en cuenta que “Los suelos de las regiones áridas y semiáridas del planeta acumulan sales solubles, estos problemas se localizan en 1/3 de las tierras del planeta dedicados a la agricultura” (Aparicio et al, 2014). Se debe ser muy cuidadoso con el agua usada para el riego de los cultivos conociendo que a estas también debe realizárseles

una caracterización ya que estas pueden contener componentes que pueden perjudicar los cultivos, y de ser así implementar los tratamientos previos para evitar que esto suceda, para nuestro caso existe la posibilidad de que el suelo al presentar altas cantidades de sodio, esto pueda estar relacionada a la calidad del agua “El peligro potencial de sodificación por aplicación de agua de riego se estima con la relación de adsorción de sodio (RAS), que expresa el valor relativo entre la concentración de iones sodio y la de iones calcio y magnesio en solución” (Aparicio et al., 2014).

Las aguas para riego pueden contener diferentes tipos de cationes como lo menciona Baccaro et al., 2006. “Las aguas para riego pueden presentar otros cationes como calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), generalmente cantidades menores de potasio (K^+), aniones como cloruro (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) y sulfato (SO_4^{2-}), el exceso de Cl^- puede ser tóxico para algunas plantas mientras que el HCO_3^- tiende a precipitar con los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} , bajo la forma de CO_3^{2-} . También existe la posibilidad de que las aguas que se estén usando para el riego puedan generar algún tipo de contaminación como “La contaminación con fósforo y en menor medida con nitrógeno de las aguas superficiales, produce la eutrofización de lagos y ríos, proceso que conduce al deterioro de los ecosistemas acuáticos debido al crecimiento excesivo de algas, pérdida de oxígeno, mortandad de algunas especies acuáticas y una menor biodiversidad” (Carpenter et al., 1998).

Es muy importante así como en los suelos determinar mediante indicadores los componentes que puedan afectar la calidad del cultivo, ya que “El uso de agua de mala calidad puede ocasionar problemas en el suelo y en los cultivos; estos pueden ser problemas

de salinidad; disminución de la tasa de infiltración, toxicidad específica sobre los cultivos y otros” (Bonet Perez & Ricardo Calzadilla, 2011). Se sabe que “En la agricultura de regadío la calidad del agua es un importante factor a considerar para la obtención de altos rendimientos agrícolas, además adquiere cada día más actualidad e importancia debido a la limitación de los recursos hídricos, al aumento de la contaminación de embalses y ríos y a la excesiva explotación de las aguas subterráneas” (Bonet Perez & Ricardo Calzadilla, 2011).

3.5.La Granja Universidad Surcolombiana

La Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana inició procesos de adecuación de tierras en el año 1981 con la implementación de un sistema de captación y conducción por bombeo mediante un cárcamo ubicado externamente al área (servidumbre), el cual abastece de agua con caudal medio de 30 l/s y derivación por gravedad del canal 4C del Distrito de Riego El Juncal. A partir de este momento, comenzaron los procesos de mecanización del suelo y las distintas labores agrícolas para la siembra de cultivos tales como arroz, sorgo, maíz y frutales, como también las pruebas experimentales, prácticas académicas, y alianzas con el sector agrícola para múltiples ensayos y la transferencia de tecnología a los productores.

Jaramillo 1983, realizó el estudio detallado de suelos de la Granja Experimental delimitando siete (7) series de suelos, sentando las bases para la diferenciación del suelo y los lineamientos para la incursión con las distintas actividades agrícolas de la Granja teniendo en cuenta la potencialidad de cada serie de suelos; Anacona y Rojas 1998,

clasificaron los suelos para riego y drenaje encontrando limitaciones en profundidad efectiva y baja retención de humedad aprovechable; Torrente y Pichot 2006, identificaron y reconocieron el suelo desde el punto de vista de la clasificación taxonómica, según la “Soil Taxonomy”, como Aridic Lithic Ustorthents, notando además procesos de alcalinización e impedimentos en profundidad, lo que define suelos con limitaciones para el desarrollo normal de los cultivos.

Olaya 2007, realizó el estudio de variabilidad espacial para la adecuación de tierras con riego superficial aplicando el método de Riezebos, encontrando limitaciones topográficas para el riego por melgas, lo que determina unidades de melga pequeñas en área, además identifica sectores de la Granja con subirrigación y sobreirrigación, sugiriendo correctivos para el uso eficiente del agua; Cáceres y Castañeda 2014, observaron alta variabilidad espacial de los suelos, procesos de compactación y baja porosidad, como presencia de zonas con déficit en nutrientes y bajos contenidos de materia orgánica.

Los rendimientos del cultivo de arroz son cada vez menores, disminuyendo en promedio en los últimos 10 años de 112 bultos a 87 bultos por hectárea, lo que significa menor margen de utilidad en la actividad productiva de la Granja Experimental, es decir se requiere una mayor inversión por hectárea siendo el retorno de capital cada vez menor, a esta situación se agrega que los análisis realizados por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Surcolombiana, muestran áreas fuertemente alcalinas, siendo el pH de los suelos contrastante en una extensión de terreno relativamente pequeña (30 has). Esta situación tiene con gran preocupación a la administración de la Granja, para lo cual existe un llamado a los estudiantes, docentes e investigadores del Programa de Ingeniería

Agrícola, como a la dirección de la Universidad, para acometer en el menor tiempo posible un proyecto para la recuperación de la capa arable y la optimización de la capacidad productiva del suelo, que ponga en práctica los conocimientos en este tema y se proyecte la transferencia de estos, para el mejoramiento del sector en las actuales circunstancias de competitividad y apertura de mercados.

El agua y sales disueltas forman la solución del suelo; lo cual es esencial para proporcionar de nutrimentos a las plantas. Por último, el aire es un factor que no es continua y se distribuye entre los poros del suelo y contiene mayor humedad que la atmósfera (Torrente y Valenzuela, 2010). Estas características del suelo pueden ser afectadas por factores como:

Salinidad: Deterioro de los suelos por el incremento de sales solubles que reduce la capacidad productiva. El término salino se aplica a suelos cuya conductividad eléctrica del extracto de saturación es mayor de 4 dS/m. a 250C, con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15. Generalmente el pH es menor de 8.5.

Degradación física: Se produce como consecuencia de la reducción de permeabilidad, la compactación, cementación y la degradación de la estructura entre otros.

Degradación biológica: Consiste en la mineralización desmedida de la materia orgánica por microorganismos del suelo.

Degradación química: Es la pérdida de nutrientes por diferentes factores como la lixiviación.

Es conocido que la aplicación adecuada de residuos orgánicos naturales y algunos compuestos químicos es posible restituir los nutrientes o parte de ellos que se extraen o

eliminan por los factores antes mencionados. Los mejoradores del suelo, son uno de ellos. Los mejoradores de suelos trabajan para corregir limitantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas (Burbano, 2010).

Es preciso aclarar que los mejoradores de suelos no remplazan los fertilizantes químicos; su efecto acondicionador se refleja en el mejoramiento del ambiente bioquímico del sustrato-suelo lo cual se traduce en un mejor aprovechamiento de los nutrientes aplicados al mismo, incrementando su eficiencia y disminuyendo las pérdidas por fijación, lixiviación y volatilización, además del efecto de las sustancias tóxicas y promueven la actividad biológica del suelo, contrarresta los perjuicios que ocasiona el sodio a al suelo y plantas en desarrollo, favorecen el lavado de las sales y la descomposición de materia orgánica (Burbano, 2010).

La evaluación del estado del suelo se hace a partir de los conceptos de calidad, sustentabilidad y resiliencia del suelo. "La capacidad del suelo de funcionar, dentro de las fronteras del ecosistema y el uso de la tierra, manteniendo la calidad ambiental y fomentando la salud de plantas, de los animales y del hombre" (Doran y Parkin, 1996).

3.6.Sustentabilidad y salud del suelo

Blum & Santelises 1994, describieron el concepto de sustentabilidad y resiliencia del suelo basado en seis funciones ecológicas y humanas: el suelo como productor de biomasa; el suelo como reactor con filtros; el suelo como buffer y como transformador de materia para proteger el ambiente, el agua subterránea y la cadena de alimentos de la

contaminación; el suelo como hábitat biológico y reserva genética; el suelo como medio físico y el suelo como fuente de recursos y de herencia cultural. Estos conceptos y los sugeridos por Warkentin 1996 fueron las bases a partir de las cuales la Soil Science Society of America estableció el concepto de calidad del suelo (Karlen et al., 1996).

La salud del suelo refleja la idea de un organismo vivo y dinámico que funciona holísticamente, aunque no hay una definición precisa del término y existen fuertes controversias en la literatura, quizás como consecuencia de la subjetividad con la que se utilizan los juicios de valor que, inevitablemente, están asociados al concepto. Un suelo sano sería aquel que carece de limitaciones físicas, químicas o biológicas para el desarrollo vegetal y es por tanto un suelo productivo, desde el punto de vista agronómico. Por ello los suelos ácidos, salinos y sódicos o los que tienen mal drenaje, deben ser considerados "insanos" a pesar de que son muy frecuentes en la naturaleza y "funcionan" dentro de los límites que imponen los factores ambientales que les afectan.

Del mismo modo, un manejo inadecuado puede facilitar la aparición de plagas y enfermedades que eventualmente pueden desaparecer en el momento que se restituya un manejo adecuado (rotaciones, barbechos, etc.). Así, sería el manejo el que delimitaría la frontera entre un suelo sano o insano. Se admite en general la imposibilidad de una medida directa de la salud del suelo por lo que se deben valorar componentes o procesos del sistema, aunque hay autores que proponen la necesidad de buscar un grupo de síndromes-indicadores cuya presencia ponga en evidencia la falta de salud de un suelo. No obstante, el Agricultural Research Service del USDA ha desarrollado el Soil Health Kit y lo propone como herramienta para valorar la calidad y salud del suelo (USDA-ARS 1999).

3.7.El cultivo de arroz y su manejo

El arroz es vida para las mayores poblaciones del mundo siendo el alimento básico de más de la mitad de la población mundial y está profundamente relacionado con el patrimonio cultural de numerosas sociedades (Gomez, 2008).

El cultivo de arroz tiene grandes beneficios nutricionales, y económicos tanto para la región como para el país, a su vez trae consigo problemáticas socio- ambientales de gran importancia.

En primera medida, los arroceros son consumidores sustanciales del recurso hídrico, sin embargo, actualmente no existen cifras confiables sobre las cantidades consumidas, ni una presión significativa para incentivar un uso más eficiente; aparte en épocas de sequías extremas los arroceros han tenido dificultades para acceder a una cantidad suficiente de agua para sus sistemas de riego y para mantener rendimientos ecológicos y económicamente rentables (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, CAM, 2014)

Sumándole al problema de uso irracional del agua, Para cultivar una ha de arroz se requieren 450 kg de urea y 29,5 litros de distintos herbicidas, fungicidas e insecticidas; En consecuencia, la agricultura representa el tercer lugar en importancia en cuanto a la generación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Un ejemplo de ello es que los suelos agrícolas gestionados con fertilizantes, en especial los cultivos de arroz representaron, para el año 2011, el 40% de las emisiones del sector (CAM, 2014).

Es importante resaltar que la mayor extensión de tierras aptas para el cultivo de arroz en el departamento se centraliza en la zona norte, en especial en los municipios de Campoalegre, Palermo, Neiva y Villavieja (CAM, 2014). Para conocer la significancia del cultivo de arroz es importante remontarse a la historia, conocer en que partes del mundo se empezó a ver y en que forma empezó a ser útil para la sociedad.

En Colombia, el arroz ocupa el primer lugar en términos de valor económico entre los cultivos de ciclo corto, es el segundo país productor de arroz de América Latina y del Caribe, además de ser anfitrión del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), (FAO, 2004).

Identificar y conocer las partes de la planta de arroz es un paso obligatorio para entender la forma en que se cultiva, el tiempo de drenaje, los nutrientes necesarios para una buena producción, el clima requerido y las posibles plagas a las que se pueda enfrentar la planta.

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4m (enanas) hasta más de 7.0 m (flotantes). Para efectos de esta descripción los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos; Los órganos vegetativos, que son las raíces, tallos y hojas. Y los órganos reproductores, flores y semillas (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, 2005). La taxonomía de la planta describe que es monocotiledónea perteneciente a la

familia de las Gramíneas, a la sub-familia de las Panicoideas y a la tribu Oryzae; Su nombre científico es *Oryza sativa*.

En cuanto a la fisiología de las plantas que producen semilla, se distinguen tres fases de desarrollo, las cuales tienen períodos de crecimiento definidas en cuanto a la diferenciación de la planta y los días de duración de estas tres fases. En el caso del arroz, estas fases son las siguientes (Cultivo de Arroz, 2012)

-La Fase Vegetativa: Por lo general dura de 55 a 60 días en las variedades de período intermedio. Y comprende desde la germinación de la semilla, emergencia, macollamiento (ahijamiento), hasta la diferenciación del primordio floral. (Cultivo de Arroz, 2012)

-La Fase Reproductiva: Incluye el período desde la formación del primordio floral, embuchamiento (14-7 días antes de la emergencia de la panícula), hasta la emergencia de la panícula (Floración). Esta fase dura entre 35 y 40 días. (Cultivo de Arroz, 2012)

-La Fase de Madurez: Abarca desde la emergencia de la panícula (floración), el llenado y desarrollo de los granos (estado lechoso y pastoso) hasta la cosecha (madurez del grano) y dura de 30 a 40 días.

En general el ciclo vegetativo y reproductivo de las variedades de arroz que se cultivan actualmente, varía de 120 a 140 días desde la germinación hasta a la cosecha del

grano, aunque actualmente se encuentran variedades de arroz con 105 días a la cosecha con rendimientos aceptables. (Cultivo de Arroz, 2012).

Para cultivar arroz se considera que la temperatura óptima para la germinación, el crecimiento del tallo, de las hojas y de las raíces, está entre los 23 y 27°C; con temperaturas superiores a estas, la planta de arroz crece más rápidamente, pero los tejidos son demasiados blandos, siendo entonces más susceptibles a los ataques de enfermedades. Por otra parte, las temperaturas bajas influyen desfavorablemente en la diferenciación de las células reproductivas y por tanto causan una alta esterilidad de las espiguillas, esto es muy determinante en la etapa del “embuchamiento” a los 14-7 días antes de la emergencia de la panícula o de la floración del cultivo. Un tiempo lluvioso, con alta nubosidad y con bajas temperaturas perjudican la polinización y por tanto causan un alto porcentaje de esterilidad de las espiguillas, resultando en una baja producción de grano. Por otra parte, tanto en los trópicos como en las zonas templadas, la producción de grano es primariamente determinada por la incidencia de radiación solar. En Colombia se asume que es ideal para cultivar en los meses de mayo, junio y la primera quincena de julio (Servicio Agrícola y Ganadero, SAG 2003).

Además, requiere de suelos con alto contenido de arcilla, gracias a su capacidad de retener y conservar la humedad por más tiempo. Los suelos cuya proporción de arcilla está balanceada con el contenido de arena y limo (suelos francos) y que son aptos para otros cultivos, todavía garantizan buenas cosechas de arroz. Sin embargo, en estas condiciones se hace necesario contar con abundante agua de lluvia, o con la infraestructura necesaria

para suplir riego al cultivo en períodos críticos de baja precipitación pluvial o sequía (SAG, 2003).

3.8. Plan de manejo ambiental

Es necesario estar al corriente que los PMA son documentos legales que permiten a la autoridad ambiental realizar el seguimiento requerido a las diversas empresas que lo requieren y adicionalmente, facilitan que las empresas que desarrollen los proyectos, tengan control sobre sus impactos ambientales y realicen un desarrollo armónico con su entorno. Adicionalmente estos estudios de PMA se constituyen en un documento técnico de obligatorio cumplimiento para los casos establecidos por la normatividad ambiental colombiana (e-Qual Consultorias y Servicios Ambientales, 2016).

Las medidas de manejo ambiental, son todas aquellas acciones orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales generados por el desarrollo de una actividad productiva; Es decir, atenúan o eliminan el valor final del impacto ambiental, y/o eliminan o controlan los procesos desencadenados por el mismo; Se formulan para las etapas de construcción y operación o funcionamiento del proyecto, obra o actividad.

Dependiendo del impacto ambiental, se establecen medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación; Adicionalmente el PMA debe contener Planes de seguimiento, monitoreo y contingencia.

Las medidas de manejo ambiental propuestas en el PMA deben incluir memorias técnicas (Descripción, cálculos, diseños), tratamientos o planteamientos concretos, técnicas, procedimientos de aplicación, costos y cronograma de ejecución, (Universidad Nacional Abierta y a Distancia).

Según Ángel (2010), el Plan de Manejo Ambiental PMA, constituye el principal instrumento para la gestión ambiental, en la medida en que reúne el conjunto de criterios, estrategias, acciones programas; necesarios para prevenir, mitigar y compensar los impactos negativos, asimismo potencializar los positivos.

Existe una relación de correspondencia entre los impactos ambientales y las medidas incluidas en el PMA; El alcance de la medida, debe estar en relación con la magnitud e importancia del impacto ambiental en cada proyecto en particular. Según el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, los principales criterios y enfoques que enmarcan la elaboración del PMA, son:

Hacer énfasis en la prevención, como la más efectiva instancia de la gestión ambiental.

Como instrumento de planificación, debe estar en concordancia con planes de desarrollo regional, local y el ordenamiento ambiental territorial, las políticas y perspectivas de los entes de planificación de desarrollo regional y local y de la Corporación Autónoma Regional respectiva. Ser consultado y concertado con las comunidades afectadas.

Incluir las actividades propias del proyecto y las complementarias (Por ejemplo: vías, campamentos, estaciones, parqueaderos, explotación de materiales de construcción, obras sanitarias, escombreras, entre otras).

Proponer alternativas de sistemas y tecnologías, con los últimos avances tecnológicos que hayan demostrado ser ambiental y económicamente viables. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Los planes y programas comprendidos en el PMA, deberán identificar las expectativas que puede generar el proyecto con el fin de orientar de manera clara y oportuna a las entidades y a la comunidad sobre los verdaderos alcances del proyecto. Para tal fin, se contemplará el diseño de una estrategia de información a nivel institucional y de comunicación con la comunidad.

4. UBICACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, está localizada en el valle del Juncal, jurisdicción del municipio de Palermo en el departamento del Huila (*Figura 1*), se cuenta con un área aproximada de 30 hectáreas y geográficamente está a 2°50' latitud norte y 75°20' longitud oeste. En la zona afloran diferentes capas del grupo de Honda y la formación mesa. El Honda tiene un espesor de 1400 y 2600 metros, al oeste de Campoalegre.

El grupo Honda está conformado por areniscas, conglomerados y arcilla en capas intercaladas y sobre él se encuentra la formación Mesa compuesta por arcilla, arenisca, tobas y rocas volcánicas.

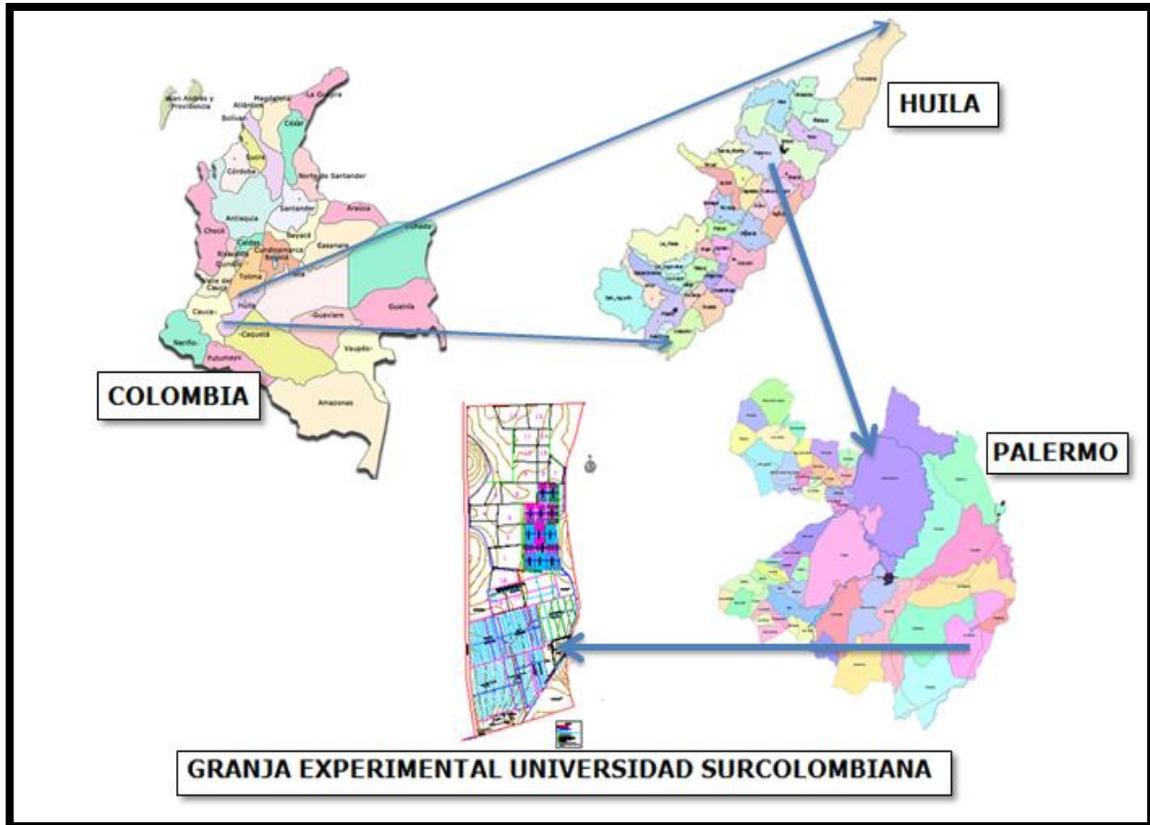


Figura 3 Ubicación del área de estudio

En la actualidad, 16 hectáreas son utilizadas para el cultivo de arroz y maíz con riego por gravedad, dividido en 3 lotes (A, B, C), 3 has en mango, 0,5 has en moringa, 0,5 has en cítricos, estos últimos con sistemas de riego a presión y 1.4 has destinadas al macroproyecto de cooperación institucional firmado entre EMGESA y la Universidad Surcolombiana para el repoblamiento de peces en el Rio Magdalena.

5. METODOLOGÍA

5.1.Trabajo de campo

Para el desarrollo de este proyecto, se realizaron visitas de campo como se percibe en la Figura 4 y 5, en la fase de reconocimiento y planeación de las actividades para el inicio del trabajo in situ.



Figura 4 Sub Zona de muestreo



Figura 5 Reservorio Agua de muestreo

Se observa la granja USCO y mediante un plano de las superficies en cuanto al tipo de suelo, apariencia física y clase de manejo recibido (*Figura 6*), donde se ubican los detalles más importantes de terreno como lo son partes altas o bajas, planas o inclinadas, turnos de riego, fenología del cultivo, reservorios, áreas que no se han trabajado ni fertilizado, y áreas trabajadas y fertilizadas.

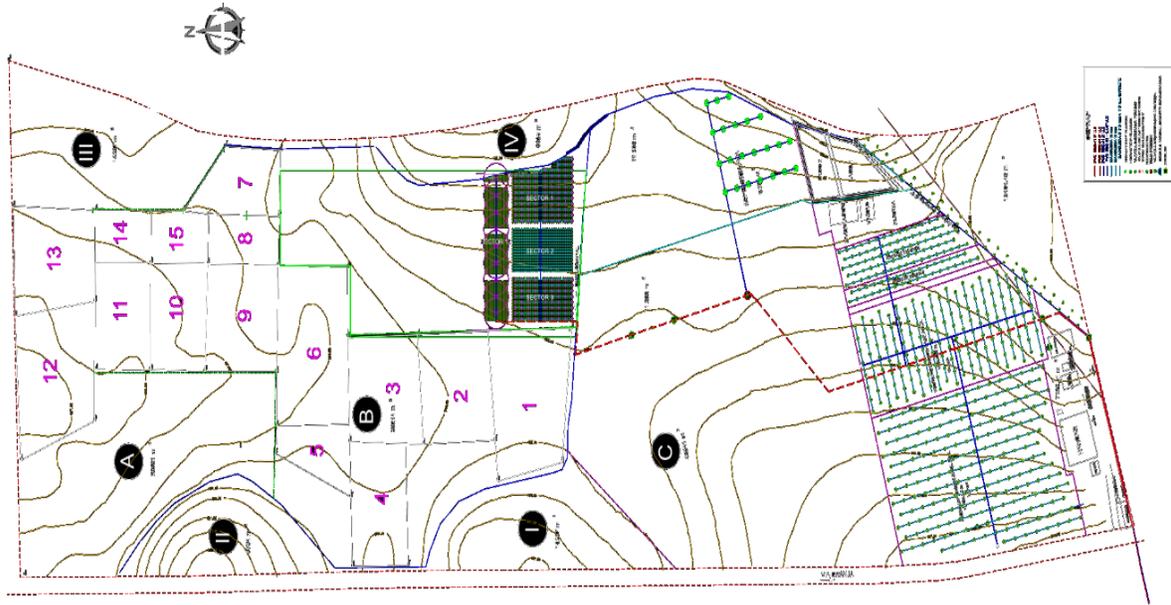


Figura 6 Plano Granja de la Universidad Surcolombiana

Recolección y análisis de Muestras. Se hizo muestreo aleatorio del suelo y análisis físico y químico en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Surcolombiana acogiendo las metodologías del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC 2006).

Se realiza una muestra compuesta la cual hace referencia a la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o sub-muestra, se reúnen en un recipiente y se mezclan, desegidamente se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo. Se realizaron de 15-20 sub-muestras por parcela de muestreo. En la toma de una muestra compuesta, se tiene en cuenta que cada submuestra sea del mismo volumen que las demás y representar la misma sección transversal del volumen de que se toma la muestra (una misma profundidad), se tomaron 13 muestras compuestas ver (**Figura 7**) para este estudio.



Figura 7 Muestras listas para entregar al laboratorio

Es decir, que la profundidad de la muestra fue constante y durante el trabajo de campo se siguió el protocolo establecido por Sosa y Osorio (2012), quienes definen pasos concretos para la toma de muestra, cómo se muestra en cada una de las figuras **8** y **9**.



Figura 8 Limpieza del sitio de muestro



Figura 9 Muestreo en forma de "V"



Figura 10 Extracción muestra representativa



Figura 11 Selección material del suelo

En el caso de la ***Figura 10*** y ***11***, la selección del material se hizo directamente en campo con miras a detallar los componentes rocosos y el material parental que se encuentra en la capa productiva de dicha zona, debido a que es una terraza aluvial del valle del Magdalena.



Figura 12 Recolección



Figura 13 Cuarteo de Sub muestra en campo

Por último, después de haber obtenido las sub muestras representativas de la zona en un recipiente plástico (*Figura 12*), se mezcló el contenido sobre un plástico y se cuarteo con miras a la selección de una muestra base para el estudio de la sub-zona (*Figura 13*).

Posteriormente se procede a realizar la toma de la muestra de agua captada del canal 4c del distrito de riego el Juncal, específicamente en el punto de descarga (estructura de aquietamiento) antes de la conducción por los canales de riego, la cual se refrigera y traslada al laboratorio de la Universidad Surcolombiana para sus respectivos análisis.

5.2. Proceso de laboratorio

En este proceso, se debe saber que las muestras húmedas no se trabajan, por lo tanto, se dispone de un tiempo de secado de 2 a 5 días, dependiendo de la humedad con la que llegue al laboratorio (*Figura 14*).



Figura 14 Extendido y secado de muestra en el laboratorio

Entre lo que comprende el análisis físico, se identificó retención de humedad (Capacidad de Campo, Punto de Marchitez permanente), densidad real (Picnometro) y aparente (Terrón o cilindro) (*Figura 15 y 16*), textura (método de Bouyoucos) y porosidad total según metodología del IGAC.

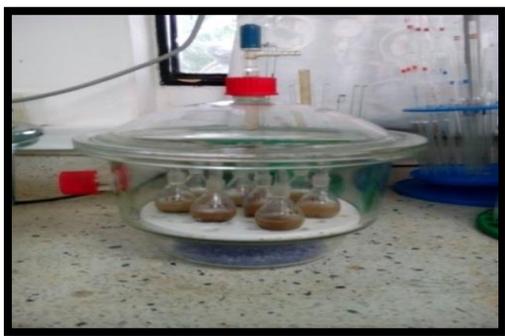


Figura 15 Método de densidad real



Figura 16 Método de densidad aparente

Las variables a evaluar y sus respectivos métodos de obtención fueron en el caso del análisis químico (*Figura 17*): pH (NTC 5264), carbono orgánico (CO) (NTC 5403), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (NTC 5268), fósforo (P) (NTC 5403), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K) (NTC 5349), bases totales (BT), azufre (S) (NTC 5402), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn) (NTC 5526), boro (B) (NTC 5404), CE (Metodología IGAC).



Figura 17 Prueba de análisis químico, filtrado individual de las muestras

Para el análisis químico del agua en laboratorio se proceden a tomar los siguientes parámetros como datos de estudio: pH, Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), Sulfatos, HCO₃, CO₃, Cloruros y Conductividad eléctrica.

5.3. Georreferenciación

Para la realización de la georreferenciación, se procedió a utilizar el GPS GARMIN para la adquisición de las coordenadas en cada uno de los puntos de donde se tomaron las submuestras de suelos que posteriormente formaron las muestras representativas, las cuales fueron llevadas al laboratorio para sus respectivos análisis.

La información guardada en el GPS, fue descargada y visualizada mediante el software Mapsourse software libre, con el fin de procesar los datos y generar cada uno de los mapas se utilizó el software ArcGis 10.3 software libre; para ello se procedió a exportar la información descargada en Mapsourse a formato texto (.txt), una vez la información se encontró en bloc de notas se exportó a formato (.xls) para visualizarlos en Excel, una vez en

Excel, se procedió a depurar la información, conservando las celdas correspondientes a: Id (identificador), Cota, coordenadas y fecha. Se procede con la creación de una Personal Geodatabase en ArcGis, para comenzar el procesamiento de la información y la elaboración de los mapas respectivos, Se le asignó el Datum geodésico MAGNA-SIRGAS, correspondiente al territorio colombiano, con origen Bogotá, puesto que este abarca el área en estudio.

En primer lugar se generaron las curvas de nivel o topografía con la información, obtenida del procesamiento de la información de alturas y coordenadas importadas desde el archivo de Excel al proyecto en ArcMap, posteriormente se realizan cada uno de los mapas temáticos, tomando en cuenta los resultados de los análisis obtenidos de las muestras, clasificándolas por colores de acuerdo a los valores numéricos obtenidos de los análisis para la adecuada interpretación y visualización de los cambios en el are de estudio.

5.4. Análisis Estadístico

Para cada una de las propiedades(físicas y químicas mencionadas se estimaron los parámetros de tendencia central y de dispersión o variabilidad, con el fin de identificar aquellas variables con mayor peso de discriminación entre las diferentes tipologías de textura de suelos que se presentan en la Granja.

Para cada variable en estudio se llevó a cabo una prueba de Normalidad Shapiro-Wilk. Para el análisis bivariado se implementó correlación de Pearson y el análisis Multivariado se llevó acabo por análisis de regresión Lineal múltiple, para el análisis

estadístico se utilizó el programa SPSS 23, software licenciado propiedad de la Universidad Surcolombiana.

5.5. Plan de Manejo Ambiental

Se diseñó un Plan de Manejo Ambiental en la Granja experimental de la Universidad Surcolombiana con el fin de prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales negativos que afectan al agua, aire y suelo. Se elaboran dos herramientas fundamentales que serán de gran ayuda para la obtención de datos, una de ellas es la lista de chequeo utilizada para hacer la revisión, comprobación o verificación de las actividades ambientales generadoras de impactos aplicables a la producción de arroz y una encuesta. La lista de chequeo está incluida dentro de la encuesta, sus objetivos serán determinar las actividades que genera el cultivo de arroz, establecer los componentes ambientales más afectados, identificar impactos socio-ambientales y describir los impactos identificados en la Granja.

Una vez estructuradas las encuestas, se procedió a visitar la Granja Experimental y aplicarlas, una de ellas fue dirigida al coordinador encargado del cultivo y los trabajadores de la granja, y la otra diligenciada por el encuestador, en donde se identificaron cuáles de los componentes son más afectados por el cultivo de arroz, también se reconocieron de forma visual cada una de las actividades que se realizan en la producción del arroz, además de identificar los productos orgánicos y químicos utilizados para su nutrición, crecimiento, el control de plagas, malezas y enfermedades.

Por medio de la matriz de CONESA se evalúa la gravedad de cada uno los impactos ambientales, se diseñan los programas de mitigación, medidas compensatorias, mediante las cuales se propende corregir, mitigar o reducir el impacto que se desee afectar, de igual forma se implementó el programa de mitigación para cada actividad que se realiza durante el cultivo del arroz y para cada uno de los impactos que ocasionan o pudiera ocasionar, se definen las medidas de compensación, separando las contingencias y riesgos, donde contiene la medida de primera respuesta ante las posibles situaciones de emergencia que podrían subsistir durante las diferentes etapas del cultivo de arroz que puedan poner en peligro al ambiente o a la seguridad de los trabajadores de la Granja, se realiza el plan de seguimiento y control donde se identifica el cumplimiento y los resultados que se esperan obtener con la implementación del programa, se determinaron los indicadores que acompañan la evaluación y control de los programas establecidos y sin falta el programa de capacitación, fundamental para tecnificación del proceso.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Análisis de suelos y aguas

Los resultados obtenidos indican que los suelos de los tres (3) lotes con textura variable, entre las que se encuentran franco arenoso (15,4%), arenoso franco (53,8%) y arenoso (30,8%).

Los resultados del estudio para el análisis de fertilidad mostraron que los suelos son medianamente ácidos (61,5%) con muy bajos contenidos de materia orgánica (76,9%), baja capacidad de intercambio catiónico (76,9%), alta saturación de bases (53,8%), bajos contenido de fósforo (61,5%), zinc (53,8%) y cobre (76,9%). Para el plan de cultivos a implementar debe de considerarse la aplicación de abonos orgánicos minerales con el fin de suplir las deficiencias nutricionales y mejorar las características físicas y químicas relacionadas con retención de agua y nutrientes para las plantas.

Se presentan las siguientes tablas donde se evidencian los resultados de los análisis Químicos (*Tabla 1*) y Físicos del suelo (*Tabla 2*) y el análisis Químico del agua (*Tabla 3*) para cada una de las muestras tomadas en campo en relación a cada una de las variables mencionadas.

Tabla 1. Parámetros químicos de los suelos de la Granja de la Universidad Surcolombiana

Parámetros Químicos	Lote	pH	C.E (us/cm)	Carbono Orgánico (CO)	Materia orgánica (%)	C.I.C. (cmol kg ⁻¹)	Fósforo (P) (ppm)	Calcio (Ca) (cmol kg ⁻¹)	Magnesio Mg (cmol kg ⁻¹)	Sodio (Na) (cmol kg ⁻¹)	PSI	Potasio (K) (cmol kg ⁻¹)	Bases Totales (cmol kg ⁻¹)	Saturación de bases (%SB)	Azufre (S) (ppm)	Hierro (Fe) (ppm)	Manganeso (Mn) (ppm)	Cobre (Cu) (ppm)	Cinc (Zn) (ppm)	Boro (B) (ppm)	Relación Ca/Mg	Relación (Ca + Mg)/K	Relación Mg/K	Textura
1	A	6,1	286.1	0,3	0,6	5,3	4	3,5	0,6	0,8	15	0,4	5,4	102,4	12,2	69,5	51,1	0,8	1,8	0,2	5,1	8,9	1,4	A
2		5,7	192.6	0,4	0,6	5,7	7,8	2,6	0,4	0,2	4,3	0,2	3,6	62,6	20,6	106,	45,3	0,7	2,3	0,3	5,4	15,7	2,4	A
3		6,8	239.5	0,6	1	9,8	3,1	5,8	2,3	0,4	5	0,2	8,8	90,4	18,4	58,1	52,5	0,7	1,2	0,1	2,4	38,8	11,1	A F
4	B	6,5	263.8	0,5	0,9	9,1	9,2	5,1	1,7	0,4	4,8	0,4	7,7	84,7	15,5	62,8	54,3	0,6	1,9	0,2	2,9	15,9	4	A
5		6,4	342	0,5	0,9	9,4	10,2	5	1,6	0,4	4,2	0,2	7,3	77	20,9	73,9	55	0,9	2,2	0,2	3,1	22,8	5,5	A F
6		7,1	381	0,4	0,7	10,8	8,7	6,3	2,9	0,3	3,6	0,1	9,8	90,6	15	45,1	54,3	1,2	2,5	0,2	2,1	66,2	21	F A
7		6,5	215.4	0,6	1,1	7,4	6,7	4,2	1,7	0,4	5,3	0,2	6,6	88,5	17,5	72,4	110,4	1,3	2,8	0,2	2,4	27,1	7,9	A F
8		6,2	206.2	0,3	0,6	6,6	6,6	4	1,2	0,3	4,5	0,2	5,8	88	19,2	121,3	76,2	0,9	2,2	0,2	3,2	18,7	4,3	A F
9		7,3	283.6	0,7	1,2	13,5	14,8	9,1	3,3	0,6	4,4	0,5	13,6	101,1	10,6	44,2	31,8	1,2	2,6	0,1	2,7	21,9	5,8	A F
10		6,8	190.6	0,4	0,7	14,1	6,9	7,8	2,8	2,6	18,4	0,3	13,5	96	9	98,1	51,7	0,3	1,9	0,1	2,7	32,2	8,5	A F
11	C	6,2	332	0,2	0,4	6,3	8,2	3,8	1,1	0,8	13,5	0,4	6,3	99,5	11,4	68,8	73,6	0,4	1,6	0,2	3,2	12	2,8	A F
12		6,5	394	0,4	0,7	7	4,5	5,1	1,7	0,6	8,5	0,4	7,8	111,6	16,7	39,2	60,5	0,7	1	0,2	2,9	16,2	4	A F
13		6,1	109.6	0,2	0,4	7,4	4,3	3,6	1	0,2	3,3	0,06	4,9	67,1	8,4	49,6	54	0,4	1	0,1	3,5	77,6	17	A

Tabla 2. Parámetros Físicos de los suelos de la Granja de la Universidad Surcolombiana

No	Lote	Humedad gravimétrica (%)		Fracción mineral (%)			Textura	Densidad (g.cm ⁻³)		Porosidad total (%)	Agua aprovechable (%)
		CC (0.03 MPa)	PMP (1.5 MPa)	Arena (A)	Limo (L)	Arcilla (Ar)		Aparente	Real		
1	A	12,76	4,72	88,7	5,3	6	Arenoso	1,6	2,6	38,49	8,04
2		14,18	5,4	88	6	6	Arenoso	1,56	2,26	30,81	8,78
3		21,11	9,72	84	4	12	Arenoso Franco	1,61	2,5	35,63	11,39
4	B	19,83	9,31	86,7	4	9,3	Arenoso	1,73	2,3	24,63	10,52
5		19,26	8,08	82	8,7	9,3	Arenoso Franco	1,59	2,4	33,74	11,18
6		20,8	12,43	78	10,7	11,3	Franco Arenoso	1,54	2,78	44,6	8,37
7		19,75	10,21	84	6,7	9,3	Arenoso Franco	1,64	2,38	31,23	9,54
8		18,62	7,67	82	10,7	7,3	Arenoso Franco	1,55	2,53	38,67	10,95
9		20,47	10,14	80	8	12	Arenoso Franco	1,61	2,72	40,88	10,33
10		20,15	9,11	81	7	12	Arenoso Franco	1,55	2,47	37,26	11,04
11	C	16,07	5,68	84,7	7,3	8	Franco Arenosa	1,56	2,47	36,67	10,39
12		18,22	7,76	83	7	10	Arenoso Franco	1,58	2,29	31,26	10,46
13		14,06	5,28	87	7	6	Arenoso	1,60	2,33	31,42	8,78

En la **Tabla 3** se presentan los resultados obtenidos en el análisis realizado a las aguas de la Granja de la Universidad Surcolombiana captadas del canal 4c del distrito de riego el Juncal, específicamente en el punto de descarga (estructura de aquietamiento) antes de la conducción por los canales de riego.

Tabla 3. Parámetros químicos del agua de la Granja de la Universidad Surcolombiana

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADO
pH	-	7.8
Calcio (Ca)	meq * L ⁻¹	0.57
Magnesio (Mg)	meq * L ⁻¹	0.24
Sodio (Na)	meq * L ⁻¹	8.51
Potasio (K)	meq * L ⁻¹	5.44
Sulfatos	meq * L ⁻¹	7.0
HCO ₃	meq * L ⁻¹	109.80
CO ₃	meq * L ⁻¹	0.0
Cloruros	meq * L ⁻¹	2.9
Conductividad eléctrica	μS*cm ⁻¹	225.6

En la **tabla 4** se muestran las diferentes variables químicas encontradas en el estudio a las cuales se les realizó un análisis estadístico descriptivo, el cual evidencia la relación total de los datos presentados, encontrando la media con un intervalo de confianza del 95%, la mediana, la varianza, la desviación estándar, los valores máximos, mínimos y el rango.

Se evidencia que el pH presentó una media de 6,48 (Sx ± 0,44), se encontró un mínimo de 5,7 y con un máximo de 7,3. La C.E presentó una media de 0,26 (Sx ± 0,08), con un mínimo de 0,11 y un máximo de 0,39. La C.I.C presentó una media de 8,68 (Sx ±

2,81), con un mínimo de 5,34 y máximo de 14,13. El % de Materia Orgánica presentó una media de 0,81 ($Sx \pm 0,27$), con un mínimo de 0,40 y un máximo de 1,24.

Tabla 4. Características químicas en las variables edáficas del cultivo del arroz

Variable	\bar{x}	I.C. 95%		Me	Var	Sx	Mín	Máx	Rango
		L. I.	L. S.						
pH	6,48	6,21	6,74	6,50	0,19	0,44	5,70	7,30	1,60
C.E (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	0,26	0,21	0,31	0,26	0,01	0,08	0,11	0,39	0,28
Carbono Orgánico (CO)	0,47	0,37	0,56	0,46	0,02	0,16	0,23	0,72	0,49
% Materia Orgánica	0,81	0,64	0,97	0,79	0,07	0,27	0,40	1,24	0,84
C.I.C (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	8,68	6,98	10,38	7,45	7,91	2,81	5,34	14,13	8,79
Fósforo (P) (ppm)	7,36	5,47	9,25	6,93	9,82	3,13	3,15	14,87	11,72
Calcio (Ca) (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	5,10	3,99	6,20	5,01	3,34	1,83	2,66	9,18	6,52
Magnesio (Mg) (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	1,76	1,23	2,29	1,72	0,77	0,88	0,49	3,32	2,83
Sodio (Na) (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	0,65	0,27	1,02	0,44	0,39	0,62	0,25	2,61	2,36
PSI	7,34	4,29	10,38	4,82	25,41	5,04	3,38	18,47	15,09
Potasio (K) (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	0,31	0,22	0,40	0,29	0,02	0,15	0,06	0,57	0,51
Bases Totales (BT) (cmol ⁺ .kg ⁻¹)	7,81	5,97	9,66	7,31	9,31	3,05	3,60	13,67	10,07
Saturación de bases (%SB)	89,24	80,80	97,69	90,41	195,28	13,97	62,61	111,68	49,07
Azufre (S) (ppm)	15,08	12,46	17,70	15,52	18,78	4,33	8,42	20,95	12,53
Hierro (Fe) (ppm)	69,99	54,77	85,22	68,82	634,78	25,19	39,22	121,31	82,09
Manganeso (Mn) (ppm)	59,34	47,88	70,80	54,37	359,95	18,97	31,88	110,43	78,55
Cobre (Cu) (ppm)	0,82	0,64	1,01	0,79	0,10	0,31	0,36	1,30	0,94
Cinc (Zn) (ppm)	1,96	1,60	2,31	1,95	0,35	0,59	1,00	2,81	1,81
Boro (B) (ppm)	0,21	0,18	0,24	0,20	0,00	0,05	0,14	0,32	0,18
Relación Ca/Mg	3,25	2,65	3,84	2,96	0,97	0,99	2,14	5,42	3,28
Relación (Ca + Mg)/K	28,80	16,16	41,45	21,92	438,03	20,93	8,91	77,66	68,75
Relación Mg/K	7,41	3,87	10,95	5,55	34,39	5,86	1,44	21,07	19,63

\bar{x} Media aritmética, L.I. Límite inferior, L.S: límite superior, Me mediana, Var varianza, Sx desviación estándar, Min mínimo, Max máximo.

En la **tabla 5** se muestran las diferentes variables físicas encontradas en el estudio, a las cuales se les realizó un análisis estadístico descriptivo el cual evidencia la relación

total de los datos presentados, encontrando que la media con un intervalo de confianza del 95%, mediana, varianza, desviación estándar, los máximos, mínimos y el rango. Se evidencia que la Densidad Aparente presentó una media de 1,59 ($Sx \pm 0,05$), con un mínimo de 1,54 y un máximo de 1,73. La Porosidad Total presentó una media de 35,02 ($Sx \pm 5,23$), con un mínimo de 24,63 y un máximo de 44,60 y el Agua Aprovechable en el suelo presentó una media de 9,98 ($Sx \pm 1,15$), con un mínimo de 8,04 y un máximo de 11,39.

Tabla 5. Características físicas en las variables edáficas del cultivo del arroz

Variable	\bar{x}	I.C. 95%		Me	Var	Sx	Mín	Máx	Rango	
		L. I.	L. S.							
Humedad gravimétrica (%)	Capacidad Campo (0.03 MPa)	18,10	16,37	19,82	19,26	8,15	2,86	12,76	21,11	8,35
	Punto de Marchitez Permanente (1.5 MPa)	8,12	6,71	9,53	8,08	5,44	2,33	4,72	12,43	7,71
	Agua Aprovechable	9,98	9,29	10,67	10,39	1,31	1,15	8,04	11,39	3,35
Arena (A) (%)	83,78	81,83	85,72	84,00	10,35	3,22	78,00	88,70	10,70	
Limo (L) (%)	7,11	5,84	8,38	7,00	4,43	2,11	4,00	10,70	6,70	
Arcilla (Ar) (%)	9,12	7,72	10,51	9,30	5,36	2,31	6,00	12,00	6,00	
Densidad Aparente ($g.cm^{-3}$)	1,59	1,56	1,62	1,59	0,00	0,05	1,54	1,73	0,19	
Densidad Real ($g.cm^{-3}$)	2,46	2,37	2,56	2,47	0,03	0,16	2,26	2,78	0,52	
Porosidad Total (%)	35,02	31,86	38,18	35,63	27,36	5,23	24,63	44,60	19,97	

\bar{x} Media aritmética, L.I. Límite inferior, L.S: límite superior, Me mediana, Var varianza, Sx desviación estándar, Min mínimo, Max máximo.

6.2. Georreferenciación

A continuación, se presentarán los mapas más relevantes fruto de la georreferenciación realizada en campo al momento de la toma de las sub muestras que generaron las 13 muestras definitivas las cuales fueron usadas en este estudio.

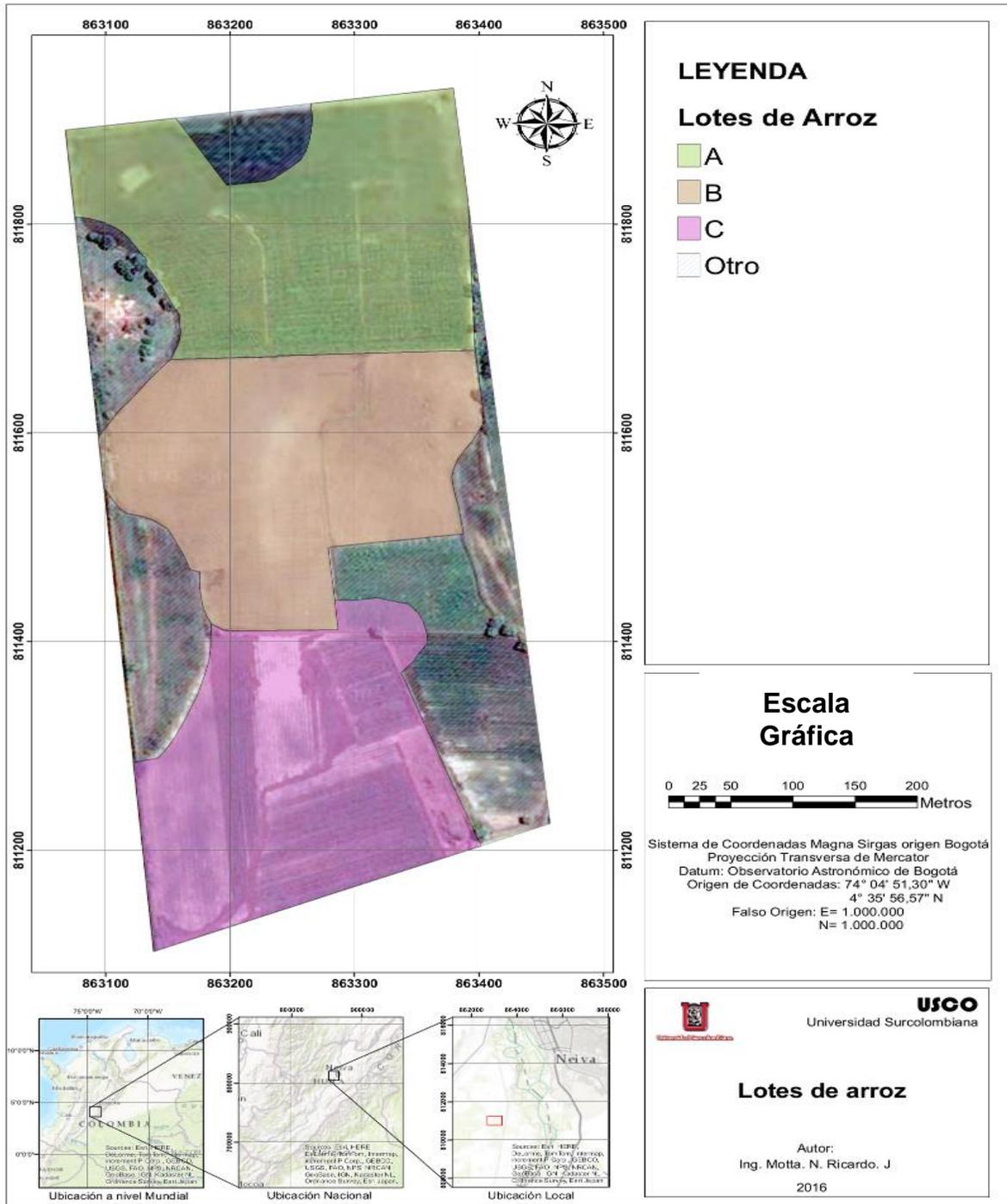


Figura 18 Ubicación de los lotes A, B y C en los que se encuentra dividida la producción de arroz en la granja de la Universidad Surcolombiana

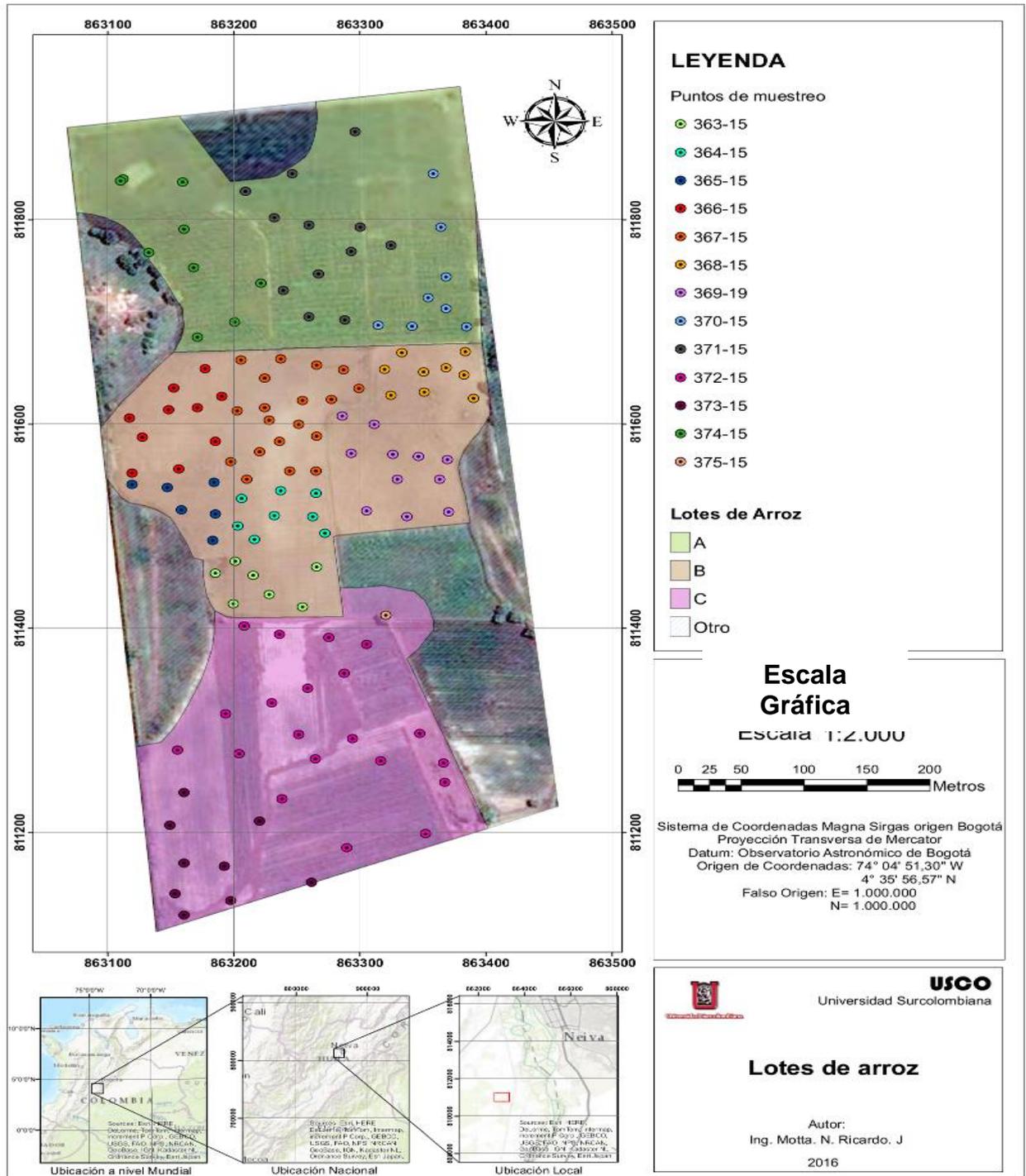


Figura 19 Relación entre los puntos de toma de las sub muestra muestras y los diferentes lotes de la granja de la Surcolombiana

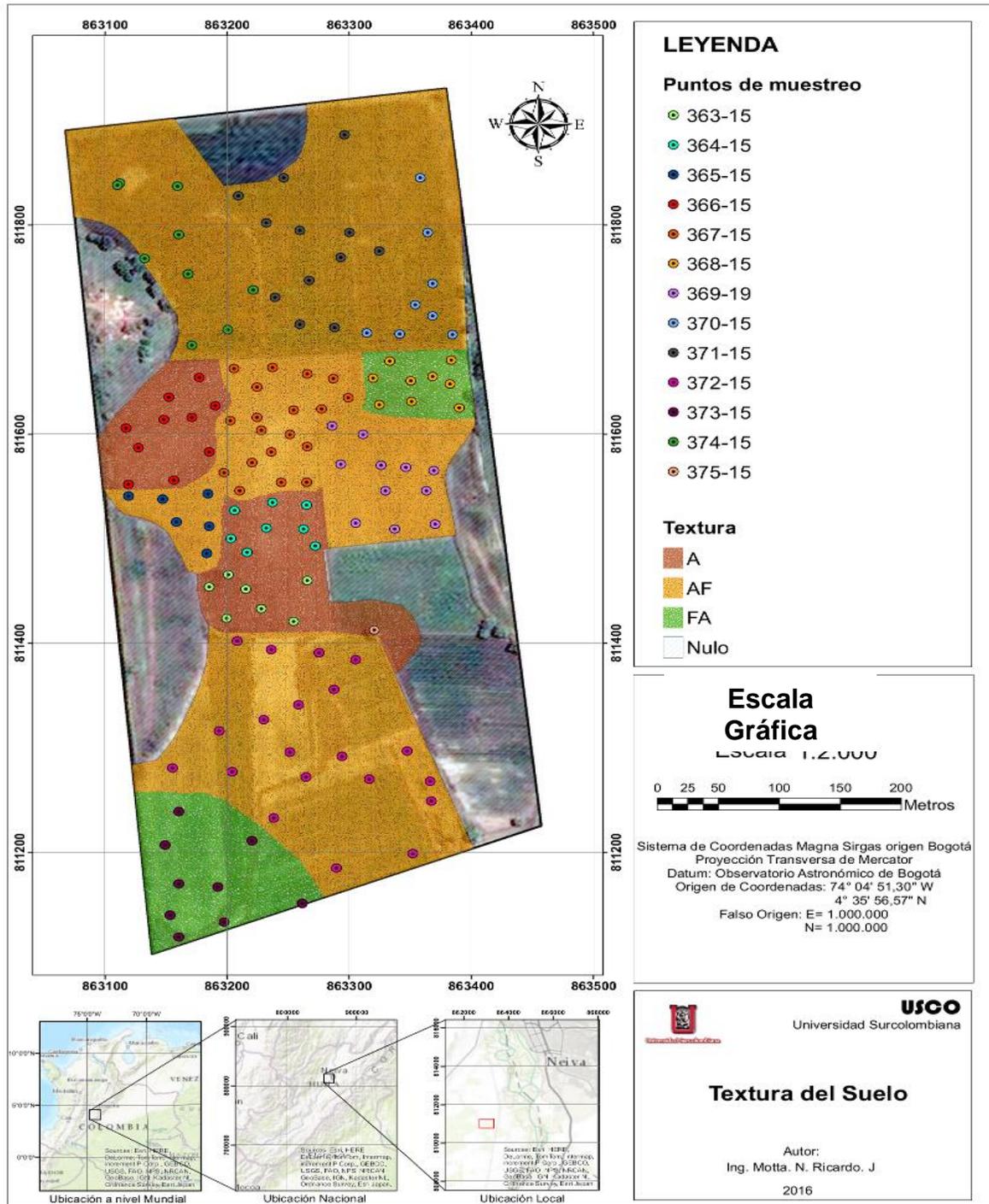


Figura 20 Relación entre los puntos de toma de la sub muestra y diferentes tipos de texturas encontradas en el área de estudio

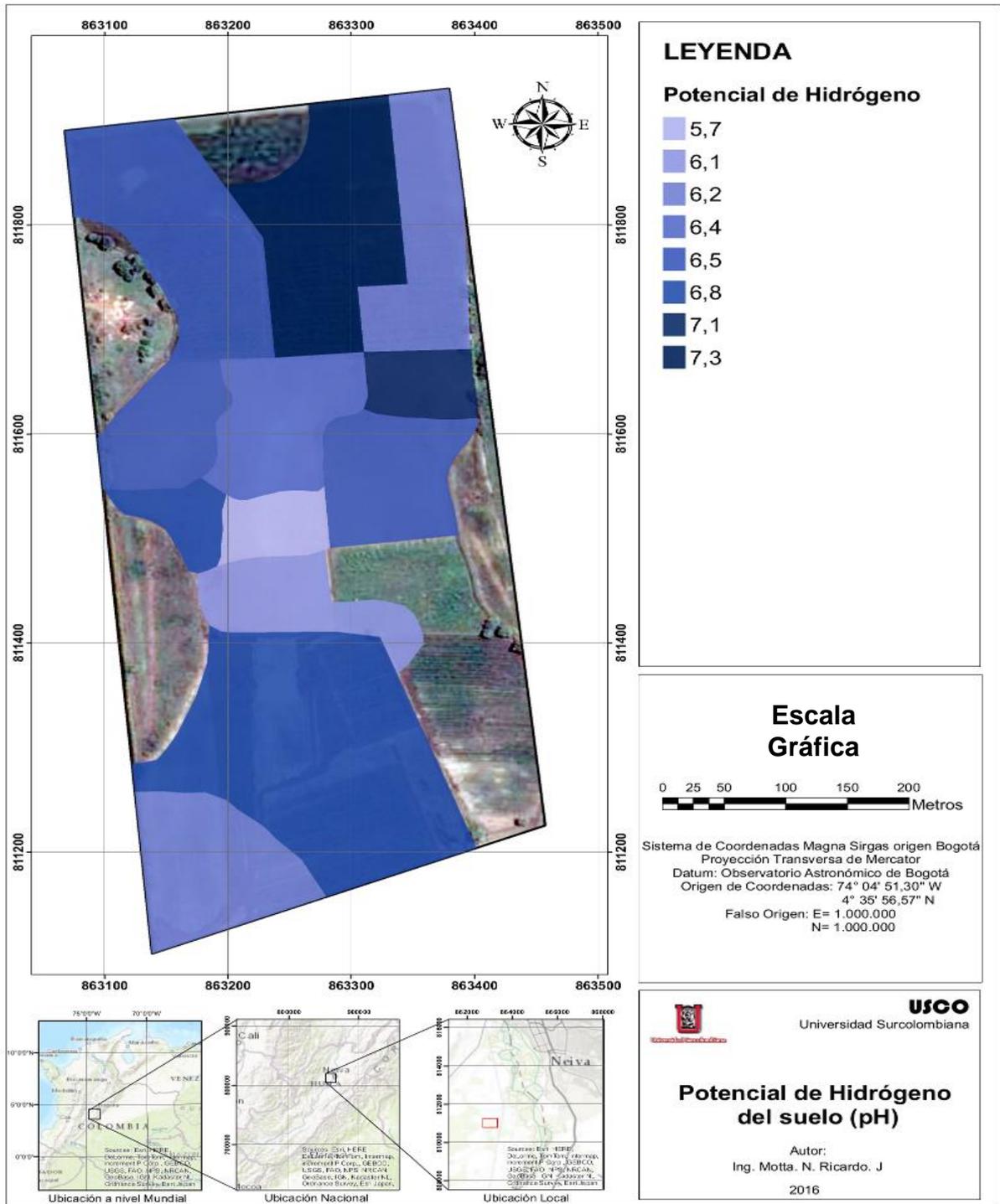


Figura 21 Representación del comportamiento del Potencial de Hidrogeno (pH) a lo largo del terreno estudiado

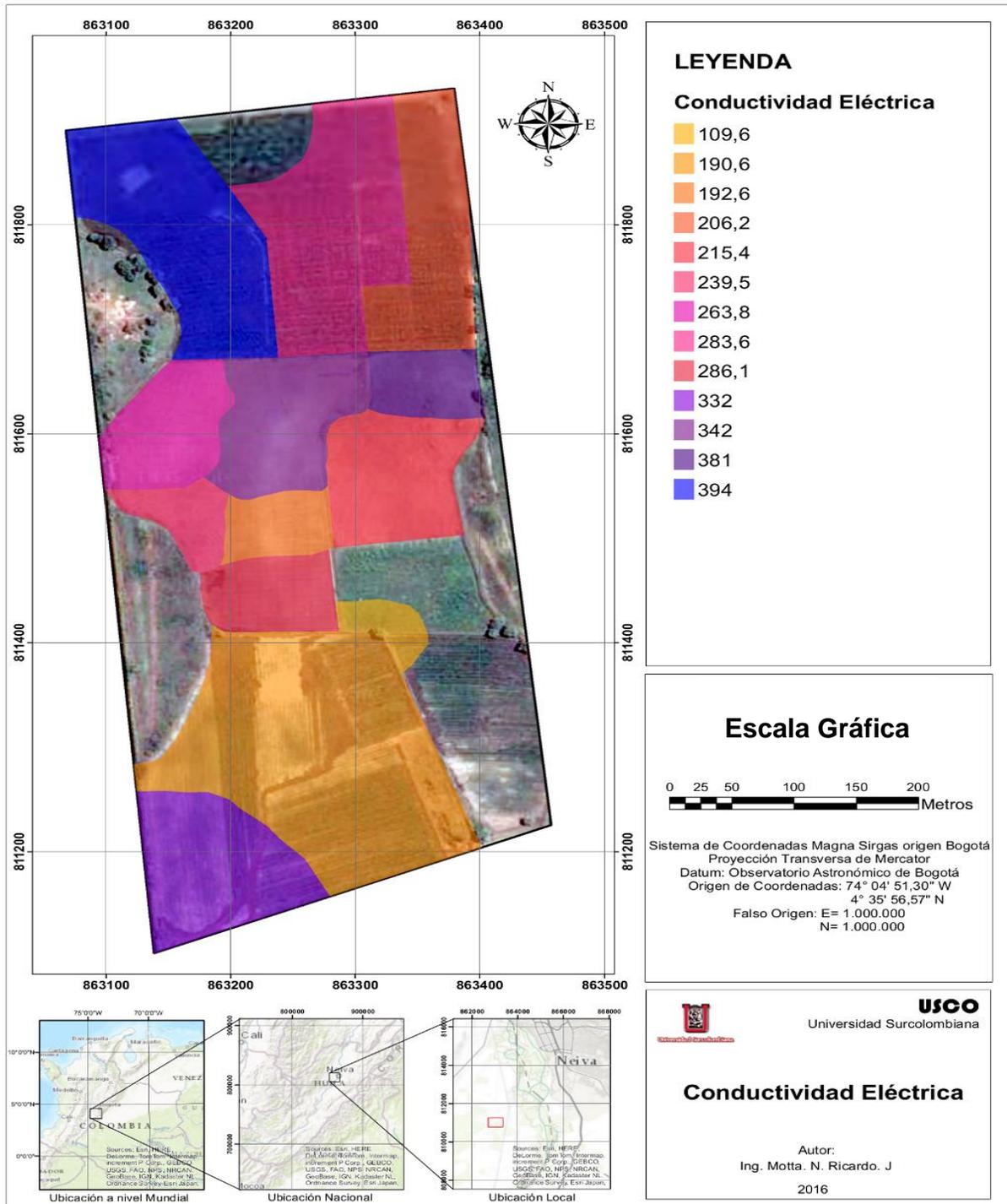


Figura 22 Representación de la Conductividad eléctrica (CE) en $\mu\text{S. cm}^{-1}$ en la Granja Experimental USCO

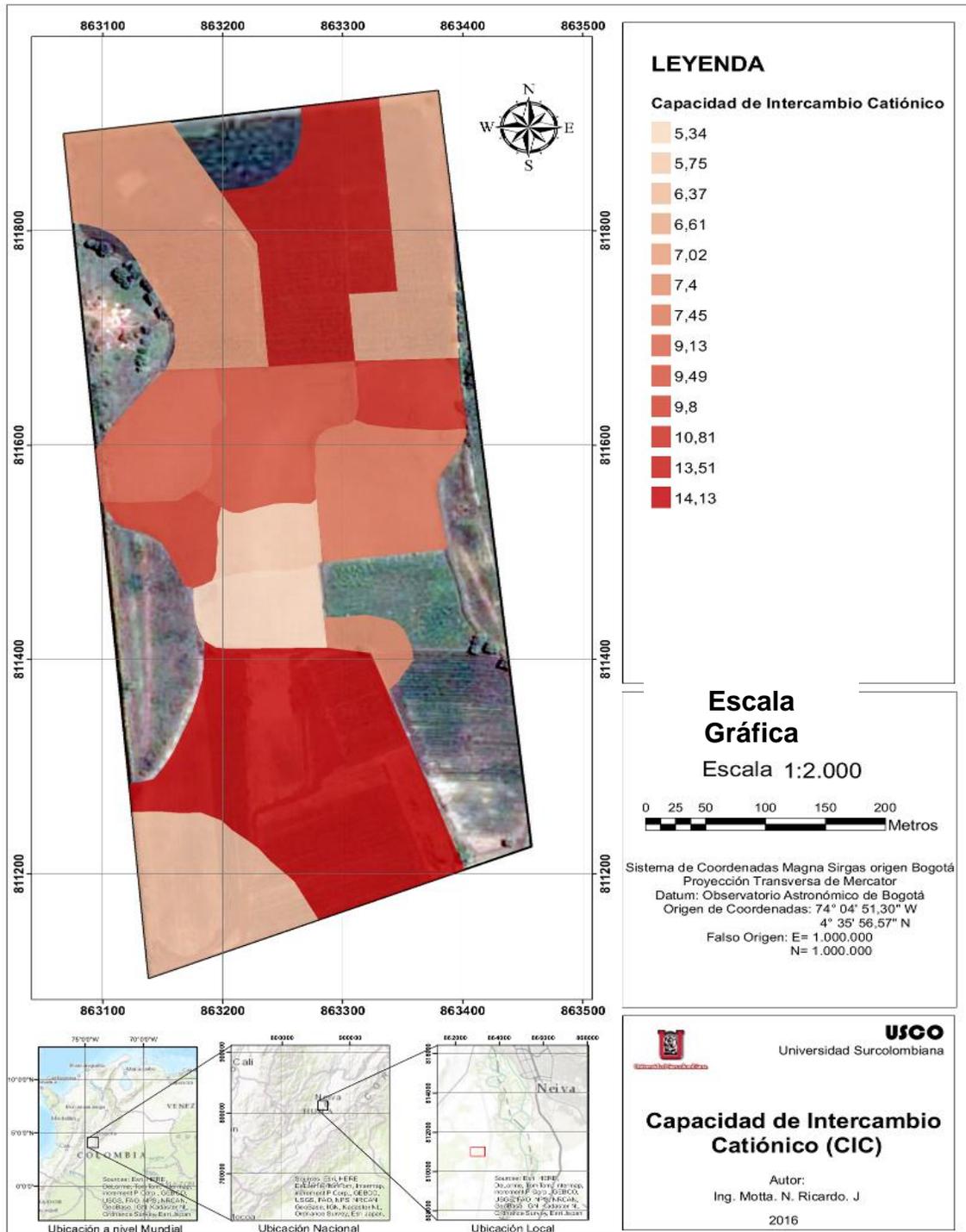


Figura 23 Representación del comportamiento de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) a lo largo del terreno estudiado

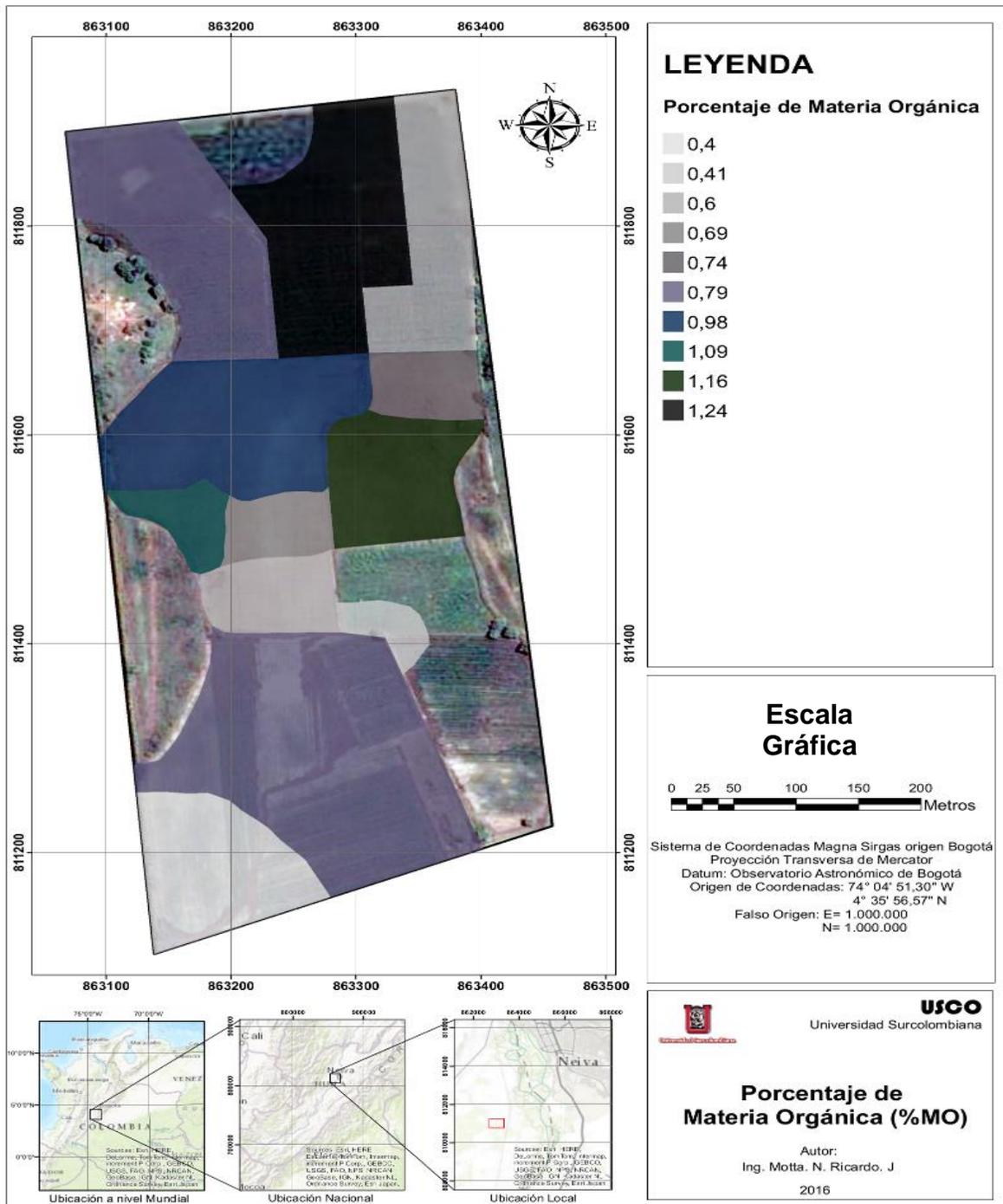


Figura 24 Representación del comportamiento del Porcentaje de Materia Orgánica a lo largo del terreno estudiado

El primer mapa (**Figura 18.**) muestra ubicación de los lotes los cuales están denominados como lotes A, B y C en los cuales se encuentra dividida la producción de arroz en la granja de la Universidad Surcolombiana, se divide por las zonas de estudio en color rosado el lote C, café el lote B y verde el lote A.

En la **figura 19** se observa la relacion entre los puntos de toma de las sub muestras y los diferentes lotes de la granja teniendo en cuenta que las diferentes sub muestras con el mismo color fueron las generadoras de una muestra real, por tanto se tienen muchos puntos pero solo 13 colores los cuales representan a cada una de las muestras representativas.

En la **Figura 20** se evidencia la relación entre los puntos de toma de las sub muestras y los diferentes tipos de texturas encontradas en el área de estudio, el cual corresponde al uso para la producción de arroz, las cuales se dividen en arenoso, arenoso franco y franco arenoso representados con sus respectivos colores demostrando así que la mayor cantidad de terrenos son de textura Arenoso Franco.

En la **Figura 21** se observa la representación del Potencial de Hidrogeno (pH) a lo largo del terreno estudiado, evidenciando las diferentes variaciones existentes entre las diferentes zonas evaluadas demostrando que en la granja la mayoría del terreno corresponde a un pH medianamente ácido seguido de ligeramente ácido.

En la **Figura 22** se muestra la distribución de la Conductividad eléctrica (CE) a lo largo del terreno estudiado, evidenciando las variaciones existentes entre las diferentes zonas evaluadas, demostrando que la mayoría de los suelos son No Salinos.

En la **Figura 23** se muestra la distribución de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) a lo largo del terreno estudiado, evidenciando las variaciones existentes entre las diferentes zonas evaluadas demostrando que la mayoría del terreno tiene un nivel Bajo de su CIC.

En la **Figura 24** se presenta la distribución del porcentaje de Materia Orgánica a lo largo del terreno estudiado, mostrando las variaciones existentes entre las diferentes zonas evaluadas demostrando que el terreno en su mayoría tiene una MO muy baja.

6.3. Análisis estadísticos de los parámetros físico-químicos del suelo

Seguidamente se procede con el análisis estadístico de los datos donde en la **Tabla 6** se muestra la categorización de las variables calcio, magnesio, sodio y potasio donde se puede evidenciar la variabilidad estadística de cada uno de los elementos, se puede evidenciar que el calcio presenta una clasificación baja con el 92,3% de los datos, el magnesio se encuentra normal con un 38,5% de los datos en esta clasificación, el potasio igualmente es normal con un 53,8%, el sodio si está en la clasificación bajo con

un 53,8%, el fosforo también se encuentra en esta misma categoría con un 61,5% de los datos y el azufre.

Tabla 6. Clasificación porcentual del Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio

CALIFICACIÓN	CALCIO		MAGNESIO		POTASIO		SODIO		FOSFORO		AZUFRE	
	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%	Fr	%
MUY BAJO	1	7,7	1	7,7	1	7,7	3	23,1	4	30,8	-	-
BAJO	12	92,3	4	30,8	4	30,8	7	53,8	8	61,5	4	30,8
NORMAL	-	-	5	38,5	7	53,8	2	15,4	1	7,7	7	53,8
ALTO	-	-	3	23,1	1	7,7	1	7,7	-	-	2	15,4
TOTAL	13	100	13	100	13	100	13	100	13	100	13	100

Fr Frecuencia

En la **Tabla 7** se muestra la categorización de las variables CIC, MO, Bases Totales, y Saturación de Bases donde se puede evidenciar la variabilidad estadística de cada uno de los elementos, se puede evidenciar que la CIC está en la categoría bajo con un 76,9%, la MO está muy bajo con un 76,9%, las bases totales son medio con un 53,8% y la saturación de bases es alto con un 53,8%.

Tabla 7. Clasificación porcentual del CIC, Materia Orgánica, Bases Totales y Saturación de Bases

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	MATERIA ORGANICA		BASES TOTALES		SATURACION DE BASES			
	Fr	%	Fr	%	Fr	%		
MUY BAJO	-	-	10	76,9	-	-	-	-
BAJO	10	76,9	3	23,1	4	30,8	-	-
MEDIO	3	23,1	-	-	7	53,8	6	46,2
ALTO	-	-	-	-	2	15,4	SATURADO	
							7	53,8
TOTAL	13	100	13	100	13	100	13	100

Fr Frecuencia

En la **Tabla 8** se muestra la categorización de las variables pH, PSI y CE donde se puede evidenciar la variabilidad estadística de cada uno de los elementos, se puede evidenciar que el pH está en la categoría Medianamente ácido con un 61,5%, el PSI está no sódico con un 69,2% y la CE es no salino con un 84,6%.

Tabla 8. Clasificación porcentual del pH, PSI y CE

CLASIFICACIÓN	pH		CLASIFICACIÓN	PSI		CLASIFICACIÓN	CE	
	Fr	%		Fr	%		Fr	%
Fuertemente ácido	1	7,7	No sódico	9	69,2	-	-	-
Medianamente ácido	8	61,5	Ligeramente sódico	2	15,4	No salino	11	84,6
Ligeramente ácido	4	30,8	Moderadamente sódico	2	15,4	Ligera salinidad	2	15,4
Total	13	100	Total	13	100	Total	13	100

Fr Frecuencia

En la **Tabla 9** se muestra la categorización de las variables hierro, manganeso, cobre, zinc, y boro donde se puede evidenciar la variabilidad estadística de cada uno de los elementos, se puede observar que el hierro es alto con un 53,8%, el manganeso es moderado con un 84,6%, el cobre es bajo con un 76,9%, el zinc es igualmente bajo con un 53,8% y el boro también es bajo con un 61,5%

Tabla 9. Clasificación porcentual del Hierro, Magnesio, Cobre, Zinc y Boro

CLASIFICACIÓN	HIERRO		MANGANESO		COBRE		ZINC		BORO	
	Fr	%								
BAJO	-	-	2	15,4	10	76,9	7	53,8	8	61,5
MODERADO	6	46,2	11	84,6	3	23,1	6	46,2	5	38,5
ALTO	7	53,8	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	13	100								

Fr: Frecuencia

En **Tabla 10** se muestra la categorización de las variables lotes, texturas y porosidad donde se puede evidenciar la variabilidad estadística de cada uno de los

elementos, se puede apreciar que la mayor cantidad de muestras se tomaron en el lote B con una cantidad de 7 y un 53,8%, La Textura dominante es el arenoso franco con un 53.8% y la porosidad es muy baja con un 84,6%.

Tabla 10. Clasificación porcentual del Lote, Textura y porosidad

LOTE			TEXTURA			POROSIDAD		
CLASIFICACIÓN	Fr	%	CLASIFICACIÓN	Fr	%	CLASIFICACIÓN	Fr	%
LOTE A	3	23,1	ARENOSO	4	30,8	MUY BAJA	11	84,6
LOTE B	7	53,8	ARENOSO FRANCO	7	53,8	BAJA	2	15,4
LOTE C	3	23,1	FRANCO ARENOSO	2	15,4	-	-	-
TOTAL	13	100	TOTAL	13	100	TOTAL	13	100

Fr Frecuencia

Se realiza un estudio estadístico cualitativo por lotes, ya que se pretende identificar las diferencias internas de las principales variables analizadas en el estudio, para esto se presenta la siguiente información

En diagrama de barras (**Figura 25**) se observan 6 secciones con los parámetros físicos y químicos más importantes en función de los tres (3) lotes, cada una corresponde a: **Sección 1.** pH, **Sección 2.** CIC, **Sección 3.** CE, **Sección 4** %MO (Materia Orgánica), **Sección 5.** Porosidad y **Sección 6** Textura. De esta Figura se puede observar el comportamiento de los parámetros con más facilidad demostrando que los datos expresados anteriormente son verídicos.

En la **Sección 1**, se observa que el pH en el Lote 1 cuenta con 3 muestras de las cuales cada una se encuentra entre una de las tres cualidades disponibles, las cuales son, Fuertemente Acido, Medianamente Acido y Ligeramente Acido, para el Lote 2

encontramos que cuatro muestras estaban caracterizadas como Medianamente Acido y tres como Ligeramente Acido, y en el Lote 3 se encontró que cada una de las tres muestras se sitúo dentro del rango correspondiente a Medianamente Acido.

En la **Sección 2**, se evidencia que la C.I.C en el Lote 1 cuenta con 3 muestras de las cuales cada una se encuentra en rango de Bajo, para el Lote 2 encontramos que cuatro muestras estaban caracterizadas como Bajo y tres como Medio, y en el Lote 3 se encontró que cada una de las tres muestras se sitúo dentro del rango correspondiente a Bajo.

Se determina que la calidad del suelo es baja debido al análisis de los resultados de laboratorio identificando las bajas concentraciones de Materia Orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico y la Porosidad. Ver Anexos

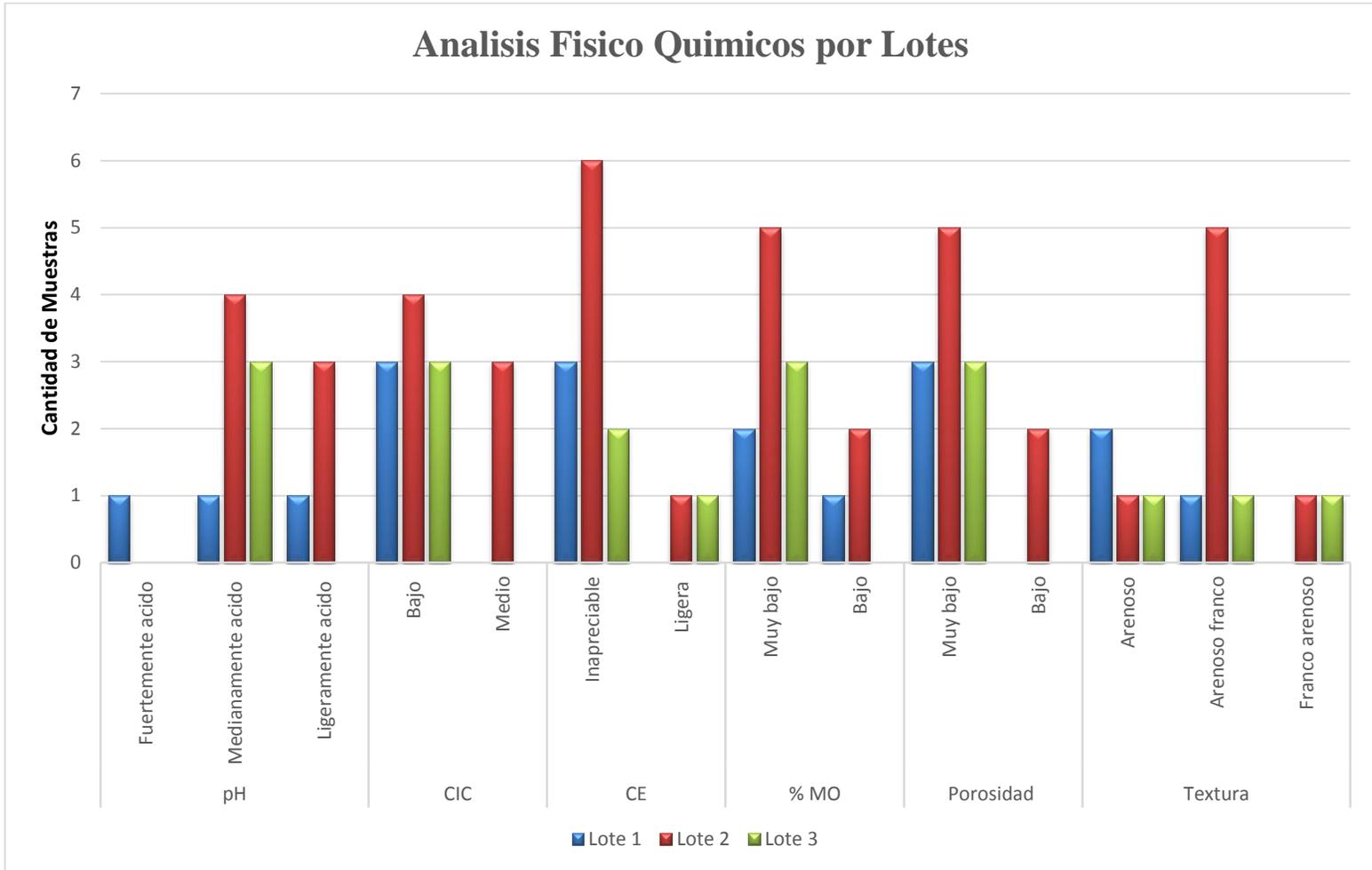


Figura 25 Análisis Físico Químico por Lotes

En la **Sección 3**, se demuestra que el C.E en el Lote 1 cuenta con 3 muestras de las cuales cada una se encuentra dentro del rango Inapreciable, para el Lote 2 encontramos que seis muestras estaban caracterizadas como Inapreciable y una como Ligera, y en el Lote 3 se encontró que dos muestras son inapreciables y una es ligera.

En la **Sección 4**, se manifiesta que el % Materia Orgánica en el Lote 1 cuenta con 3 muestras de las cuales dos se encuentran dentro del rango de Muy Bajo y una en Bajo, en el Lote 2 encontramos que cinco muestras estaban caracterizadas como Muy Bajo y Dos como Bajo, y en el Lote 3 se encontró que cada una de las tres muestras se sitúo dentro del rango correspondiente a Muy Bajo.

En la **Sección 5**, se demuestra que la Porosidad en el Lote 1 cuenta con 3 muestras las cuales se encuentran en el rango Muy Baja, para el Lote 2 encontramos que cinco muestras estaban caracterizadas como Muy Baja y dos como Baja, y en el Lote 3 se encontró que cada una de las tres muestras se sitúo dentro del rango correspondiente a Muy Baja.

En la **Sección 6**, Se observa que la Textura en el Lote 1 cuenta con 3 muestras de las cuales dos se encuentran en el rango de Arenoso y una en Arenoso Franco, para el Lote 2 encontramos que cinco muestras estaban caracterizadas como Arenoso Franco, una como Arenoso y una como Franco Arenoso, y en el Lote 3 se encontró que cada una

de las tres muestras se sitúo en un rango diferente teniendo así una muestra Arenoso, otra Arenoso Franco y la última Franco Arenoso.

En el siguiente gráfico (*Figura 26*), se evidencian las variables más significativas y sus análisis cuantitativos en función de las tres Texturas obtenidas las cuales son Arenoso, Arenoso Franco y Franco Arenoso pertenecientes al estudio realizado en la granja de la Universidad Surcolombiana, en este se observan 5 secciones cada una correspondiente a: **Sección 1.** pH, **Sección 2.** CIC, **Sección 3.** CE, **Sección 4** %MO (Materia Orgánica), **Sección 5.** Porosidad.

En la **Sección 1**, se analiza que el pH obtuvo cuatro muestras de Textura Arenoso de las cuales tres son Medianamente Acido y una es Fuertemente Acido, se obtuvieron siete muestras con textura Arenoso Franco de las cuales cuatro fueron Medianamente Acido y tres Ligeramente Acido, y finalmente dos muestras resultados de Textura Franco Arenoso de las cuales una resulto Medianamente Acido y la otra Ligeramente Acido.

En la **Sección 2**, se demuestra que la C.I.C obtuvo cuatro muestras de Textura Arenoso de las cuales todas pertenecen al rango bajo, se obtuvieron siete muestras con textura Arenoso Franco de las cuales cinco fueron Bajo y dos Medio, y finalmente dos muestras resultados de Textura Franco Arenoso de las cuales una resulto Bajo y la otra Medio.

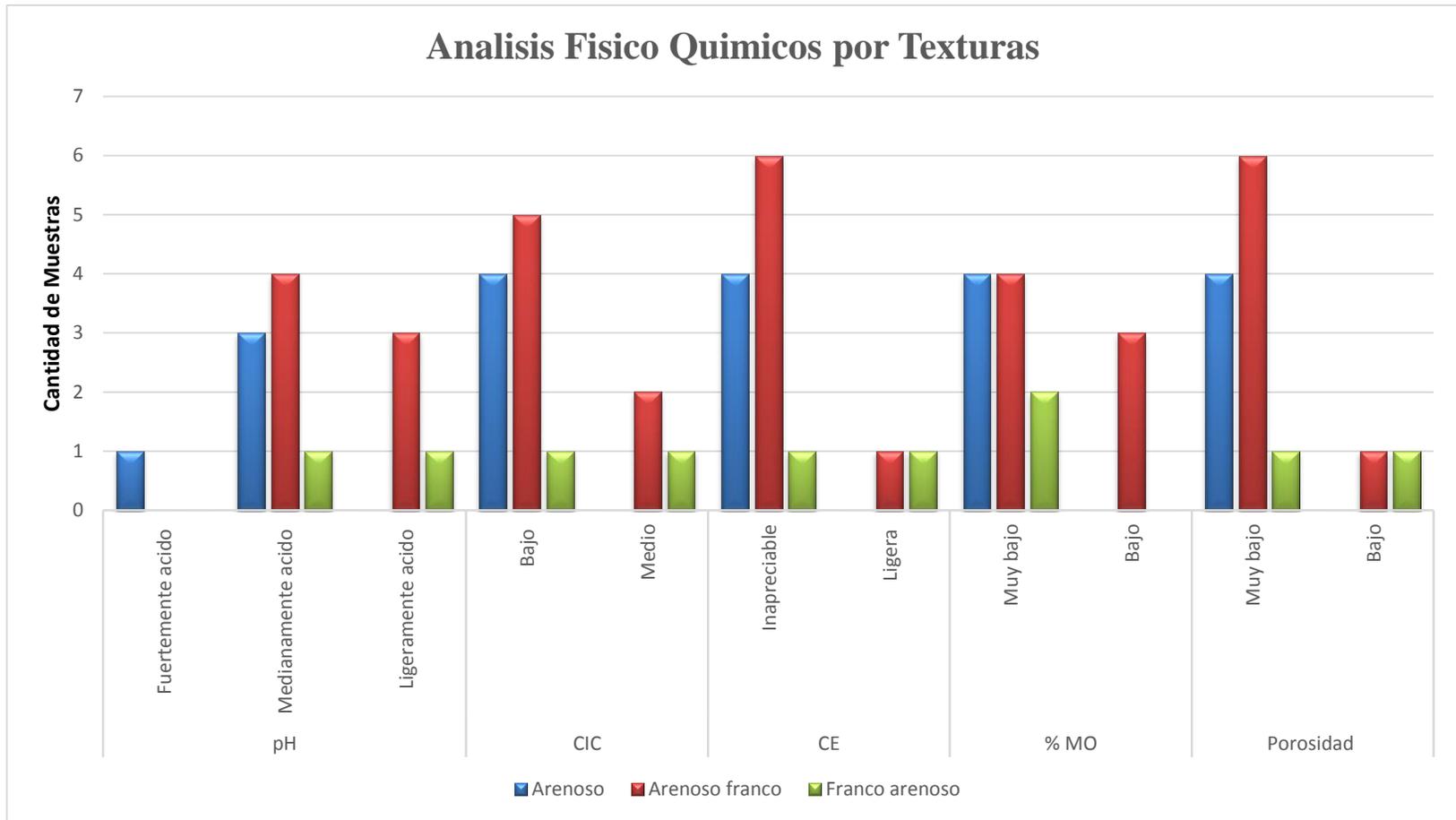


Figura 26 Análisis Físico Químico por Texturas

En la **Sección 3**, se evidencia que la C.E obtuvo cuatro muestras de Textura Arenoso de las cuales todas son Inapreciables, se obtuvieron siete muestras con textura Arenoso Franco de las cuales seis fueron Inapreciables y una Ligera, y finalmente dos muestras resultados de Textura Franco Arenoso de las cuales una resulto Inapreciable y la otra Ligera.

En la **Sección 4**, se analiza que el % Materia Orgánica obtuvo cuatro muestras de Textura Arenoso de las cuales todas están en el rango Muy Bajo, se obtuvieron siete muestras con textura Arenoso Franco de las cuales cuatro fueron Muy Bajo y tres Bajo, y finalmente dos muestras resultados de Textura Franco Arenoso las cuales resultaron ser Muy Bajo.

En la **Sección 5**, se demuestra que la Porosidad obtuvo cuatro muestras de Textura Arenoso de las cuales todas son Muy Baja, se obtuvieron siete muestras con textura Arenoso Franco de las cuales seis fueron Muy Baja y una Baja, y finalmente dos muestras resultados de Textura Franco Arenoso de las cuales una resulto Muy Baja y la otra Baja.

Seguidamente se procedió a realizar un análisis Multivariado a los datos para la predicción del contenido de los macronutrientes y micronutrientes (*Tabla 11*) y los

mejores modelos de regresión ($p < 0,05$) incluyeron a los valores de las variables edáficas son significativas.

Tabla 11. Modelos de regresión para las variables edáficas

Variable	Modelo de Regresión	R	R ² Ajustado
Fósforo (P)	$P = 3,413 * Zn + 0,683$	0,643	0,360
Calcio (Ca)	$Ca = 0,839 * BT - 0,930 * Na - 1,155 * pH - 1,369 * B + 6,909$	1	0,999
Magnesio (Mg)	$Mg = 1,436 * pH + 0,096 * CIC - 8,379$	0,993	0,983
Sodio (Na)	$Na = 0,093 * PSI + 0,173 * CIC - 0,507 * pH + 1,745$	0,980	0,946
PSI	$PSI = 9,064 * Na - 0,941 * CIC + 9,645$	0,946	0,874
Potasio (K)	$K = 0,009 * SB + 0,033 * P + 0,031 * A(\%) + 0,025 * AA - 3,613$	0,976	0,928
Bases Totales (BT)	$BT = 1,179 * Ca + 1,118 * Na + 1,423 * pH + 1,650 * B - 8,477$	1	0,999
Saturación de Bases	$SB = 66,042 * K + 68,718$	0,689	0,427
Azufre (S)	$S = 71,429 * B + 6,202 * \%MO - 4,862$	0,896	0,762
Hierro (Fe)	$Fe = 391,669 * B - 157,754 * CE + 19,031 * Na + 17,477$	0,888	0,718
Cobre (Cu)	$Cu = 0,328 * Zn - 0,267 * Na + 0,267 * pH - 1,376$	0,924	0,806
Zinc (Zn)	$Zn = 1,219 * Cu + 0,010 * Fe + 0,077 * P - 0,333$	0,939	0,841
Boro (B)	$B = 0,008 * S - 0,048 * pH$	0,901	0,774
Humedad CC	$HCC = 1,129 * HPM + 8,937$	0,922	0,837
Humedad PMP	$HPM = 0,753 * HCC - 5,517$	0,922	0,837
Agua Aprovechable	$AA = 0,247 * HCC + 5,517$	0,615	0,322
Arena (A%)	$FMA = -2,573 * Mg - 0,824 * FML + 94,163$	0,977	0,945
Arcilla (Ar%)	$FMAr = 2,276 * Mg + 0,456 * AA + 0,556$	0,965	0,919
Densidad Aparente	$DA = -0,023 * PT + 0,572 * DR + 0,982$	0,988	0,971
Densidad Real	$DR = 0,039 * PT + 1,672 * DA - 1,579$	0,997	0,992
Porosidad Total	$PT = 25,219 * DR - 42,676 * DA + 40,906$	0,998	0,995

Una vez se determinan los diferentes modelos de regresión para cada una de las variables (**Tabla 12**), se procede a remplazar los valores en las formulas, obteniendo los datos mostrados en la columna 3 “Modelo Estadístico Variable Pronóstico” de las Tablas mostradas a continuación.

Ecuación N° 1

$$P = 3,413 * Zn + 0,683$$

Tabla 12. Modelo estadístico variable pronostico del fosforo

FÓSFORO (ppm)	ZINC (Zn)	MODELO ESTADÍSTICO VARIABLE PRONÓSTICO P (ppm)
4,03	1,89	7,13
7,85	2,33	8,63
3,15	1,24	4,91
9,26	1,95	7,33
10,24	2,2	8,19
8,72	2,56	9,42
6,77	2,81	10,27
6,67	2,25	8,36
14,87	2,6	9,55
6,93	1,92	7,23
8,26	1,65	6,31
4,54	1,03	4,19
4,38	1	4,09

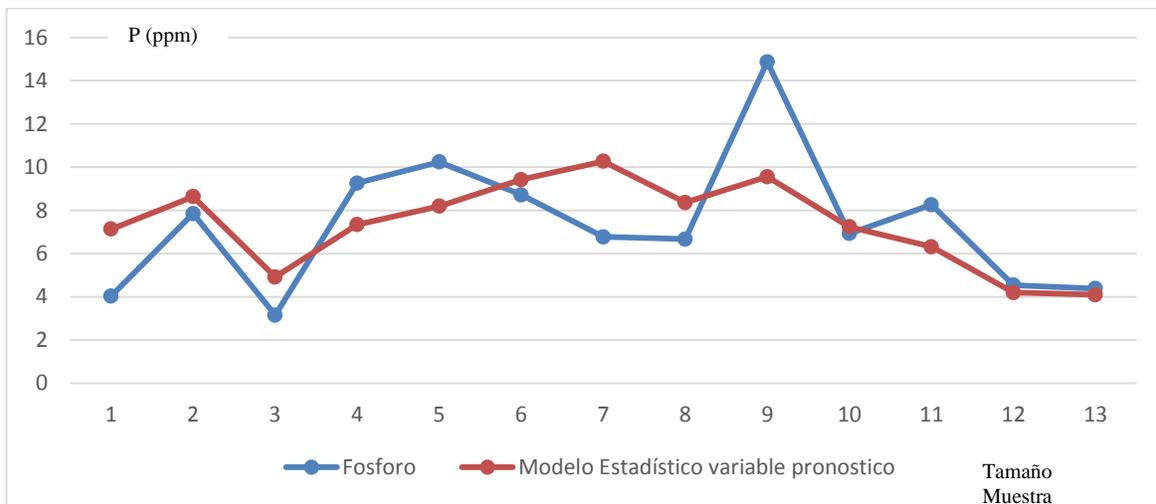


Figura 27 Comparativo Fosforo Vs Modelo Estadístico

En la **Figura 27** se hace una relación de los parámetros del Fosforo y el Modelo Estadístico, se identifica que los resultados obtenidos a nivel experimental demuestran la

similitud que existen en los datos suministrados por el Modelo Estadístico en un 64%, solamente se denota una diferencia relevante de los datos en la muestra número 9, donde se evidencia un dato pico.

Ecuación N° 2

$$K = 0,009 * SB + 0,033 * P + 0,031 * A(\%) + 0,025 * AA - 3,613$$

Tabla 13. Modelo estadístico variable pronóstico del potasio

POTASIO (cmol.kg ⁻¹)	SATURACIÓN DE BASES %	FOSFORO (ppm)	FRACCIÓN MINERAL ARENA (%)	AGUA APROVECHABLE (%)	MODELO ESTADÍSTICO VARIABLE PRONOSTICO K (cmol.kg ⁻¹)
0,47	102,43	4,03	88,7	8,04	0,39
0,2	62,60	7,85	88	8,78	0,15
0,21	90,40	3,15	84	11,39	0,19
0,43	84,77	9,26	86,7	10,52	0,40
0,29	77,02	10,24	82	11,18	0,23
0,14	90,65	8,72	78	8,37	0,11
0,22	88,59	6,77	84	9,54	0,25
0,28	88,04	6,67	82	10,95	0,21
0,57	101,18	14,87	80	10,33	0,52
0,33	96,03	6,93	81	11,04	0,26
0,42	99,52	8,26	84,7	10,39	0,44
0,42	111,68	4,54	83	10,46	0,37
0,06	67,16	4,38	87	8,78	0,05

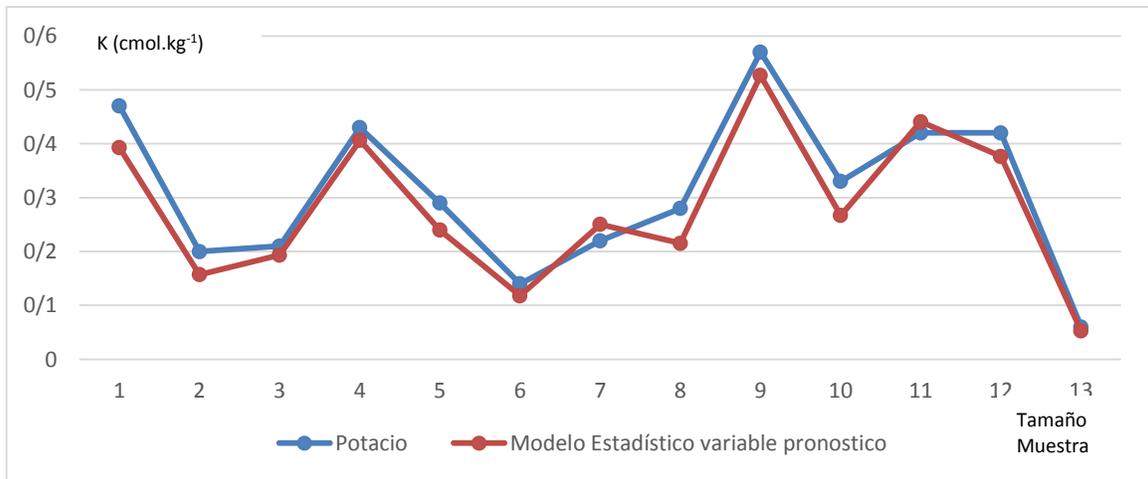


Figura 28 Comportamiento Potasio Vs Modelo Estadístico

En la **Figura 28** se hace una relación de los parámetros del Potasio y el Modelo Estadístico, podemos identificar que los resultados obtenidos a nivel experimental nos demuestran la similitud que existen en los datos suministrados por el Modelo Estadístico en un 97%.

Ecuación N° 3

$$PSI = 9,064 * Na - 0,941 * CIC + 9,645$$

Tabla 14. Modelo estadístico variable pronóstico del P.S.I

PSI	SODIO (CMOL.KG ⁻¹)	CIC (CMOL.KG ⁻¹)	MODELO ESTADÍSTICO VARIABLE PRONOSTICO PSI
15,16	0,81	5,34	11,96
4,34	0,25	5,75	6,50
5	0,49	9,8	4,86
4,81	0,44	9,13	5,04
4,21	0,4	9,49	4,34
3,60	0,39	10,81	3,00
5,36	0,4	7,45	6,26
4,53	0,3	6,61	6,14
4,44	0,6	13,51	2,37
18,47	2,61	14,13	20
13,50	0,86	6,37	11,44
8,54	0,6	7,02	8,47
3,37	0,25	7,4	4,94

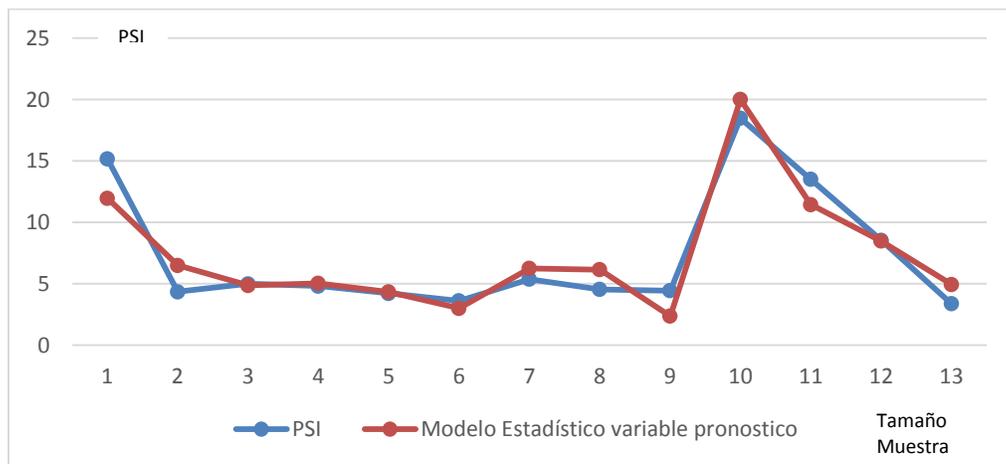


Figura 29 Comparativo P.S.I Vs Modelo estadístico

En la **Figura 29** se hace una relación de los parámetros del P.S.I y el Modelo Estadístico, podemos identificar que los resultados obtenidos a nivel experimental nos demuestran la similitud que existen en los datos suministrados por el Modelo Estadístico en un 94%.

Ecuación N° 4

$$DA = -0,023 * PT + 0,572 * DR + 0,982$$

Tabla 15. Modelo estadístico variable pronóstico de la densidad aparente

DENSIDAD APARENTE (G.CM ⁻³)	POROSIDAD TOTAL (%)	DENSIDAD REAL (G.CM ⁻³)	MODELO ESTADÍSTICO VARIABLE PRONOSTICO DA ((G.CM ⁻³))
1,60	38,49	2,6	1,58
1,56	30,81	2,26	1,56
1,61	35,63	2,5	1,59
1,73	24,63	2,3	1,73
1,59	33,74	2,4	1,57
1,54	44,6	2,78	1,54
1,64	31,23	2,38	1,62
1,55	38,67	2,53	1,53
1,61	40,88	2,72	1,59
1,55	37,26	2,47	1,53
1,56	36,67	2,47	1,55
1,58	31,26	2,29	1,57
1,6	31,42	2,33	1,59

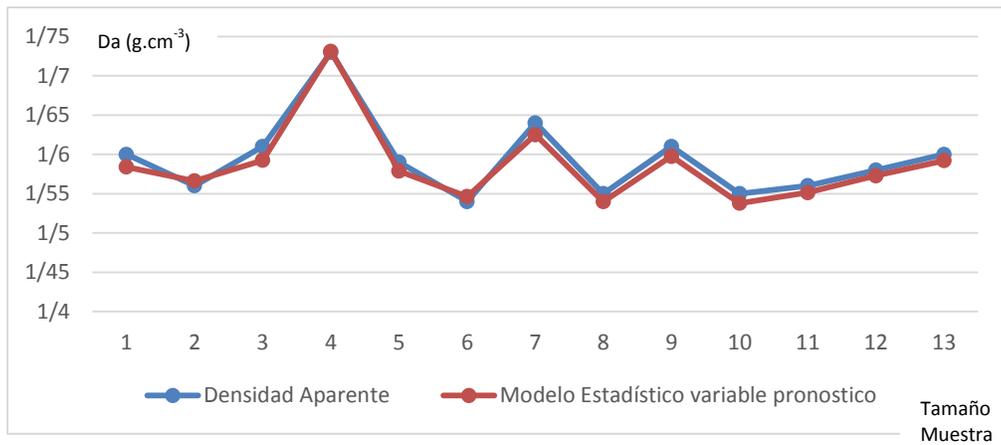


Figura 30 Comparativo Densidad Aparente Vs Modelo Estadístico

En la **Figura 30** se hace una relación de los parámetros de Densidad Aparente y el Modelo Estadístico permite identificar que los resultados obtenidos a nivel experimental demuestran la similitud que existen en los datos suministrados por el Modelo Estadístico en un 98%.

6.4. Análisis de la calidad del agua de riego

PARAMETROS QUÍMICOS	RESULTADOS	RESULTADOS (mg L ⁻¹)	RESULTADOS (meq L ⁻¹)
pH	7.8	-	-
Calcio (Ca)	-	11,4	0,57
Magnesio (Mg)	-	2,916	0,24
Sodio (Na)	-	195,73	8,51
Potasio (K)	-	212,704	5,44
Sulfatos (SO ₄) ⁻²	-	7	0,1457
HCO ₃	-	109,80	1,8
CO ₃	-	0	0
Cloruros (Cl)	-	2,9	8,180 x 10 ⁻²
Conductividad Eléctrica	225.6 μS/cm ⁻¹ 0.22 dS/m ⁻¹	-	-

Tabla 16. Parámetros químicos del agua de la Granja de la Universidad Surcolombiana en mili equivalentes

El efecto del contenido de sodio del agua de riego sobre las características físicas del suelo: cuando el contenido del sodio es elevado en comparación con el contenido de otros cationes, existe el peligro de defloculación del suelo y la pérdida de sus características físicas y agrícolas, la estimación de este peligro se hace por medio de los índices RAS, CSR, PSP y elementos tóxicos para las plantas

6.4.1. Conductividad eléctrica

$$1000 \mu S/cm^{-1} = 1 mS/cm^{-1}$$

$$225.6 \mu S/cm^{-1} = 0,2256 mS/cm^{-1} = 0,2256 dS/m^{-1}$$

Tabla 17. Clasificación de aguas para riego de acuerdo a su CE y sales totales

Clases	Peligro de salinización	CE (mS cm-1 a 25° C)	Contenido de sales totales (g L ⁻¹)
C1	Bajo	<259	<0,15
C2	Moderado	250-750	0,15-0,50
C3	Medio	750-2250	0,50-1,15
C4	Alto	2250-4000	1,15-2,50
C5	Muy alto	4000-6000	2,50-3,50
C6	Excesivo	>6000	>3,50

La conductividad eléctrica con su 0,22 mS/cm se encuentra en la clase C1 lo cual significa que son aguas de baja salinidad, puede usarse para la mayor parte de los cultivos, en casi todos los suelos. Con las prácticas habituales de riego, la salinidad del suelo tiende a niveles muy bajos salvo en suelos muy poco permeables con los cuales se requerirá intercalar riegos de lavado.

6.4.2. Relación de adsorción de sodio

Después de un riego, la cantidad de calcio puede variar debido a la disolución o precipitación del calcio contenido en el agua del suelo, estableciéndose un nuevo equilibrio la ecuación del RAS no tiene en cuenta estos cambios y puede dar resultados algo erróneos. El RAS corregido puede utilizarse para prever mejor los problemas de

infiltración causados por concentraciones relativamente altas de sodio, o bajas de calcio, en las aguas de riego (Suárez, 1981).

La relación de adsorción de sodio se calcula por medio de la RAS corregida, su ecuación es:

Ecuación N° 5

$$RAS^{\circ} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{[Ca]^{\circ} + Mg}{2}}}$$

Para esto se debe hallar el calcio corregido el cual se expresa en la siguiente ecuación:

Ecuación N° 6

$$[Ca]_{meq} = 2 * (16,4 + 2,68 * EC_{ar} - 0,259 * EC_{ar}^2 + 0,0134 * EC_{ar}^3) * \sqrt[3]{\left(\frac{Ca/2}{Alk}\right) * pCO2}$$

Donde el ECar es la conductividad eléctrica del agua de riego expresada en dS/m, Ca²⁺ es la concentración de calcio en el agua de riego medida en meq/L, y Alk es la concentración de bicarbonato del agua de riego medida también en meq/L y pCO₂ es la presión parcial de CO₂ en el extracto de saturación expresada en atmósferas, que puede tomarse igual a 0.01 como valor adecuado en la mayoría de los suelos.

$$2 * (16,4 + 2,68 * 0,22) - (0,259 * 0,22) + (0,0134 * 0,22) * \sqrt[3]{\left(\frac{0,57/2}{1,8}\right) * 0,01}$$

$$2 * ((16,4 + 0,5896) - (0,05698 + 0,002948)) * \sqrt[3]{0,001584}$$

$$2 * (16,9896 - 0,059928) * 0,11657$$

$$2 * 16,929672 * 0,11657 = 3,95$$

$$Ca^{\circ} = 3,95$$

$$RAS^{\circ} = \frac{8,51}{\sqrt{\left(\frac{(3,95 + 0,24)}{2}\right)}} = \frac{8,5}{1,45} = 5,86$$

$$RAS^{\circ} = 5,86$$

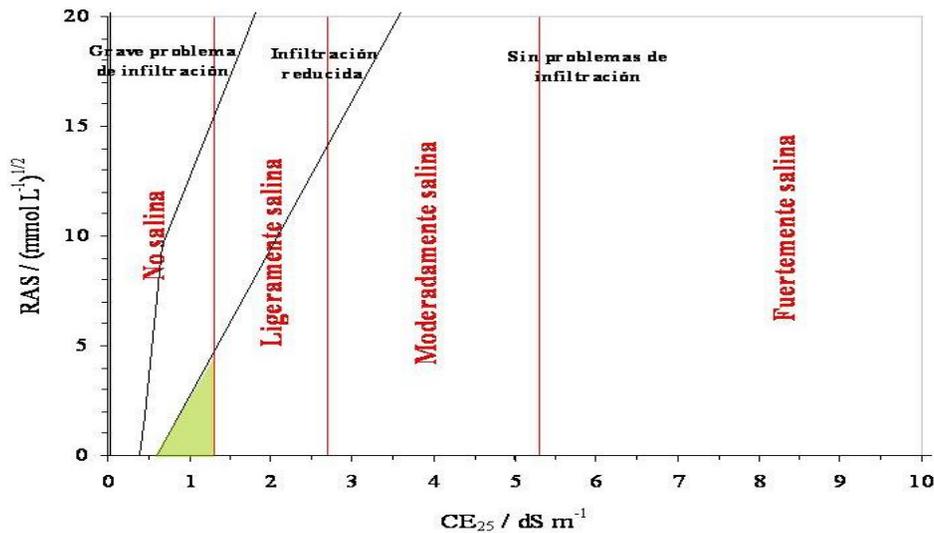


Figura 31 Evaluación de la calidad del agua de riego en función de su salinidad y sodicidad.

Según la **Figura 31** las aguas de la granja experimental de la Universidad Surcolombiana tienen problemas de infiltración, lo cual significa que, aunque se aporte agua al suelo mediante riego, pueden surgir serios problemas para que ésta llegue a las raíces de las plantas.

6.4.3. Carbonato de sodio residual

Ecuación N° 7

$$CSR = (CO_3^{2-} * HCO_3^{1-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

$$CSR = (0 + 1,8) - (0,57 + 0,24) = 0,99$$

Tabla 18. Clasificación de CSR (me L⁻¹)

Clase	Valores de CSR(me L ⁻¹)
Buena	Menos de 1,25
Condicionada	De 1,25 a 2,50
No recomendable	Más de 4,0

El carbonato de sodio residual nos arroja que se encuentra en la clasificación como un agua buena para riego de cultivos con un resultado de 0.99 el cual está por debajo del rango de 1.25.

6.4.4. Contenido de elementos tóxicos en las plantas

Cloruro = 0,08 = Ninguno

Sodio = 8,15 = Ligero a Moderado

Tabla 19. Niveles tóxicos de iones específicos (me L⁻¹)

	CLORUROS	SODIO
Ninguno	1-3	>3
Ligero a moderado	4-10	>9
Severo	3-9	>10

Los contenidos de elementos tóxicos en las plantas nos arrojan que para el cloruro con un valor de 0.08 no existe un nivel de toxicidad, pero el sodio se encuentra en un nivel de toxicidad ligero a moderado lo cual nos evidencia la necesidad de prestar atención a la hora de realizar la actividad de fertilización.

6.5. Plan de manejo ambiental

6.5.1. Análisis estadísticos de los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a la granja experimental de la Universidad Surcolombiana

Se diseñó una encuesta dirigida a diez de los empleados que laboran en la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, cinco de ellos direccionados al área de las plantaciones del arroz y los cinco restantes en los diferentes labores que se llevan a cabo en la Granja; con el objetivo de determinar las actividades que se realizan en los cultivos, identificar los impactos socio-ambientales positivo y/o negativos que se generan en él, establecer los componentes más afectados por los impactos identificados además de describir dichos impactos; A continuación se podrá observar el respectivo diseño.

ENCUESTA DIRIGIDA A LOS TRABAJADORES DEL CULTIVO DE ARROZ DE LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA	
<p>❖ OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Determinar las actividades realizadas en el cultivo de arroz✓ Establecer los dos componentes ambientales más afectados✓ Identificar impactos socio-ambientales✓ Describir los impactos identificados <p>❖ PREGUNTAS:</p> <ol style="list-style-type: none">1. ¿Qué actividades considera usted que se realizan en el cultivo de arroz?	
➤ Labranzas	

ENCUENTA DIRIGIDA A LOS TRABAJADORES DEL CULTIVO DE ARROZ DE LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA



➤ Selección de semillas	
➤ Plantación de semillas	
➤ Caballoneo	
➤ Riego y drenaje	
➤ Fertilización	
➤ Control de malezas	
➤ Control de plagas	
➤ Control de enfermedades	
➤ Cosecha	
➤ Secamiento	
➤ Limpieza	
➤ Almacenamiento	
➤ Disposición de desechos	

2. ¿De los siguientes componentes ambientales cuales considera usted que son los dos más afectados por las actividades realizadas en el área?

Flora	
Fauna	
Agua	
Aire	
Suelo	
Paisaje	
Comunidad	

- ¿Por qué considera usted que son los más afectados?

COMPONENTE	EXPLICACIÓN
I.	
II.	

3. ¿Cuáles de los siguientes impactos socio-ambientales cree usted que son generados por las actividades

ENCUENTA DIRIGIDA A LOS TRABAJADORES DEL CULTIVO DE ARROZ DE LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA



realizadas en el cultivo de arroz?

MEDIOS AMBIENTALES	COMPONENTES AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	✓
BIOTICO	FAUNA	Aumento de especies	
		Migración de especies	
		Pérdida de especies	
		Extinción de especies	
	FLORA	Pérdida de especies	
		Proliferación de malezas y plagas	
ABIOTICO	AGUA	Disminución de caudales	
		Sedimentación	
		Deterioro de la calidad del agua	
		Eutrofización	
	AIRE	Contaminación por gases	
		Contaminación por Ruido	
		Contaminación por Malos olores	
		Contaminación por Material particulado	
	SUELO	Deterioro de la calidad del suelo	
		Cambios en el uso del suelo	
	PAISAJE	Fragmentación del ecosistema	
		Desequilibrio ecológico	
		Deterioro del paisaje	
		Belleza paisajística	
		Contaminación visual	
SOCIO-ECONÓMICO	COMUNIDAD	Proliferación de enfermedades	
		Generación de empleo	
		Valorización del predio	
		Mejoramiento educativo	

4. De los impactos escogidos en la anterior pregunta; Haga una breve descripción de cada uno de ellos.

IMPACTOS IDENTIFICADOS	DESCRIPCIONES

**ENCUESTA DIRIGIDA A LOS TRABAJADORES DEL CULTIVO DE ARROZ DE LA
GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**



La visita a la Granja se realizó el día 6 de Julio de 2016 en horas de la mañana y en la cual se cumplieron los objetivos establecidos; una vez aplicada la encuesta y analizada se identificó lo siguiente:

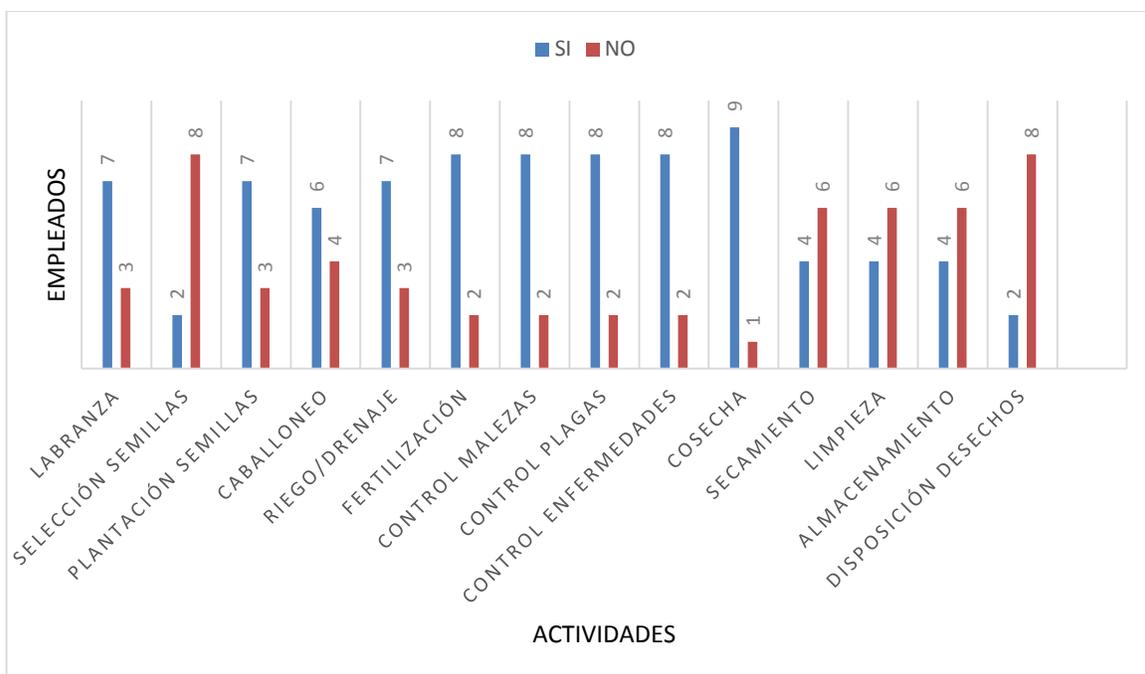


Figura 32 Actividades que se realizan en la Granja Experimental de la USCO

Inicialmente se determinaron las actividades que se efectúan en el cultivo de arroz, donde se identificó que las que se realizan en la granja de la Universidad Surcolombiana para el cultivo del arroz son: Labranza con 7 datos, Plantación Semillas con 7 datos, Caballoneo con 6 datos, Riego y Drenaje con 7 datos, Fertilización con 8 datos, Control Malezas con 8 datos, Control Plagas con 8 datos, Control Enfermedades con 8 datos, y Cosecha con 9 datos.

Se llegó a la identificación que en la Granja experimental de la Universidad Surcolombiana, se llevan a cabo nueve de las actividades propuestas en la encuesta las cuales son, Labranza, Plantación de semillas, Caballeo, Riego y drenaje, Fertilización, Control de malezas, Control de plagas, Control de enfermedades y Cosecha.

Seguidamente se definen las actividades que se llevan a cabo en el cultivo del arroz, además de la descripción y la forma en cómo se ejecuta en la Granja.

Tabla 20 Descripción de las actividades que se realizan en la Granja Experimental de la USCO

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	DESCRIPCIÓN
LABRANZA	consistente en trazar surcos más o menos profundos en la tierra con una herramienta de mano o maquinaria, cumple diferentes funciones como, facilitar la circulación del agua para un riego correcto, destruir las malas hierbas, hacer menos compacta la tierra adecuándola así para la siembra agrícola.	En la Granja esta actividad se realiza utilizando como herramienta un tractor, que traza surcos en la tierra, adecuando el terreno para la plantación de las semillas.
PLANTACIÓN DE SEMILLAS	Esparcir semillas en la tierra que se encuentra preparada para tal fin.	La plantación de semillas se realiza en terreno seco con la ayuda de una maquina sembradora de marca semeato que siembra de forma directa las semillas en el suelo.
CABALLONEO	Es el trazo de curvas nivel para facilitar el manejo del agua.	Se realiza el trazo de curvas a nivel empleando la ayuda de equipos topográficos y de un tractor con su respectivo implemento.
RIEGO Y DRENAJE	El sistema por inundación debe ser trabajado de tal forma a que las áreas a ser irrigadas, o parte de estas, deben ser prácticamente horizontales, rodeadas por pequeños diques que contienen el agua. En esta modalidad, una vez que la parcela se ha llenado de agua, se cierra la entrada a la misma, el agua no circula sobre el suelo, se infiltra o evapora.	El agua para el riego la provee ASOJUNCAL, su principal fuente hídrica es la laguna el juncal, el cual es alimentada por el río Magdalena mediante un sistema de bombeo a través de un canal; En la Granja el riego se realiza por medio de dos bombas, una de 10 in de diámetro y otra de 6 in, cada una alimenta dos lagunas artificiales construidas en la Granja. El drenaje tiene un punto de

Tabla 20 Descripción de las actividades que se realizan en la Granja Experimental de la USCO

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	DESCRIPCIÓN
		encuentro en el centro de las plantaciones la cual dirige el agua hacia un reservorio en la Granja y hacia un canal que dirige esta agua al resto de las fincas.
FERTILIZACIÓN	Se designa al proceso a través del cual se preparará a la tierra añadiéndole diversas sustancias que tienen el objetivo de hacerla más fértil y útil a la hora de plantar las semillas.	Se utilizan fertilizantes orgánicos e inorgánicos para el cultivo de arroz de la Granja ver tabla 21.
CONTROL DE MALEZAS	Consiste en mantener libre al cultivo de la competencia de nutrientes, sol y agua por las malezas.	Se utiliza el método del control químico que consiste en la utilización de herbicidas, los cuales pueden verse en la tabla 23 que corresponde al listado de agroquímicos utilizados en la granja experimental USCO para el cultivo de arroz; Y el control cultural, el cual se lleva a cabo con la preparación de suelos, inundación, y utilizando semillas de buena calidad compradas a Fedearroz.
CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	Es la regulación y el manejo de algunas especies referidas como plagas, normalmente por tratarse de especies que afectan la salud del cultivo además las enfermedades causadas por estos microorganismos.	Se utiliza el método del control químico que consiste en la utilización de insecticidas de acuerdo al listado de agroquímicos utilizados en la granja experimental de la USCO para el cultivo de arroz. (Véase en la tabla 23).
COSECHA	Se basa en la recolección de semillas, cuando estas ya están maduras.	La recolección de semillas se realiza con una maquina cosechadora o combinada que se obtiene mediante alquiler.

Se identificaron los impactos socio-ambientales generados por cada actividad en el cultivo de arroz, para analizar los datos recopilados en la encuesta se realizaron gráficas para cada componente ambiental.

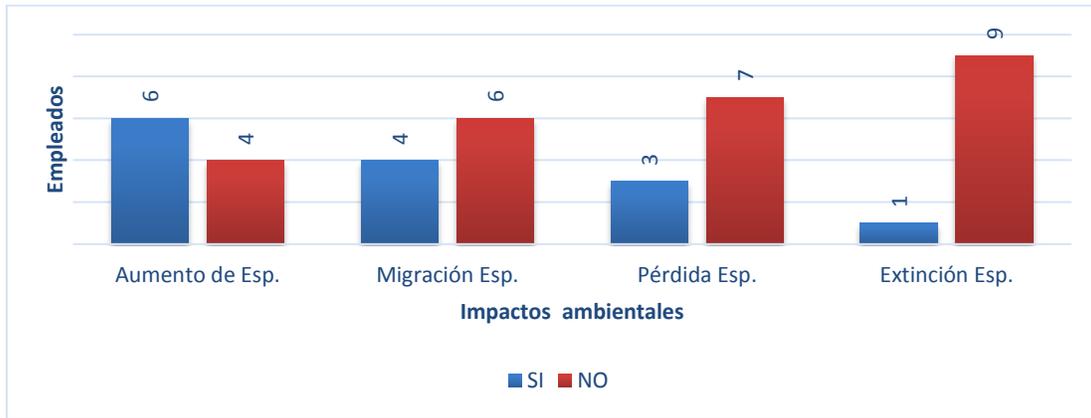


Figura 33 Impactos ambientales generados por el cultivo del arroz en el componente fauna

En la **Figura 33** se observa que el impacto generado en el componente fauna de los cuatro evidenciados anteriormente es el Aumento de Especies, debido a que las plantaciones ofrecen alimento y refugio para las diferentes especies de aves de la región, aumentando cada vez más sus visitas en el cultivo.

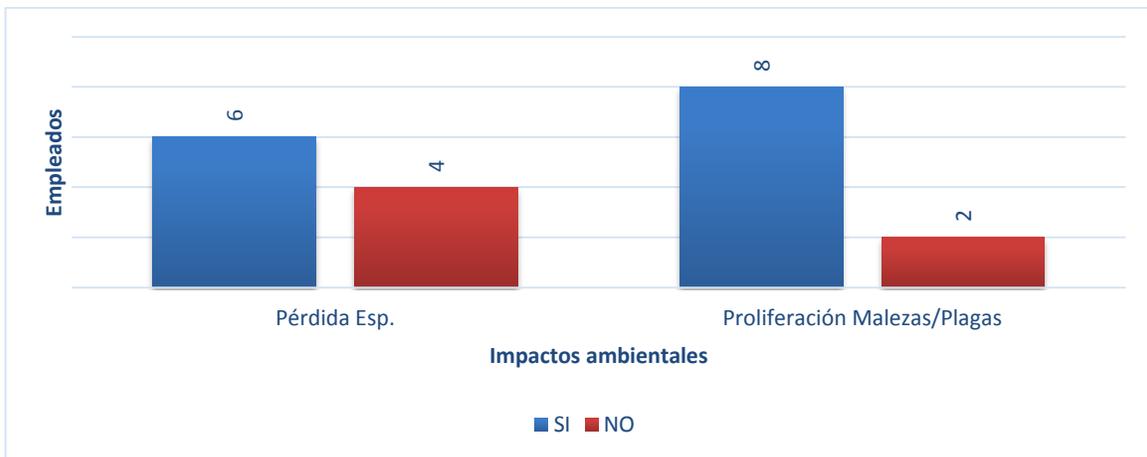


Figura 34 Impactos ambientales generados por el cultivo del arroz en el componente flora

Los dos impactos determinados anteriormente en el componente florán que se generan en el cultivo son la pérdida de especies al destinar el terreno a actividades de agricultura y adicionalmente se genera la proliferación de malezas debido a la cantidad de abonos orgánicos e inorgánicos que se le adicionan a los cultivos.

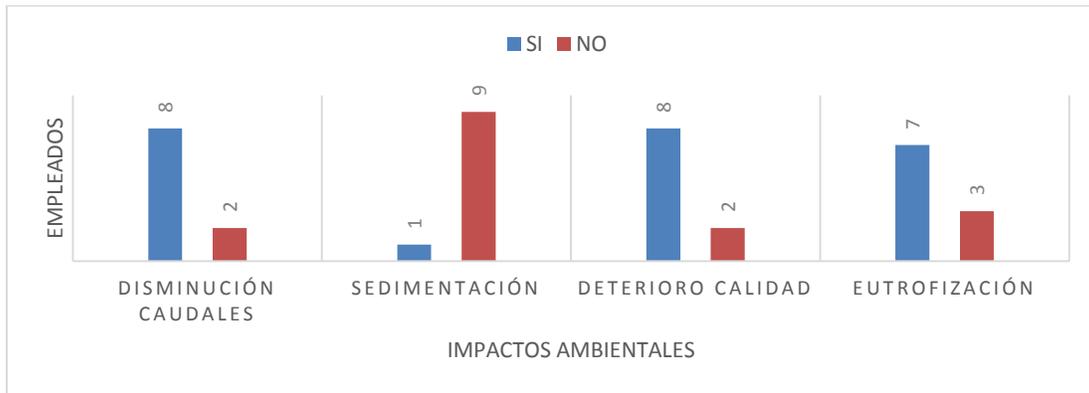


Figura 35 Impactos ambientales generados por el cultivo del arroz en el componente agua

Según la **Figura 35**, los impactos que son afectados en el componente agua son: Disminución de Caudales, Deterioro de la Calidad del agua y Eutrofización, la disminución de caudales se produce por la implementación del método de riego por inundación de terreno lo que provoca un uso irracional y desperdicio del agua, el deterioro de la calidad del agua por el uso desmedido de agroquímicos y fertilizantes, lo que también causa la eutrofización al proporcionar enriquecimiento de las aguas con nutrientes a tal medida que provoca la proliferación de malezas y disminución de la demanda de oxígeno.

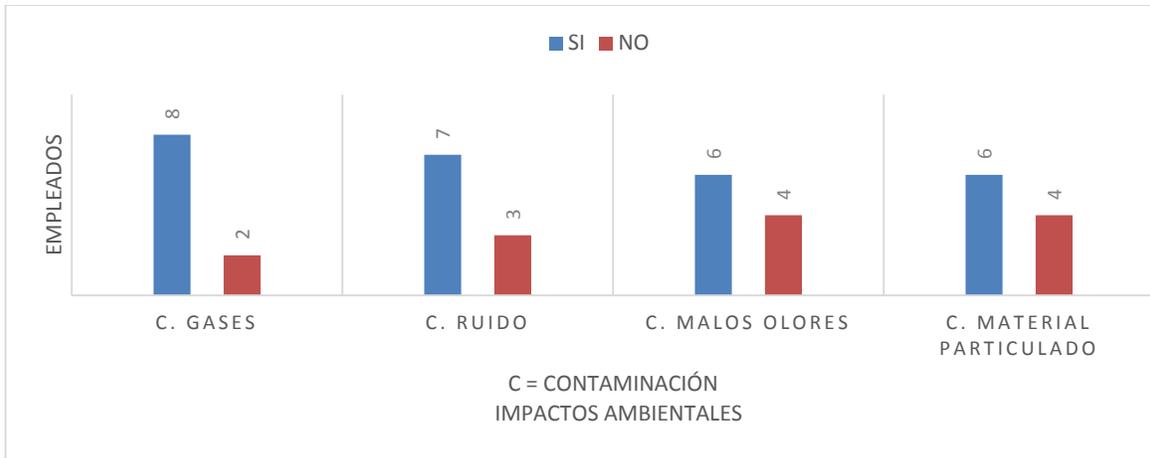


Figura 36 Impactos generados por el cultivo del arroz en el componente aire

Los impactos que son afectados en el componente aire son: Contaminación por Gases, Contaminación por Ruido, Contaminación por Malos Olores, Contaminación por Material Particulado, la contaminación por gases, los malos olores y el material particulado se producen por el uso desmedido de fertilizantes y agroquímicos y la contaminación por ruido se produce por la utilización de la maquinaria en las diferentes actividades para el desarrollo del cultivo.

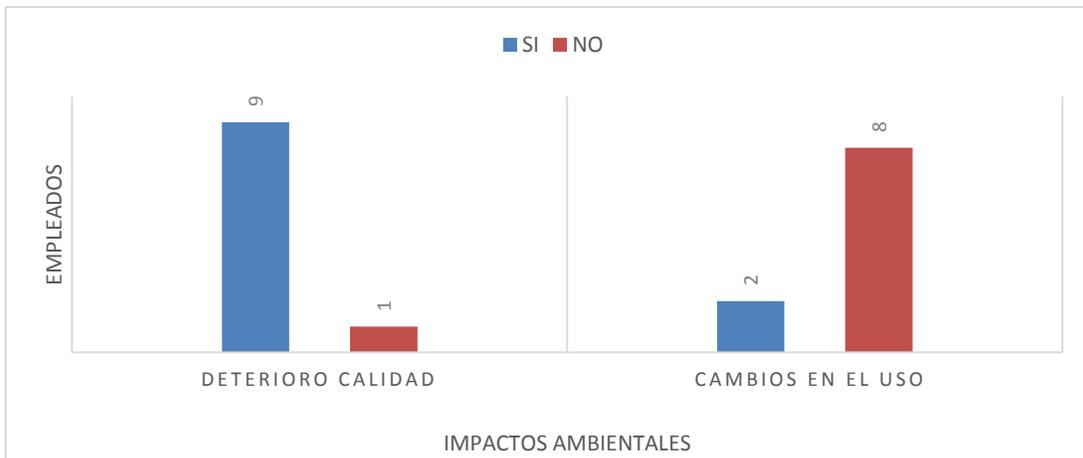


Figura 37 Impactos ambientales generados por el cultivo del arroz en el componente suelo

Los impactos afectados en el componente suelo son: Deterioro de la Calidad del Suelo debido a la inundación del terreno, el uso desmedido de pesticidas, además del uso de maquinaria pesada y la no rotación de cultivos.

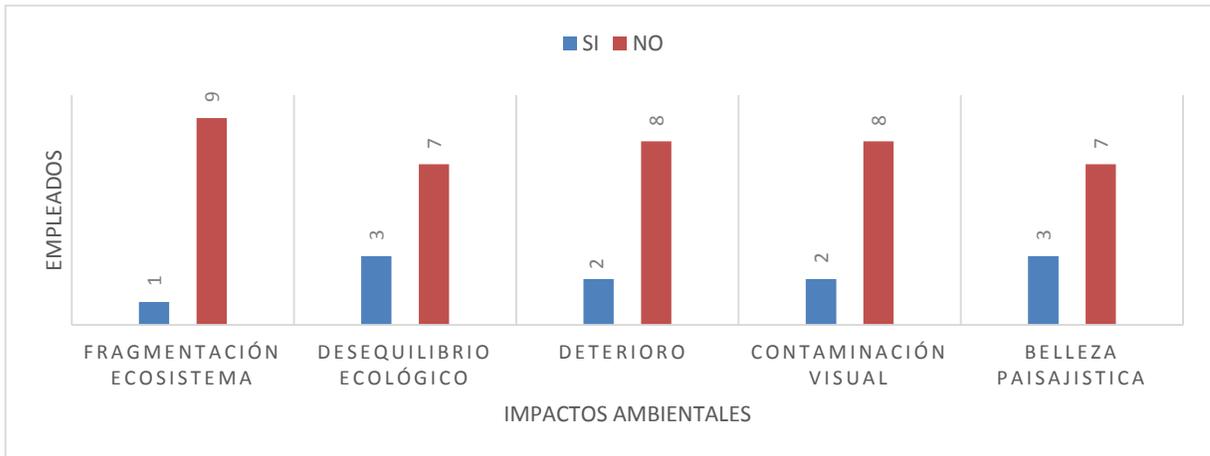


Figura 38 Impactos ambientales generados por el cultivo de arroz en el componente paisaje

Ninguno de los impactos es afectado en el componente paisaje ya que en ningún momento se genera Fragmentación de ecosistemas, desequilibrio ecológico, deterioro, contaminación visual y belleza paisajística.

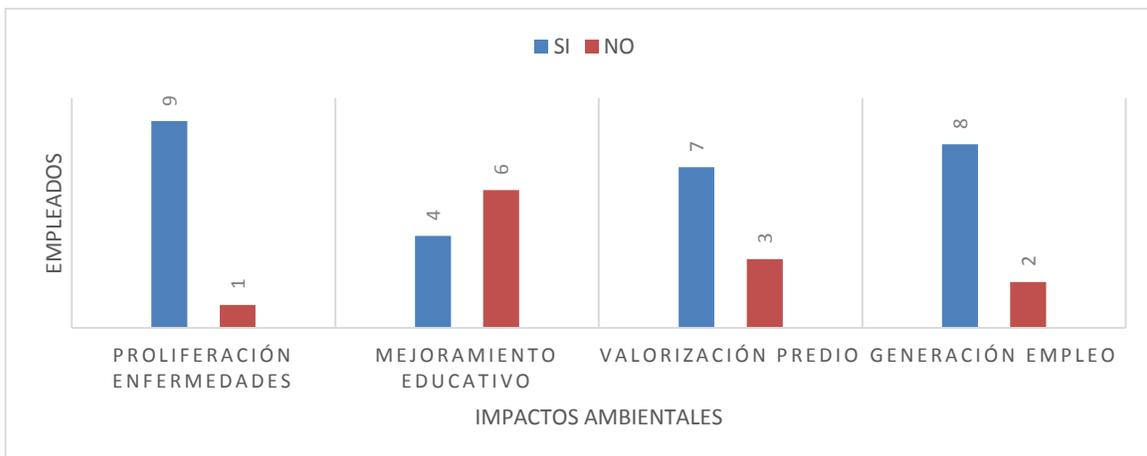


Figura 39 Impactos ambientales generados por el cultivo de arroz en el componente comunidad

Los impactos que son afectados en el componente comunidad son: Proliferación de Enfermedades, Valorización del Predio, Generación de Empleo. La proliferación de enfermedades se produce debido a que los empleados de la Granja no utilizan los elementos de protección personal a la hora de manipular los fertilizantes y agroquímicos, la valorización del predio por la fertilidad del terreno que provee grandes plantaciones de cultivos y la generación de empleo ya que las actividades propias del cultivo lo requieren.

Por último se hizo un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en las encuestas a los trabajadores de la Granja Experimental y por los encuestadores capacitados para valorar y determinar las actividades en el proceso del cultivo del arroz y los impactos socio-ambientales que estos generan; de tal forma se determinó que la información recogida por ambas partes concuerda, dando credibilidad a los resultados encontrados y establecidos anteriormente.

Seguidamente se listó el tipo de fertilizantes que se aplican en el cultivo, con la finalidad de conocer los productos y determinar en qué grado se afecta el suelo.

Tabla 21. Listado de fertilizantes utilizados en el cultivo del arroz en la Granja Experimental de la USCO

PRODUCTO	EMPRESA	USO ESPECIFICO	TIPO	TIPO DE FORMULACIÓN	APLICACIÓN
Abono Orgánico Mineral	Terranova Agrícola S.A.S.	Abono	Orgánico	Granulado	Suelo
Urea Perlada 46-0-0	Precisagro S.A.S.	Fertilizante	Simple	Sistema De Fertirrigación	Suelo
Sulfato De Amonio 21-0-0-24 (S)	Abonos Colombianos S.A. "Abocol"	Fertilizante	Simple	Granulado	Suelo
Cloruro De Potasio Kcl O-O-60	Yara Colombia S.A.	Fertilizante	Simple K	Granulado	Suelo
Cafefor 17-6-18-2 M.O.	Forcol	Fertilizante	Mezclado Npk	Granulado	Suelo
Triple 15+M-0. 15-15-15	Forcol	Fertilizante	Mezclado Npk	Granulado	Suelo
Kelatex - Zn	Cosmoagro S.A.	Fertilizante	Ecológico	Foliar O Sistemas De Fertirrigación	Suelo
Humifert	Agrocorp S.A.	Fertilizante	Complejo Npk	Foliar	Suelo
Stimplex	Indepro U.S.	Fertilizante	Orgánico Mineral	Edáfica Y Foliar	Suelo
Cosmoquel Edta - Mg	Cosmoagro S.A.	Fertilizante	Polvo Soluble	Foliar Y Sistemas De Fertirrigación	Suelo

Con la anterior tabla de fertilizantes se determina que el suelo contiene excesos de nitrógeno localizados, que pueden ser arrastrados a cursos de agua o infiltrarse hacia los mantos freáticos. Esta sobrecarga de nutrientes provoca la eutrofización de las aguas y dan lugar a una proliferación de malezas que afectan los cultivos.

Seguidamente se analizó la Categoría toxicológica, la cual se clasifica de acuerdo con el grado de toxicidad para humanos y animales, los plaguicidas han sido clasificados por la Organización Mundial de la Salud y el Ministerio de Protección Social en cuatro categorías (tabla 22).

Tabla 22 Categoría y grado de toxicidad de los pesticidas

TABLA TOXICOLÓGICA		
CATEGORÍA TOXICOLÓGICA	GRADO O NIVEL DE TOXICIDAD	COLOR DE LA ETIQUETA
I	Extremadamente Peligroso	
II	Medianamente Peligroso	
III	Medianamente Tóxico	
IV	Ligeramente Tóxico	

Fuente: (FAO, Prácticas Recomendadas para el Manejo Integrado del Cultivo)

Teniendo en cuenta la tabla anterior se elaboró un listado de los productos químicos que se le aplican al cultivo del arroz en la Granja Experimental, con el cual se obtuvo una idea de las posibles afectaciones provocadas por los diferentes químicos utilizados.

Tabla 23 Listado de agroquímicos utilizados en el cultivo del arroz de la Granja Experimental de la USCO

LISTADO DE AGROQUIMICOS UTILIZADOS EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA USCO PARA EL CULTIVO DE ARROZ						
Producto	Empresa	Ingrediente activo	Concentración	Tipo de formulación	Categoría toxica	Uso específico
Propanil 480 Proficol	Riceco Internacional Colombia S.A.S.	Propanil	480 g*L ⁻¹	Concentrado Emulsionable (Ce)	Medianamente Tóxico III	Herbicida
Command	Fmc Latinoamérica S.A.	Clomazone	480 g*L ⁻¹	Concentrado Emulsionable (Ce)	Medianamente Tóxico III	Herbicida
Brillante	Rotam Agro Colombia S.A.S.	Clomazone	480 g*L ⁻¹	Concentrado Emulsionable (Ce)	Medianamente Peligroso II	Herbicida
Tropero	Vecol S.A.	Lufenuron	50 g*L ⁻¹	Suspensión Concentrada (S.C.)	Ligeramente Peligroso III	Insecticida
Ixus	Rotam Agro Colombia S.A.S.	Prifonil	200 g*L ⁻¹	Suspensión Concentrada (S.C.)	Medianamente Dañino II	Insecticida
Voliamflex i	Syngenta S.A.	Thiamethoxam	200 g*L ⁻¹	Suspensión Concentrada (S.C.)	Medianamente Tóxico III	Insecticida
Inex - A	Cosmoagro S.A.	Alquil Polieter Alcohol Etoxilado	88.06 g*L ⁻¹	Concentrado Soluble	Ligeramente Tóxico IV	Pegante
		Alquil Poliglicol	6.85 g*L ⁻¹			
		Aril Polietoxietanol	112.76 g*L ⁻¹			

g*L⁻¹= Gramo por Litro

En la tabla anterior se evidencia el uso de componentes agresivos debido a que algunos de los plaguicidas pertenecen a la categoría medianamente peligroso (II) y medianamente tóxico (tabla 4); según la categoría de los productos químicos pueden causar alteraciones en el pH del suelo cambiando algunos de sus componentes, adicionalmente se pueden originar lesiones a las personas que los manipulan.

6.5.2. Matriz Vicente Conesa Fernández (MVCF)

Una vez establecidas las distintas actividades en el cultivo del arroz y los impactos ambientales que estas generan, se dio paso a la evaluación la cual fue determinada a partir de la aplicación de la matriz MVCF, donde se formuló la evaluación de causa-efecto, con la ayuda de once parámetros; para los cuales se analizaron en cada uno, una serie de atributos que, al plasmarlos en la ecuación propuesta por el autor, arroja un resultado numérico, el cual corresponde a la importancia del impacto. En la matriz se establece un rango de 0-100 clasificados en cuatro modalidades, de los cuales se asigna la clase de efecto (compatible, moderado, crítico o severo), e identificados por un color diferente como lo menciona (Fernández, 2009). Teniendo clara la forma de evaluar y calificar la matriz se dio paso a su ejecución la cual se muestra a continuación:

Tabla 24. Evaluación de los impactos ambientales por medio de la Matriz (MVCF)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN / ACTIVIDAD GENERADORA			MATRIZ CONESA FERNANDEZ																																							
			LABRANZA											PLANTACION DE SEMILLAS											CABALLONEO																	
Medios Ambientales	Componentes Ambientales	Impactos Ambientales	N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I				
BIOTICO	FAUNA	Aumento de Especies												0																											0	
		perdida de especies												0																												0
	FLORA	Proliferación de malezas y plagas													0																											0
		perdida de especies													0																											0
ABIOTICO	AGUA	Disminución de caudales												0																											0	
		Deterioro de la calidad del agua													0																											0
		Eutrofización													0																											0
	AIRE	contaminación por gases													0																											0
		Contaminación Ruido													0																											0
		contaminación del aire por malos olores													0																											0
		Contaminación Material particulado	-1	2	1	4	1	1	2	4	1	1	1	-23																												-26
SUELO	deterioro de la calidad del suelo	-1	4	1	2	2	2	4	4	4	2	4	-38																												-40	
SOCIO-ECONÓMICO	COMUNIDAD	Proliferación de enfermedades												0																											0	
		Generación de empleo	1	2	4	4	2		2	4	4	4		34	1	2	4	4	2		2	4	4	4		34	1	2	4	4	2		2	4	4	4		34				
		Valorización del predio												0													0														0	

Tabla 25. Consolidación de los resultados de la matriz (MVCF)

RESULTADOS DE LA MATRIZ CONESA FERNANDEZ				
ACTIVIDAD	COMPONENTES AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	RANGO DE IMPORTANCIA	CLASE DE EFECTO
Labranza	Aire	Contaminación por material particulado	-23	Compatible
	Suelo	Deterioro de la calidad	-38	Moderado
	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
Plantación de Semillas	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
Caballoneo	Aire	Contaminación por ruido	-26	Moderado
	Aire	Contaminación por material particulado	-26	Moderado
	Suelo	Deterioro de la calidad	-40	Moderado
	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
Riego y drenaje	Agua	Disminución de Caudales	-48	Moderado
	Agua	Deterioro de la calidad	-42	Moderado
	Suelo	Deterioro de la calidad	-42	Moderado
	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
Fertilización	Flora	Proliferación de malezas y plagas	-23	Compatible
	Agua	Deterioro de la calidad	-50	Moderado
	Agua	Eutrofización	-26	Moderado
	Aire	Contaminación por gases	-42	Moderado
	Suelo	Deterioro de la calidad	-30	Moderado
	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
Control de Malezas	Flora	Pérdida de especies	-25	Moderado
	Agua	Deterioro de la calidad	-45	Moderado
	Aire	Contaminación por gases	-47	Moderado
	Aire	Contaminación por malos olores	-39	Moderado
	Aire	Contaminación por material particulado	-39	Moderado
	Suelo	Deterioro de la calidad	-29	Moderado
	Comunidad	Proliferación de enfermedades	-28	Moderado
	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
Control de plagas	Fauna	Pérdida de especies	-25	Moderado
	Agua	Deterioro de la calidad	-45	Moderado
	Aire	Contaminación por gases	-47	Moderado

Tabla 25. Consolidación de los resultados de la matriz (MVCF)

RESULTADOS DE LA MATRIZ CONESA FERNANDEZ				
ACTIVIDAD	COMPONENTES AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	RANGO DE IMPORTANCIA	CLASE DE EFECTO
	Aire	Contaminación por malos olores	-39	Moderado
	Aire	Contaminación por material particulado	-39	Moderado
	Suelo	Deterioro de la calidad	-29	Moderado
	Comunidad	Proliferación de enfermedades	-28	Moderado
	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
Control de enfermedades	Agua	Deterioro de la calidad	-45	Moderado
	Aire	Contaminación por gases	-47	Moderado
	Aire	Contaminación por malos olores	-39	Moderado
	Aire	Contaminación por material particulado	-39	Moderado
	Suelo	Deterioro de la calidad	-29	Moderado
	Comunidad	Proliferación de enfermedades	-28	Moderado
	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
Cosecha	Flora	Perdida de especies	16	Positivo
	Suelo	Deterioro de la calidad	-26	Moderado
	Comunidad	Generación de empleo	34	Positivo
	Comunidad	Valorización del predio	33	Positivo

Teniendo en cuenta los parámetros y rangos establecidos para la evaluación de los impactos ambientales y la calificación de la matriz, se determinó que los impactos identificados previamente en la encuesta, según los rangos establecidos por la metodología MVCF, fueron los de impacto compatible e impacto moderado; A los de impacto compatible se les establecieron un manejo de control y prevención dirigidas a mantener bajo control, evitar y/o reducir las situaciones de riesgos y daños en los

componentes medio-ambientales, a los de impacto moderado, se les plantearon medidas de prevención y mitigación destinadas a la implementación de conjuntos de acciones de atenuación de impactos ambientales negativos que acompañan el desarrollo del cultivo para asegurar el uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente, cabe resaltar que este último impacto fue encontrado en su mayoría.

6.5.3. Medidas de manejo

Tabla 26. Actividades e impactos ambientales que contaminan el componente suelo

COMPONENTE SUELO	
ACTIVIDADES	IMPACTOS AMBIENTALES
Labranza	❖ Deterioro de la calidad del suelo
Caballoneo	❖ Deterioro de la calidad del suelo
Riego y drenaje	❖ Deterioro de la calidad del suelo
Control de malezas, plagas y enfermedades	❖ Deterioro de la calidad del suelo
Fertilización	❖ Deterioro de la calidad del suelo
Cosecha	❖ Deterioro de la calidad del suelo

Tabla 27. Ficha de manejo del componente suelo

FICHA N° 1	PROGRAMA:	 Universidad Surcolombiana
	<u>MANEJO DE LA CALIDAD DEL SUELO</u>	
	<i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i>	
OBJETIVO	Minimizar los efectos negativos causados por la actividad agrícola en función de mejorar la fertilidad y productividad del suelo.	
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	Las medidas a implementar para el componente suelo deben mitigar para minimizar la contaminación por parte de los fertilizantes y agroquímicos, además disminuir la degradación del suelo.	
TIPO DE MEDIDA	PREVENTIVA ()	MITIGACIÓN (X)
	CORRECTIVA ()	COMPENSACIÓN ()
ACCIONES A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> Implementar rotación de cultivos con leguminosas (ABONOS VERDES). 	

Tabla 27. Ficha de manejo del componente suelo

<p>FICHA N° 1</p>	<p>PROGRAMA:</p> <p><u>MANEJO DE LA CALIDAD DEL SUELO</u></p>	 <p>Universidad Surcolombiana</p>
<p><i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i></p>		
<ul style="list-style-type: none"> Fertilizar con base a las necesidades de los nutrientes del cultivo 		
<p>DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES</p>	<p>ABONOS VERDES Y ROTACIÓN DE CULTIVOS</p> <p>Los abonos verdes se definen como cultivos de cobertura. La finalidad es incorporarlos después de un cierto tiempo al suelo y así devolverle los nutrientes absorbidos. Generalmente, se siembran sólo leguminosas o en combinación con cereales, las cuales son cortadas en la época de la floración e incorporadas al suelo. Debido a la fijación de nitrógeno de la atmósfera por las leguminosas, este método enriquece el suelo con nitrógeno y carbono, y también mejora sus propiedades físicas y biológicas, dando como resultado una mejor estructura del suelo. (Brechelt 2004).</p> <p>Según el estudio de la <i>Sesbania Rostrata</i> como fuente alternativa de nutrientes en el cultivo del arroz, (Ugarte, Martínez et al. 2012). Donde se evaluó el efecto del abono verde <i>Sesbania rostrata</i> como cultivo precedente sobre el rendimiento agrícola del arroz, cultivado con dos dosis de fertilizantes minerales (50 y 100% de la dosis N-P-K óptima económica). Adicionalmente, se estudió la contribución del abono verde previamente incorporado al suelo a la nutrición nitrogenada del arroz en macetas y empleando el isótopo ¹⁵N. Los resultados obtenidos indicaron que la incorporación de la <i>Sesbania rostrata</i> posibilita el incremento del rendimiento agrícola de arroz cáscara en al menos 1 Mg ha⁻¹ y el ahorro del 50% de la fertilización mineral empleada durante dos cosechas consecutivas. Los análisis de ¹⁵N mostraron que el abono verde no contribuyó directamente con N al crecimiento de las plantas de arroz, al menos en su primer ciclo, aunque estimuló significativamente la acumulación de N por el cultivo, que siempre presentó similar porcentaje en exceso de ¹⁵N. No obstante, se espera que a medio plazo, el N orgánico derivado de este abono verde restituya al N mineralizado del suelo extraído por el arroz, equilibrando las pérdidas del mismo en el sistema e incluso mejorando la fertilidad nitrogenada del suelo.</p> <p>Por lo cual se propone cultivar la leguminosa <i>Sesbania Rostrata</i> para ser utilizada como abono verde para el cultivo de arroz en un sistema de rotación de cultivos. Como en este sistema las plantas pueden aprovechar mejor los factores de crecimiento y se aprovechan mutuamente (por ejemplo las gramíneas se aprovechan de las leguminosas) por lo general el rendimiento total de la parcela es más alto que en monocultivos. (Brechelt 2004).</p> <p>APLICAR DOSIS REQUERIDAS DE FERTILIZANTES Y AGROQUIMICOS</p> <p>Las normas de fertilización para aplicar en los cultivos agrícolas durante la programación de las cosechas se determinan por los métodos de cálculos o basándose en resultados de los experimentos de campo y también utilizando unos y otros conjuntamente. De los métodos de cálculos, frecuentemente se emplean el método de balance elemental, el cálculo de aumento de cosechas y el método de</p>	

Tabla 27. Ficha de manejo del componente suelo

<p>FICHA N° 1</p>	<p>PROGRAMA:</p> <p><u>MANEJO DE LA CALIDAD DEL SUELO</u></p>	 <p>Universidad Surcolombiana</p>
	<p><i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i></p>	
<p>balance normativo (Yagodin et al., 1986). Para determinar las dosis de N, P₂O₅ y K₂O para cualquier cultivo por el "Método de Balance" es necesario disponer de los elementos que tienen relación directa con la nutrición de las plantas y la toma de nutrientes del suelo. (Yagodin et al., 1986). Esos elementos son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilidad de nutrientes asimilables en el suelo: se puede conocer con el análisis químico correspondiente, realizado con métodos cuyos resultados tengan correlación con la nutrición de las plantas. 2. Rendimiento esperado en el cultivo que se trate: se obtiene conociendo el potencial del cultivo en las condiciones de fitotecnia, variedad, cepa, época de siembra, factores climáticos y tipos de suelo que influyen en el desarrollo de las plantaciones. 3. Índices de extracción de N, P₂O₅ y K₂O para las condiciones específicas de desarrollo y crecimiento del cultivo: se puede tomar de resultados que se hayan obtenido en experimentos de campo realizados en condiciones semejantes a las que se vayan a utilizar. También se pueden obtener de la literatura especializada que brinde información que puede ser aplicable para las condiciones específicas en que se trabaje (Gros, 1966; Jacob y Uexkull, 1967; Yagodin, 1986). 4. Coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes del suelo y los fertilizantes para las condiciones de suelo y ciclo del cultivo: es un indicador que depende del tipo de suelo, de las características del cultivo y su ciclo vegetativo; de las condiciones de fitotecnia, desarrollo de las plantaciones y los factores del clima, así como de los tipos de fertilizantes utilizados y su forma de aplicación. <p>La determinación de las dosis de N, P₂O₅ y K₂O a aplicar estará basada en el Método de Balance (Yagodin, 1986) el cual tiene como principio que las dosis de fertilizantes, necesarias para los cultivos son el complemento de los nutrientes que necesita la planta para dar un rendimiento dado y que el suelo tiene posibilidad de aportar para las condiciones de clima, tipo de suelo y las prácticas de fitotecnia en que se desarrolla el cultivo. La expresión matemática más simple de este principio es:</p> <p style="text-align: center;"><u>NECESIDAD - POSIBILIDAD = ± DOSIS.</u></p> <p>Necesidad: Representa la cantidad de nutrientes que necesita la planta para dar un rendimiento dado en las condiciones en que se desarrolla. Posibilidad: Representa los nutrientes que el suelo puede aportar para esas condiciones. Si el resultado de esta ecuación es positivo (+) entonces la Necesidad será mayor que la Posibilidad y será necesario aplicar fertilizante. Si el resultado es negativo (-)</p>		

Tabla 27. Ficha de manejo del componente suelo

FICHA N° 1	PROGRAMA: <u>MANEJO DE LA CALIDAD DEL SUELO</u>	
	<i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i>	
	<p>entonces, los nutrientes que el suelo puede aportar (Posibilidad), es mayor que la Necesidad para dar el rendimiento propuesto y por lo tanto no es necesario aplicar fertilizante.</p> <p>En el desarrollo de la agricultura la determinación de la Necesidad y la Posibilidad es un tanto compleja, porque en ello intervienen varios factores que es necesario precisar. Para ello la Necesidad y la Posibilidad se pueden llevar a una expresión matemática más compleja y que agrupa a los principales factores que tienen relación con la toma de nutrientes por las plantas y las condiciones del suelo. Esto es:</p> $D = [(100 * R * i) / C] - S$ <p>Donde: D = Dosis de N, P₂O₅ y K₂O en kg.ha⁻¹ R = Rendimiento Esperado en t.ha⁻¹ i = Índices de Extracción de N, P₂O₅ y K₂O en kg.t⁻¹ C = Coeficientes de Aprovechamiento de N, P₂O₅ y K₂O en porcentaje. S = Cantidad de N, P₂O₅ y K₂O disponibles en el suelo en kg.ha⁻¹.</p> <p>Estos valores dependerán fundamentalmente de los métodos analíticos que se utilicen y deben ser los más adecuados para el tipo de suelo y el cultivo. (Calaña-Naranjo 2008)</p>	
TECNOLOGÍAS UTILIZADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Tractor para incorporar el abono verde. • Laboratorio para realizar los debidos análisis para el suelo. 	
LUGAR DE APLICACIÓN	Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, Palermo	
EJECUCIÓN	Labranza, Caballoneo, Riego y Drenaje, Fertilización, Control de Malezas-Plagas – Enfermedades, Cosecha.	
RESPONSABLE	Encargado de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana	

Tabla 28. Actividades e impactos ambientales que contaminan el componente agua

COMPONENTE AGUA	
ACTIVIDADES	IMPACTOS AMBIENTALES
Riego y drenaje	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Disminución de Caudales. ❖ Deterioro de la calidad del agua.
Fertilización	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Deterioro de la calidad del agua. ❖ Eutrofización.
Control de malezas, plagas y enfermedades	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Deterioro de la calidad del agua.

Tabla 29. Ficha de manejo del componente agua

FICHA N° 2	PROGRAMA: <u>MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA</u>		 Universidad Surcolombiana
	GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA		
OBJETIVO	Disminuir la contaminación del agua por parte de los diferentes fertilizantes y agroquímicos utilizados en las plantaciones, además de controlar la cantidad de agua a utilizar en el riego; Con la ayuda de medidas que permitan optimizar su uso en la Granja.		
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	Las medidas a implementar deben evitar y controlar la contaminación a las aguas superficiales, además de mitigar los daños en el medio biótico, abiótico y social.		
TIPO DE MEDIDA	PREVENTIVA (<input type="checkbox"/>)	MITIGACIÓN (<input checked="" type="checkbox"/>)	
	CORRECTIVA (<input type="checkbox"/>)	COMPENSACIÓN (<input type="checkbox"/>)	
ACTIVIDADES A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer recirculación de aguas usadas. • Depurar el agua contaminada por fertilizantes y agroquímicos. • Aplicar las dosis requeridas de fertilizantes y agroquímicos en el cultivo. 		
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	<p>RECIRCULACIÓN DE AGUAS USADAS Reusar el agua que se drena en las plantaciones para disminuir la cantidad de agua desperdiciada, según el proceso del cultivo estas aguas agrícolas pueden ser direccionadas hacia las dos lagunas localizadas en la granja experimental de la universidad sur colombiana, con la ayuda de una motobomba que cumple el papel de impulsar el agua utilizada por la tubería que debe conectar con las lagunas mencionadas para su reutilización en las plantaciones.</p> <p>DEPURAR EL AGUA La fitorremediación, es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, y agua, y puede aplicarse tanto in situ como ex situ. Los resultados finales de la evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua (<i>Poveda and Abigail 2014</i>); Fueron que el Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) y la lenteja de agua (<i>Lemna spp.</i>), son las plantas más promisorias para poner en marcha un proceso de fitorremediación; Para conocer las características de las muestras de aguas residuales se analizó: pH, conductividad eléctrica, Sólidos totales, Sólidos disueltos, sólidos suspendidos, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Grasas y aceites, detergentes, coliformes fecales, color, turbidez, alcalinidad, dureza, nitratos, nitritos y cloruros; durante 3 semanas y mediante graficas comparativas, cuadro de ponderaciones se determinó que las dos especies producían una disminución de 12 parámetros de un total de 15 parámetros analizados, cabe recalcar que en el caso del agua residual industrial el Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>) es la mejor especie, mientras que en el agua residual de uso agrícola las dos especies demuestran resultados similares. (<i>Poveda and Abigail 2014</i>)</p> <p>APLICAR DOSIS REQUERIDAS DE FERTILIZANTES Y</p>		

Tabla 29. Ficha de manejo del componente agua

FICHA N° 2	PROGRAMA: <u>MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA</u>	
	<i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i>	
	AGROQUIMICOS Para el manejo del agua ver la tabla 10 del componente suelo, donde se describen las acciones para minimizar la contaminación causada por los fertilizantes y agroquímicos que generan el deterioro de la calidad de esta, en las actividades de fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades.	
APARATOS TECNOLÓGICOS UTILIZADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Motobomba. • Tubería. • Laboratorio para realizar los debidos análisis para el suelo. 	
LUGAR DE APLICACIÓN	Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, Palermo	
RESPONSABLE	Encargado de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana	

Tabla 30. Actividades e impactos ambientales que contaminan el componente aire

COMPONENTE AIRE	
ACTIVIDADES	IMPACTOS AMBIENTALES
Labranza	❖ Material particulado del suelo.
Caballoneo	❖ Contaminación por ruido. ❖ Material particulado del suelo.
Fertilización	❖ Contaminación por gases.
Control de malezas, plagas y enfermedades	❖ Contaminación por gases. ❖ Material particulado del suelo. ❖ Malos olores.

Tabla 31. Ficha de manejo del componente aire

FICHA N° 3	PROGRAMA:		
	<u>MANEJO DE LA CALIDAD DEL AIRE</u>		
	<i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i>		
OBJETIVO	Minimizar el deterioro de la calidad con la finalidad de que este siga siendo óptimo para ser respirado.		
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	Las medidas a implementar para el componente aire deben mitigar para minimizar la contaminación de material particulado por parte de los fertilizantes y agroquímicos, además disminuir la contaminación por ruido proveniente de la maquinaria.		
TIPO DE MEDIDA	PREVENTIVA (<input type="checkbox"/>)		MITIGACIÓN (<input checked="" type="checkbox"/>)
	CORRECTIVA (<input type="checkbox"/>)		COMPENSACIÓN (<input type="checkbox"/>)
ACCIONES A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> • Rotación de cultivos con leguminosas • Aplicar las dosis requeridas de fertilizantes y agroquímicos en el cultivo. • Reducir el tiempo de uso de las herramientas y equipos ruidosos • Brindar mantenimiento correctivo y preventivo de la maquinaria generadora. • Dotar de equipo de protección personal y capacitar a los trabajadores en la importancia, mantenimiento y obligaciones de su uso 		
DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES	<p>Las acciones a desarrollar para el manejo de la contaminación del aire hacen parte de las realizadas en la ficha de manejo del suelo debido a que la contaminación es causada por los fertilizantes y agroquímicos que generan material particulado y malos olores, además del ruido por el uso de maquinaria para la preparación del terreno y la cosecha, por tanto si se ejecutan de manera satisfactoria las actividades realizadas para mitigar el deterioro del suelo por extensión se mitigarían la contaminación del aire.</p> <p>ABONOS VERDES Y ROTACIÓN DE CULTIVOS Ver la tabla 10 de la ficha de manejo del suelo</p> <p>APLICAR DOSIS REQUERIDAS DE FERTILIZANTES Y AGROQUIMICOS Ver la tabla 10 de la ficha de manejo del suelo</p> <p>REDUCIR EL TIEMPO DE USO DE LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS RUIDOSOS Implementar la rotación de trabajadores en los puestos de trabajo donde estén expuestos a ruidos y/o vibraciones, como en las actividades de caballoneo y cosecha con el uso de tractores. (<i>Portillo, Ribes et al. 2003, DE TRABAJO and LABORALES 2005</i>)</p> <p>REALIZAR A LOS TRABAJADORES EXÁMENES MÉDICOS (AUDIOMETRÍAS Y EXAMEN FÍSICO). Realización de controles médicos de la función auditiva y reconocimientos del sistema musculo esquelético y del cardiovascular, especialmente de la columna</p>		

Tabla 31. Ficha de manejo del componente aire

FICHA N° 3	PROGRAMA: <u>MANEJO DE LA CALIDAD DEL AIRE</u>	
	<i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i>	
	<p>vertebral y de las extremidades superiores. Los controles deben ser periódicos anuales. <i>(Portillo, Ribes et al. 2003)</i>.</p> <p>BRINDAR MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO DE LA MAQUINARIA GENERADORA.</p> <p>La reducción de las vibraciones se puede llevar a cabo con la concatenación de una serie de dispositivos en toda la cadena de transmisión de la vibración; sistema de rodadura, suspensión de chasis, suspensión de la cabina, suspensión de la cabina y del asiento. Todos estos sistemas deberán ser correctamente diseñados y calculados ya que puede darse el caso de amplificación y por tanto efectos perniciosos para el trabajador.</p> <p>En cuanto al ruido, en el motor se pueden implementar silenciadores en los colectores de admisión y escape. Obteniendo mejores resultados que en la maquinas mánales. <i>(Portillo, Ribes et al. 2003)</i>.</p> <p>DOTAR DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL Y CAPACITAR A LOS TRABAJADORES EN LA IMPORTANCIA, MANTENIMIENTO Y OBLIGACIONES DE SU USO</p> <p>Los equipos de protección personal que disminuyen el ruido que reciben los trabajadores provenientes de la maquinaria son tapones y auriculares de ruido. <i>(Portillo, Ribes et al. 2003)</i>.</p>	
EQUIPOS TECNOLÓGICOS UTILIZADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Tractor para incorporar el abono verde. • Laboratorio para realizar los debidos análisis para el suelo. • Contratar un centro de salud que realice exámenes médicos de audiometrías y examen físico. • Contratar empresa para el debido mantenimiento de la maquinaria. 	
LUGAR DE APLICACIÓN	Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, Palermo	
RESPONSABLE	Encargado de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana	

Tabla 32. Actividades e impactos ambientales que contaminan el componente comunidad

COMPONENTE COMUNIDAD	
ACTIVIDADES	IMPACTOS AMBIENTALES
Fertilización, Control de malezas, plagas y enfermedades	❖ Proliferación de enfermedades

Tabla 33. Ficha de manejo del componente comunidad

FICHA N° 4	PROGRAMA:		
	<u>MANEJO DEL COMPONENTE COMUNIDAD</u>		
	<i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i>		
OBJETIVO	Adoptar procedimientos seguros de trabajo que permitan reducir el impacto negativo que tienen para la salud de los trabajadores, consumidores del cereal y el medio ambiente; Al ser expuestos a químicos utilizados en las actividades anteriormente nombradas.		
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	Las medidas deben ser de forma preventiva y correctiva ya que la capacitación debe cumplir la función de informar, el manejo adecuado de los fertilizantes, herbicidas e insecticidas, en los tres tiempos (Antes, Durante y Después).		
TIPO DE MEDIDA	PREVENTIVA (<input checked="" type="checkbox"/>)	MITIGACIÓN ()	
	CORRECTIVA (<input checked="" type="checkbox"/>)	COMPENSACIÓN ()	
ACCIONES A DESARROLLAR	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el equipo de protección personal completo y en buenas condiciones. • Al iniciar y finalizar la temporada de aplicación de plaguicidas, asegurarse de que los equipos estén limpios y con su mantenimiento correspondiente y que no tengan filtraciones. • Leer atentamente el rótulo o etiqueta, cumplir estrictamente las instrucciones y recomendaciones que en él figuren. • No pulverizar en presencia de viento fuerte y en ningún caso se hará contra el viento. • Se recomienda efectuar las aplicaciones en las horas de menos calor, evitando de esta forma la deshidratación de quienes las realicen. • No comer, beber ni fumar durante la aplicación. • Respetar el tiempo que debe transcurrir para reingresar a las zonas pulverizadas • Lavar con agua y jabón las partes del cuerpo que hayan estado expuestas al producto. • Lavar la ropa de trabajo en forma separada de la del grupo familiar. • El equipo utilizado, incluyendo los equipos de protección personal, deberán ser lavados con abundante agua y detergente, asegurándose 		

Tabla 33. Ficha de manejo del componente comunidad

FICHA N° 4	PROGRAMA:	
	<u>MANEJO DEL COMPONENTE COMUNIDAD</u>	
	<i>GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</i>	
	de no contaminar pozos, ríos o depósitos de agua. <ul style="list-style-type: none"> • Tener un botiquín y personal para procedimientos de emergencias. (Jiménez and Fernandez 1983) 	
DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES	Realizar capacitación al personal encargado de cada uno de los procesos que se realizan en la Granja experimental, para el manejo del uso de agroquímicos en el cultivo de arroz, brindando conocimiento acerca de la identificación del riesgo, recomendaciones para la compra, el transporte, almacenamiento, y aplicación de los agroquímicos a utilizar, además del uso de los elementos de protección y primeros auxilios. Para así evitar a futuro afectaciones en salud.	
TECNOLOGÍAS UTILIZADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de protección personal • Botiquín • Aspersores 	
LUGAR DE APLICACIÓN	Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, Palermo	
EJECUCIÓN	Fertilización - Control de Malezas – Plagas - Enfermedades	
RESPONSABLE	Todos los trabajadores que realizan la actividad de fertilización, y control de malezas, plagas y enfermedades, además del encargado de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana	

6.5.4. Programa de capacitación

OBJETIVO:

Capacitar y evaluar a los trabajadores de la importancia de incorporar buenas prácticas agrícolas y el manejo adecuado de agroquímicos para realizar una gestión adecuada de los recursos utilizados en la producción del arroz, lo cual permite la obtención de réditos económicos, sin descuidar la salud y seguridad de los trabajadores ni la calidad del cereal.

ALCANCE:

La presente capacitación aplica a todos los trabajadores de la Granja Experimental de Universidad Surcolombiana que realicen actividades relacionadas a la producción del arroz.

Tabla 34. Módulos de la capacitación

MODULOS DE LA CAPACITACIÓN					
Programas	Temas A Tratar	Objetivo	Materiales de capacitación	Periodicidad	Medio De Verificación
Módulo 1. Gestión de los recursos naturales	<ul style="list-style-type: none">-Manejo adecuado para el recurso hídrico, suelo y aire.-Sistemas y tecnologías para la optimización de los recursos naturales.	Realizar un uso racional de los recursos naturales, así como aplicar, cada vez con mayor frecuencia, medidas especiales dirigidas a la conservación de las condiciones ecológicas en el proceso de producción del arroz.	Medios audiovisuales.	Anual	Registros de asistencia
Módulo 2. Prevención del riesgo en el uso de agroquímicos.	<ul style="list-style-type: none">-Clasificación toxicológica de los agroquímicos (Rombo de seguridad).-Recomendaciones para la compra y el transporte de los agroquímicos.-Enfermedades provocadas por uso inadecuado de agroquímicos.-Vías de entrada al organismo.	Definir e identificar los factores de riesgo a los que se ven enfrentados los trabajadores de acuerdo con las diferentes actividades que desarrollan para determinar las alternativas de control y prevención de los factores de riesgo con el fin de controlarlos.	<ul style="list-style-type: none">-Medios audiovisuales.-Revistas.-Envases de los diferentes productos de agroquímicos.-Elementos de protección personal	Semestral	Registros de asistencia

Tabla 34. Módulos de la capacitación

MODULOS DE LA CAPACITACIÓN					
Programas	Temas A Tratar	Objetivo	Materiales de capacitación	Periodicidad	Medio De Verificación
	-Medios de prevención (Hoja de seguridad del producto). -Elementos de protección personal (EPP). -Medidas preventivas.				

6.5.5. Plan de seguimiento y monitoreo

Mediante el Plan de Monitoreo y Seguimiento se busca alcanzar los objetivos definidos en los programas planteados en el Plan de Manejo Ambiental, lo que permitirá hacer un control de las actividades en pro del mejoramiento. Para ello se evidencian los programas de monitoreo y seguimiento para cada una de las medidas de manejo de los componentes ambientales

Tabla 35. Estructura del programa de seguimiento y monitoreo

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO
MEDIO ABIÓTICO
Programa de seguimiento y monitoreo de la calidad del suelo
Programa de seguimiento y monitoreo de la cantidad y calidad del agua
Programa de seguimiento y monitoreo de la calidad del aire
MEDIO SOCIO-ECONOMICO
Programa de seguimiento y monitoreo del manejo de agroquímicos

Tabla 36. Programa de seguimiento y monitoreo de la calidad del suelo

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL SUELO			
Impactos a monitorear	Deterioro de la calidad del suelo		
Programa del PMA a monitorear	Manejo de la calidad del suelo		
Programas a monitorear	Sitio de medición	Frecuencia de medición	Indicadores a monitorear
Rotación de cultivos con leguminosas (Abonos Verdes)	El sitio de muestreo corresponde a las áreas del cultivo	Anual	(Análisis de suelo realizado / Análisis de suelo programado) * 100
Fertilizar con base a las necesidades de los nutrientes	El sitio de muestreo corresponde a las áreas del cultivo	Anual	(Análisis de fertilización actual / Análisis de fertilización requerido) * 100

Tabla 37 Programa de seguimiento y monitoreo de la cantidad y calidad del agua

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA			
Programas a monitorear	Disminución de Caudales Deterioro de la calidad del agua Eutrofización		
Programa del PMA a monitorear	Manejo de la cantidad y calidad del agua		
Programas a monitorear	Sitio de medición	Frecuencia de medición	Indicadores a monitorear
Recirculación de aguas usadas	El sitio de muestreo corresponde al sitio de salida del drenaje.	Anual	(Cantidad del agua drenada/ Cantidad del agua reutilizada) *100
Depuración de agua contaminada por fertilizantes y agroquímicos	El sitio de muestreo corresponde al efluente de la laguna donde se realiza la depuración.	Anual	(Análisis de agua inicial / Análisis de agua depurado) * 100
Fertilizar con base a las necesidades de los nutrientes.	Ver tabla 17	Ver tabla 17	Ver tabla 17

Tabla 38. Programa de seguimiento y monitoreo de la calidad del aire

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE			
Impactos a monitorear	Contaminación por gases Contaminación por ruido Contaminación por material particulado Contaminación por malos olores		
Programa del PMA a monitorear	Manejo de la calidad del aire		
Programas a monitorear	Sitio de medición	Frecuencia de medición	Indicadores a monitorear
Rotación de cultivos con leguminosas.	Ver tabla 17	Ver tabla 17	Ver tabla 17
Reducir el tiempo de uso de las herramientas y equipos ruidosos.	El sitio de muestreo corresponde a las áreas del cultivo	Anual	(Análisis de ruido realizado / Análisis de ruido programado) * 100
Aplicación de dosis requeridas de fertilizantes y agroquímicos en el cultivo.	Ver tabla 17	Ver tabla 17	Ver tabla 17
Brindar mantenimiento correctivo y preventivo de la maquinaria generadora.	El sitio de muestreo corresponde a las áreas del cultivo	Semestral	(Mantenimientos realizados / Mantenimientos programados) * 100
Realizar a los trabajadores exámenes médicos físicos.	El sitio de recolección de datos corresponde a la Granja Experimental de la USCO	Semestral	(Exámenes físicos realizado / Exámenes físicos programados) * 100 (% de exámenes físicos realizado / % de exámenes físicos programado) * 100
Dotar de equipo de protección personal y capacitar a los trabajadores en la importancia, mantenimiento y obligaciones de su uso	El sitio de recolección de datos corresponde a las áreas del cultivo	Anual	(N° de accidentes laborales al año / Promedio de trabajadores de la empresa) * 100

Tabla 39. Programa de seguimiento y monitoreo del manejo de agroquímicos

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL MANEJO DE AGROQUIMICOS			
Impactos a monitorear	Proliferación de enfermedades		
Programa del PMA a monitorear	Manejo de agroquímicos		
Programas a monitorear	Sitio de medición	Frecuencia de medición	Indicadores a monitorear
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el equipo de protección personal completo y en buenas condiciones. • Al iniciar y finalizar la temporada de aplicación de plaguicidas, asegurarse de que los equipos estén limpios y con su mantenimiento correspondiente y que no tengan filtraciones. • Leer atentamente el rótulo o etiqueta, cumplir estrictamente las instrucciones y recomendaciones que en él figuren. • No pulverizar en presencia de viento fuerte y en ningún caso se hará contra el viento. • Se recomienda efectuar las aplicaciones en las horas de menos calor, evitando de esta forma la deshidratación de quienes las realicen. • No comer, beber ni fumar durante la aplicación. • Respetar el tiempo que debe transcurrir para reingresar a las zonas 	Granja experimental de la USCO	Anual	<p>(Análisis de los exámenes físicos realizados / Análisis de los exámenes físicos programado) * 100</p> <p>(Programas de capacitación realizados / Programas de capacitación programados) * 100</p>

Tabla 39. Programa de seguimiento y monitoreo del manejo de agroquímicos

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL MANEJO DE AGROQUIMICOS			
<p>pulverizadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua y jabón las partes del cuerpo que hayan estado expuestas al producto. • Lavar la ropa de trabajo en forma separada de la del grupo familiar. • El equipo utilizado, incluyendo los equipos de protección personal, deberán ser lavados con abundante agua y detergente, asegurándose de no contaminar pozos, ríos o depósitos de agua. • Tener un botiquín y personal para procedimientos de emergencias. 			

7. CONCLUSIONES

Los suelos son de textura arenoso – franco, medianamente ácidos, con muy bajos contenidos de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de bases, bajos contenido de fósforo, zinc y cobre, lo que determina una baja fertilidad del suelo. Además posee escasa capacidad de retención de agua, buena aireación y buen drenaje natural, permaneciendo con temperaturas altas durante el año. Para el plan de cultivos a implementar debe de considerarse la aplicación de abonos orgánicos minerales con el fin de suplir las deficiencias nutricionales y mejorar las características físicas y químicas relacionadas con retención de agua y nutrientes para las plantas.

Las aguas utilizadas en el beneficio del cultivo del arroz procedentes del canal 4C del distrito de Riego el Juncal, según la clasificación de aguas para riego, de manera general son aptas sin restricción alguna para el riego de todos los cultivos.

Los modelos de regresión aplicados a las variables del suelo estudiadas mediante análisis multivariado muestran asociaciones entre el fosforo y el zinc, las bases totales y el calcio, el PSI y el sodio, la saturación de bases y el potasio, el azufre y el boro, las arcillas y el magnesio, y la porosidad total con la densidad aparente del suelo. Se establecen modelos matemáticos que permiten determinar algunas variables a partir de otras, siendo válidas exclusivamente para los suelos de la granja experimental Universidad Surcolombiana.

El 7.7% de los suelos evaluados en la granja experimental de la Universidad Surcolombiana son fuertemente ácidos y el 15.4% de los suelos presentan moderada sodicidad y ligera salinidad. El suelo se califica de baja calidad, ya que los parámetros de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y porosidad total son muy bajos, limitando la productividad del cultivo.

El plan de manejo ambiental identifica las actividades en cada uno de los componentes ambientales que deben ser intervenidas ya que generan impactos negativos en el cultivo. El componente suelo identifica las actividades labranza, caballoneo, riego y drenaje, control de malezas, plagas y enfermedades, fertilización y cosecha; en el componente aire son las actividades de labranza, caballoneo, fertilización y control de malezas, plagas y enfermedades; en el componente agua son las actividades de riego y drenaje, fertilización y control de malezas, plagas y enfermedades; por último en el componente comunidad, las actividades que representan riesgo para la población son: fertilización y control de malezas, plagas y enfermedades.

8. RECOMENDACIONES

Se deben aplicar ligeros correctivos al suelo mediante la incorporación de enmiendas químicas o correctivos para su reacción en el suelo y desplazar los elementos que provocan toxicidad a las plantas o que provocan deficiencia de otros nutrientes, para lo cual se recomienda el uso de los materiales minerales originarios de la región como son la cal dolomita, la cal agrícola o la roca fosfórica. Se hace necesario un plan de encalado de conservación, ya que los suelos en su mayoría son medianamente ácidos.

Se recomienda incrementar el porcentaje de materia orgánica mediante la incorporación de los residuos que dejan los cultivos, esto contribuye a mejorar la condición del suelo y el rendimiento de los cultivos. Las cantidades de materia orgánica recomendada anualmente son del orden de 6 ton/ha-año.

Como los suelos son bajos en fósforo, se recomienda dar en presiembra temprana un abonado de fondo con abonos hiposolubles, que son más baratos, y completar durante la vegetación del cultivo, en cobertera con abonos solubles. La aplicación del fósforo se hará con tanta mayor antelación a la siembra cuanto menor sea la solubilidad del abono utilizado.

Se deben implementar mejores prácticas agrícolas en los cultivos de arroz presentados en la granja ya que con el plan de manejo ambiental se pone en evidencia lo

realizado en la actualidad, por tanto se deben hacer efectivas las medidas propuestas en el documento implementado las fichas de manejo, el programa de capacitación y el plan de seguimiento y monitoreo para la adecuada conservación de los recursos suelo, agua y aire.

9. ANEXOS

Determinación De La Calidad Del Suelo

Determinación de la calidad del suelo realizado por el autor

Parámetros	Clasificación	Calificación
pH	Medianamente Acido	+/-
CE	No Salino	+
MO	Muy Bajo	-
CIC	Bajo	-
Textura	Arenoso Franco	+
Porosidad	Muy Baja	-
Calidad del suelo	Baja	

Se determina según la tabla que la calidad del suelo de la granja de la USCO es de calidad baja debido a la relación positiva vs negativa de cada uno de los parámetros que determinan la misma.

Matriz Vincent Conesa Fernandez

Ecuación N° 8

$$(I= +/- [3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC])$$

Según la (Alcaldía Mayor de Bogotá) Los parámetros evaluados por la metodología anteriormente nombrada son:

Naturaleza (N)

Orden del impacto generado en carácter positivo o negativo.

Extensión (EX)

Área de influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto.

Puntual: 1
Local: 2
Extenso: 4
Total: 8
Critico:(+4)

Intensidad (I)

Representa la incidencia de la acción causal sobre el factor impactado en el área en la que se produce el efecto.

Baja: 1
Media: 2
Alta: 4
Muy alta: 8
Total: 12

Momento (MO)

El plazo de manifestación del impacto se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el medio considerado.

Largo plazo: 1
Mediano plazo: 2
Corto plazo: 4
Inmediato: 4
Critico:(+4)

Persistencia (PE) Permanencia del efecto

Tiempo de permanencia del efecto desde la aparición, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctivas.

Fugaz: 1
Temporal: 2
Permanente: 4

Reversibilidad (RV)

Posibilidad de construcción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.

Corto Plazo: 1
Mediano Plazo: 2
Irreversible: 4

Sinergia (SI)

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que habría de esperar de la manifestación de los efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente.

Sin sinergismo: 1
Sinérgico: 2
Muy Sinérgico: 4

Acumulación (AC)

Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Simple: 1

Acumulativo: 4

Efecto (EF)

Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Indirecto (secundario):1

Directo: 4

Periodicidad (PR)

Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente.

Discontinuo: 1

Periódico: 2

Continuo: 4

Recuperabilidad (MC)

Es la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana y las medidas correctivas.

Recuperable de manera inmediata: 1

Recuperable a mediano plazo: 2

Mitigable: 4

Irrecuperable: 8

A continuación se manifiestan los rangos establecidos por el autor de la metodología, para estipular los valores de importancia en donde se ubica el impacto.

CONVENCIONES	
IMPACTOS NEGATIVOS	
COMPATIBLE	Menor igual a -25
MODERADO	Entre -26 y Menor-50
CRÍTICOS	Entre -51 y -75
SEVEROS	Mayor a 76

Fuente: (Alcaldía Mayor de Bogotá)

Impacto compatible. Impactos con calificación de importancia menor igual a 25 unidades de calificación. Son generalmente puntuales, de baja intensidad reversibles en el corto plazo. El manejo recomendado es control y prevención.

Impacto moderado. Impactos con calificación de importancia entre 26 y menor a 50 unidades de calificación. Son impactos generalmente de intensidad media o alta, reversibles en el mediano plazo y recuperable en el mismo plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención y mitigación.

Impacto crítico. Impactos con calificación de importancia entre 51 a 75 unidades de calificación. Son generalmente de intensidad alta o muy alta, persistentes, reversibles en el mediano plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención, mitigación y hasta compensación.

Impacto severo. Impactos con calificación de importancia entre mayor a 76 unidades de calificación. Son generalmente de intensidad muy alta o total, extensión local e irreversibles (mayor a 10 años). Para su manejo se requieren medidas de control, prevención, mitigación y hasta compensación.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, F. P., Arias, J. S., Fernandez, R. O., Fernandez, P. G., & Serrano, R. E. (2006). *Agronomic implications of the supply of lime and gypsum by-products to paleixerults from western Spain. Soil science, 171, 65-81.*
- Ángel, S. E. (2010). *Gestión ambiental en proyectos de desarrollo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.*
- Aparicio, V. C., Barbacone, A., & Costa, J. L. (2014). *Efecto de la calidad de agua para riego complementario sobre algunas propiedades químicas edáficas. Ciencia del suelo, 32, 94-104.*
- Astier, M., Mass-Moreno, M., & Etchevers, B. J. (2002). *Derivacion de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Agrociencia, 36, 605.*
- Baccaro, K., Degorgue, M., Lucca, M., Picone, L., Zamuner, E., & Andreoli, Y. (2006). *Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturion horticola de Mar del Plata. Argentina, INTA.*
- Bonet Perez, C. & Ricardo Calzadilla, M. P. (2011). *Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agricolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas. Revista Ciencias Tecnicas Agropecuarias, 20, 19-23.*
- Blum, Weh & A. A. Santelises. *A concept of sustainability and resilience based on soil functions. Pp. 535-542. In: DJ Greenland & I Szboles (ed.). Soil Resilience and Sustainable Land use CAB Int., Wallingford, Oxon, UK. 1994.*
- Brechelt, A. (2004). *"Manejo ecológico del suelo." Fundación Agricultura y Medio Ambiente. Red de acción de Plaguicidas y sus alternativas para América Latina.*
- Burbano, Hernán. *Ciencia del Suelo.*

- Principios Básicos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 2010.*
- Caceres C. Eduardo y J. W Castañeda.*
Agricultura de precisión: variabilidad espacial de propiedades edáficas en un aridic lithic ustorthents de la granja experimental Universidad Surcolombiana. 2014. 71p.
- Calaña-Naranjo, J. M. (2008).*
Comparación de dos métodos de cálculo para la determinación de las dosis de N, P₂O₅ y K₂O a aplicar en la fertilización del cultivo de la caña de azúcar (Saccharum sp.), Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- CAM. (2014).*
Plan de cambio climático huila 2050. Neiva: gente nueva sas.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998).*
Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological applications, 8, 559-568.
- Cumming, J. R. & Ning, J. (2003).*
Arbuscular mycorrhizal fungi enhance aluminium resistance of broomsedge (Andropogon virginicus L.). Journal of experimental botany, 54, 1447-1459.
- De Trabajo, E. D. P. And P. D. R. Y. E. Laborales (2005).*
"Serie Técnica: Seguridad Y Salud Ocupacional En La Agricultura."
- Doran, JW & MR Zeiss.*
Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. Appl. Soil Ecol. 15: 3-11. 2000.
- Doran, JW; M Sarrantonio & MA Liebig.*
Soil Health and sustainability. Pp.1-54. In: LD Sparks (ed.). Advances in Agronomy, Vol 56. Academic Press Inc. San Diego CA. 1996.
- Doran, JW & TB Parkin.*

- Quantitative indicators of soil Quality: a minimum data set. Pp. 25-37. In: Methods for assessing Soil Quality, SSSA Special Publication N° 49, Wisconsin, USA.1996.*
- Etchevers, J., Fisher, R., Vidal, I., Sayre, K., Sandoval, M., Oleshko, K. et al. (2000).
Labranza de conservacion, indices de calidad del suelo y captura de carbono. In.*
- Fernández-Vítora, V. C. (2009). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Mundi-Prensa Libros.*
- Gomez, G. C. (12 de 08 de 2008). ECOPORTAL.NET.
Obtenido de : <http://www.ecopotal.net/Temasespeciales/comntaminacion>*
- Gomez, M. I. & Castro, H. (2004).
Parametros de formacion e identificacion in situ de suelos sulfatados acidos (SSA) continentales en el Distrito de riego del Alto Chicamocha. Informe tecnico.Proyecto Colciencias, UPTC y GISSAT, Tunja.*
- Gomez-Paccard, C., Mariscal-Sancho, I., Leon, P., Benito, M., Gonzalez, P., Ordoñez, R. et al. (2013).
Ca-amendment and tillage: medium term synergies for improving key soil properties of acid soils. Soil and Tillage Research, 134, 195-206.*
- Guerrero B., Enrique y Rivas A, Jorge L.
Determinación del índice de erodabilidad K en los suelos de la granja de “La Universidad” de la cuenca alta del río Magdalena. Neiva, 1988, 100 Pág. Tesis (Ingeniero Agrícola). Universidad Surcolombiana. Facultad de ingeniería. Programa Agrícola.*
- Hartemink, A. E. (1998).
Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugar cane in Papua New Guinea. Geoderma, 85, 283-306.*
- Haynes, R. J. & Naidu, R. (1998).
Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 51, 123-137.*

- Jaramillo, Daniel Francisco,*
Estudio detallado del lote "La Universidad". Universidad Surcolombiana,
Facultad de Ingeniería, Neiva – Colombia, 1983, 35 Pág
- Jiménez, G. and F. Fernandez (1983).*
Manual técnico para uso y manejo de agroquímicos, Colegio de Ingenieros
Agronomos, San Jose (Costa Rica).
- Karlen, DL; MJ Mausbach;*
JW Doran; RC Cline; RF Harris & GE Schuman. Soil Quality; concept, rationale
and Research Needs. Soil Science Society of America, Committee. 1996.
- Magdalena, C. A. (2014).*
Análisis de vulnerabilidad al cambio climático. Neiva
- Nongkran, M. A. N. E., Rosamalin, N. R., Bunjerdluk, J. I. N. T., Jumpol, Y. U. V. A., &*
Charoen, C. H. A. R. (2002).
Application of lime and NPK fertilizer for chilli on Rangsit soil series-very acid
phase. In Citeseer.
- Olaya, Diego F.*
Variabilidad espacial para la adecuación de tierras con riego superficial en la
granja La Universidad Distrito Juncal- municipio de Palermo. Neiva:
Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. Programa Ingeniería
Agrícola, 2007. 110.
- Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B., & Meyer, R. E. (1992).*
Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture.
American Journal of Alternative Agriculture, 7, 5-11
- Portillo, J. V., et al. (2003).*
"Evaluación del ruido y las vibraciones en la maquinaria." Vida rural(165): 74-
78.
- Poveda, O. and R. Abigail (2014).*
"Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales
industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia
de Tungurahua.

- Rojas Acevedo, r. l. (2010).
Colombia unida frente a un gran desastre. revista arroz - vol 58 No. 489, 52.
- Rojas Y., Anaconda P. Y.
Clasificación taxonómica de suelos de la Granja "La Universidad" con fines de riego y drenaje. Trabajo de grado Programa de Ingeniería agrícola. Universidad Surcolombiana. Neiva. 1996
- Rosicky, M. A., Sullivan, L. A., Slavich, P. G., & Hughes, M. (2004).
Factors contributing to the acid sulfate soil scalding process in the coastal floodplains of New South Wales, Australia. Soil Research, 42, 587-594.
- (SAG), S. D. (2003).
Manual técnico para el cultivo de arroz. Comayagua, honduras.
- Sanchis Jimenez, e. (2014).
Emisiones de gases en el cultivo del arroz: efecto de la gestión de la paja . Valencia
- Torrente, Armando y Valenzuela, Ibonne.
Capítulo sobre Física de Suelos. En Ciencia del Suelo, Principios Básicos. Bogotá. Editor: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2010. 65 p.
- Torrente, Armando y Pichot José del T.
Caracterización físico-química y mineralógica de suelos con destino al pedolarium del departamento del Huila. Vicerrectoría de investigación y Proyección Social, Universidad Surcolombiana. Neiva. 2009.
- Ugarte, O. M., et al. (2012).
"La Sesbania Rostrata como fuente alternativa de nutrientes en el cultivo del arroz." Spanish Journal of Soil Science 2(3): 57-62.
- Universidad Nacional Abierta Y A Distancia. (S.F.).
Obtenido de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358023/Material_en_linea
- USDA-NRCS. Soil Quality Test Kit.
SECTION II: Background & Interpretive Guide for Individual Tests. Washington DC: Soil Quality Institute. 1999

Warkentin, B.P.

Overview of soil quality indicators. Pp. 1-13. In: GM Cohen & HS Vanderpluym (eds.). Proc. Soil Quality Assessment for the Prairies, Agric. Canada, Edmonton. 1996.