

INFORME DE DIAGNÓSTICO DEL PLAN MAESTRO DEL PREDIO UBICADO EN LA VEREDA TAPARALES.

Comité Directivo Proantioquia

Proyecto “Taparales”

Presentado por:



Entregado a:



Lugar de ejecución: Vereda Taparales, Municipio de Dabeiba, subregión Occidente de Antioquía.

Presentado a: ARN + PROANTIOQUIA

Periodo: 23 de junio – 23 de septiembre.

Medellín.

2020.

Tabla de contenido.

INDICE DE TABLAS

RESUMEN EJECUTIVO.....	5
GENERALIDADES.....	6
ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	6
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO.....	8
Objetivo General:	8
Objetivos Específicos:	8
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	9
Figura 1. Drone Sokkia GRX2 doble frecuencia.....	10
LOCALIZACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO.....	10
Localización general.	10
Figura 2. Presentación ortofotográfica del predio.....	10
Ecosistema.	11
ESTABLECIMIENTO DE LA FINCA.....	11
ESTUDIOS REALIZADOS PARA ESTABLECER PROPIEDADES DEL SUELO.....	11
Análisis de las propiedades físicas de suelo Método de Calicatas.....	11
Figura 3. Actividades de reconocimiento geotécnico de una superficie de 1m x 1m x 1m.....	12
INTERPRETACIÓN CALICATAS.....	12
Gráfico 1. Tipos de relieve.....	51
Gráfico 2. Rastro antropogénico en las diferentes áreas.....	51
Gráfico 3. Presencia rocosa en las muestras.....	52
Gráfico 4. Tipo de estructura presente en el suelo.....	52
Gráfico 5. Consistencia del suelo.....	53
Gráfico 6. Humedad presente en el suelo.....	54
Gráfico 7. Microorganismos presentes en las muestras.....	55
Método Pozos de Observación	55
Figura 4. Construcción de pozos de observación.....	55
Tabla 1. Resultados de los diferentes pozos de observación del predio.....	55
Análisis de infiltración	56
Método de doble anillo	56

Figura 5. Montaje para determinar las características de la infiltración en el suelo mediante infiltrómetro de doble anillo.	57
Tabla 2. Resultados de las diferentes infiltraciones del predio.	57
Tabla 3. Clasificación de la velocidad de infiltración.....	58
Tabla 4. Clases texturales.....	59
Recomendaciones del Riego	59
Tabla 5. Efectos de las actividades agrícolas sobre el suelo.	60
Tabla 6. Observaciones según el tipo de cultivo.	62
DRENAJE	62
Tabla 7. Profundidad radicular según el cultivo.....	63
Figura 6. Tipo de dren subsuperficial	64
Figura 7. Tipo de dren superficial.....	64
Tabla 8. Comparativo de los beneficios de un buen drenaje.....	64
Análisis fisicoquímico del suelo	64
Método de Muestras de suelo	65
Figura 8. Recolección de muestras de suelo, empaque y rotulado.	65
Figura 9. Puntos para la muestra de suelos en la ortofoto del predio en las zonas de producción agropecuaria.	66
Interpretación de los resultados	66
Tabla 9. interpretación de análisis de suelos (Molina y Mendez 2020).....	67
Tabla 10. interpretación de análisis de metales pesados (Icontec, 2011)	67
Tabla 11. Clasificación de los suelos con base en su CEE y el efecto general sobre los cultivos.	67
Tabla 12. Clasificación de densidades aparentes requeridas, de acuerdo con las texturas de los suelos	68
Tabla 13. de resultados e interpretación de los análisis.	69
Tabla 14. Lote # 1 Potreros 10.15 hectáreas.....	70
Tabla 15. Relación de minerales.	71
Tabla 16. Contenido de metales pesados.	73
Tabla 17. Lote # 2 Seguridad Alimentaria de 5.07 hectáreas.....	73
Tabla 18. Relación de minerales.	74
Tabla 19. Contenido de metales pesados.	76
Tabla 20. Lote # 3 de 18.21 hectáreas	76
Tabla 21. Relación de minerales.	77
Tabla 22. Contenido de metales pesados.	79

Tabla 23. Lote # 4 de 32 hectáreas.	79
Tabla 24. Relación de minerales.	80
Tabla 25. Contenido de metales pesados.	82
Tabla 26. Lote # 5 de 14 hectáreas	82
Tabla 27. Relación de minerales.	83
Tabla 28. Contenido de metales pesados.	85
Tabla 29. Lote # 6 de 4.7 hectáreas	85
Tabla 30. Relación de minerales.	86
Tabla 31. Contenido de metales pesados.	88
Tabla 32. Lote # 7 de 11.28 hectáreas	88
Tabla 33. Relación de minerales.	89
Tabla 34. Contenido de metales pesados.	91
Tabla 35. Lote # 8 de 16 hectáreas	91
Tabla 36. Relación de minerales.	92
Tabla 37. Contenido de metales pesados.	94
Tabla 38. Lote # 9 de 5.62 hectáreas	94
Tabla 39. Relación de minerales.	96
Tabla 40. Contenido de metales pesados	98
ANÁLISIS DE AGUAS.	98
<i>Tabla 41.</i> Quebradas presentes en el predio.	98
Figura 10. Recorrido por las 8 quebradas para el reconocimiento y marcación por Sistema Global de Posicionamiento (GPS).	98
Figura 11. Ortofoto de afluentes del predio al Río Sucio.	99
NORMATIVA GUBERNAMENTAL.	100
<i>Tabla 42.</i> Características físicas.	101
Tabla 43. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana... 101	101
<i>Tabla 44.</i> Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana..... 102	102
Tabla 45. Características microbiológicas.	103
Tabla 46. Resultados microbiológicos de los análisis de laboratorio de los diferentes afluentes presentes en el predio, las muestras se recolectaron el 28 de agosto de 2020.	106
Tabla 47. Resultados de pruebas fisicoquímicas para las quebradas del, El Zarro, El puente, La mina y La Rica. (Laboratorio Omniambiente SAS).	108
Tabla 48. Resultados de pruebas fisicoquímicas para las quebradas de: Tercer Camino, Zarzal, La Guabina y Taparales. (Laboratorio Omniambiente SAS).	109

Tabla 49. Valor de pH (Potencial de Hidrogenión) para las quebradas del predio	110
Tabla 50. Nivel de Dureza para aguas analizadas	111
Tabla 51. Resultados de pruebas fisicoquímicas para las quebradas del, El Zarro, El puente, La mina y La Rica. (Laboratorio Omniambiente SAS).	112
Tabla 52. Resultados de pruebas fisicoquímicas para las quebradas de: Tercer Camino, Zarzal, La Guabina y Taparales. (Laboratorio Omniambiente SAS).....	113
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFIA.....	117

RESUMEN EJECUTIVO

El Proyecto “Taparales” que se desarrollará en el predio de 270 hectáreas, establecerá una finca demostrativa agroecológica que suministrará una importante cantidad de productos frescos para las familias y otros residentes de la comunidad sustentable, además de llevar a cabo un Proyecto Agro Ecoturístico y proyectos agroindustriales de importancia económica y que generen la sostenibilidad del predio.

El aspecto de ecoturismo del proyecto se dirige a visitantes que deseen recorrer un bosque primario alojándose rodeado de una belleza natural mientras adquieren conocimientos y experiencia en prácticas agrícolas y de vida sostenible. También considera la conservación de los recursos naturales creando una reserva privada para proteger la biodiversidad local y un programa de reforestación con especies nativas de la región. El concepto también integra oportunidades de formación en prácticas ambientales, energías alternativas y modelos de sostenibilidad de producción con acceso a estudiantes e investigadores a través de proyectos científicos. Asimismo, los visitantes tendrán la oportunidad de relacionarse con las comunidades circundantes a través de programas de responsabilidad social que les permitan conocer las características naturales, culturales y sociales de la región de Dabeiba.

El diagnóstico presentado está dirigido a implementar sistemas productivos que permitan la comercialización y la obtención de recursos para la comunidad, además de cultivos que permitan la seguridad alimentaria de las personas que habitan la localidad. Esta localidad cuenta con recursos limitados que pueden ser solventados mediante este tipo de proyectos. Que contarán con cadenas comerciales reconocidas que permitirán un enlace directo con el productor y la compra de sus productos, además de generar junto a ellos un plan de comercialización a largo plazo con precios mucho mejores a los que se dan comercialmente de los productos hoy en día.

Durante las visitas realizadas a la localidad, se realizaron múltiples pruebas que permiten la toma de decisiones efectivas y confiables, con el fin de establecer los cultivos más eficientes para el tipo de condiciones con las que contamos, diferentes a condiciones climáticas. Las condiciones edáficas e hídricas son dos condiciones que en cualquier proyecto productivo deben de ser tomadas en cuenta, ya que estas pueden ser factores limitantes en la productividad de los sistemas que se establecerán. De esta forma el diagnóstico presentado a continuación maneja ítems que permitan aclarar y optar por los pasos a seguir en cada una de las áreas evaluadas en temas como laboreo del terreno,

acondicionamiento del suelo, manejo de aguas, nutrición edáfica y foliar de las plantas, cultivos óptimos y por último el aprovechamiento del recurso obtenido.

GENERALIDADES

“El municipio de Dabeiba comprende un área de 1883 km² con pendientes suaves y moderadas en algunos sectores próximos a la vía al mar, y pendientes fuertes en los sectores noroccidentales. Se reparte en 4 corregimientos, 84 veredas y 30 asentamientos indígenas, y el casco urbano con 14 barrios. Su cabecera municipal tiene una altitud de 465 msnm y una temperatura promedio de 27 °C. Dabeiba limita por el norte con los municipios de Ituango y Mutatá, por el oriente con los municipios de Peque y Uramita, por el sur con el municipio de Frontino y por el occidente con el municipio de Murindó y el departamento del Chocó”. (Corpuraba;2019)¹

El predio cuenta con acceso a través de una vía en regular estado, de aproximadamente 2.5km de longitud, además está ubicado en la zona de vida Bosque muy húmedo tropical. Este predio cuenta con varias fuentes hídricas resaltando las quebradas La Guabina, Taparales, El Sarro, Zabaleta, Piedras Blancas y Rio sucio. Este predio no ha sido trabajado por más de 30 años, por lo que se presentan rastrojos altos y bajos. Su promedio anual de lluvias es de 4.000 a 8.000mm. El predio cuenta con una gran diversidad biológica de bosque primario, cultivos de maíz, yuca, plátano, arroz, caucho y áreas con potreros.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La visión de los nuevos propietarios es reactivar la finca de manera sostenible integrando las infraestructuras existentes con nuevos proyectos que permitan la implementación de unidades integradas de producción demostrativas para la región. Este predio será un modelo de agricultura sostenible de 270 Ha de tierras agrícolas combinadas, en producción agropecuarias, turismo y silvicultura protegida que permitirá a los visitantes tener una experiencia única realizando diversas aventuras naturales y entrando en contacto con la cultura local, aumentando su comprensión de los problemas ambientales y estilos de vida sostenibles.

Según Corpouraba, 2019. La finca objeto del estudio fue utilizada por más de 30 años como área para la producción de ganadería extensiva de manera convencional, en un área aproximada de 80 Ha de pasturas, además de las actividades mineras, para la extracción de metales como el oro, que se realizaban de manera artesanal y/o con maquinaria pesada. Dentro de las actividades agrícolas, algunas zonas de la finca se dedicaban a la producción de plátano, heliconias, murrapos, maíz, yuca y limón mandarina en un área aproximado de 70 Ha.

Por otro lado, hay personas que no hacen parte de los dueños del predio pero que se usufructúan de diferentes sistemas agropecuarios en un área aproximada de una hectárea con cultivos como: yuca, plátano, cacao y maíz bajo un sistema de subsistencia, igualmente se tienen producciones de especies, en otra hectárea aproximadamente, de yamu, tilapia

¹Corpouraba; 2009. Zonificación De Amenazas Y Riesgos De Origen Natural Y Antrópico Del Área Urbana Del Municipio De Dabeiba Como Herramienta Fundamental En La Planificación Del Territorio. Urabá, Antioquia.

nilótica y roja, además de ganado vacuno. Por último, se encuentra un área que son servidumbres de paso y asentamientos de comunidades invasoras (posesión).

Cabe resaltar, que el manejo convencional, extractivista, agotó los recursos del suelo, generando un desbalance nutricional limitante, afectando las futuras y actuales producciones de los cultivos que quedan. La conservación del medio ambiente, el manejo racional de los recursos naturales y un nuevo enfoque de la producción agropecuaria, buscan la sostenibilidad de cada sistema en el mediano y largo plazo, representando los desafíos más importantes a nivel mundial. (Kaimowitz, D., Trigo, E., Flores, R., 1991).

Según (Polanco Puerta M, 2007) Se entiende por labranza a todas aquellas actividades que se llevan a cabo directamente al terreno con el propósito de adecuar el suelo para la siembra de las semillas (sexual o asexual), proporcionando las condiciones óptimas para su germinación, crecimiento, nutrición y producción.

Son muchos los perjuicios que se pueden causar al suelo cuando se manejan de manera inadecuada, fenómenos como la compactación, pérdida de la estructura, pie de arado, erosión, entre otros, se pueden presentar cuando el agricultor no tiene en cuenta a la hora de labrar el suelo, factores como: el contenido de humedad en el suelo, textura del suelo, estructura, pendiente, cultivo, etc.

Como parte de la estrategia del desarrollo del proyecto productivo, la incorporación de maquinaria a las labores agrícolas debe obedecer a un perfecto conocimiento de las verdaderas necesidades tecnológicas que requieren cada uno de los diferentes tipo de lotes, como del sistema o sistemas de producción que emplea, para que la selección y operación de las maquinas, equipos y herramientas sea la más adecuada, permitiendo la realización de las labores en los plazos y tiempos estipulados, obteniendo de esta manera los máximos rendimientos económicos en el predio.

La Materia Orgánica constituye un componente fundamental de los suelos, además de ser la principal fuente de nutrientes para las plantas, influye directamente en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y es precisamente el balance de materia orgánica en el suelo, en sistemas agrícolas, la que resulta directamente afectado por el sistema de labranza empleado, es por esto que, se proponen estrategias de mecanización sostenible para el proyecto productivo de la cooperativa Agroprogreso.

Labranza Primaria: Como su nombre lo indica es aquel sistema en que se realizan toda las labores primarias o iniciales en la preparación de un terreno, como son: el desmonte, el retiro de cepas, raíces, piedras de gran tamaño, troncos, aradas profundas, volteo del terreno, primeras rastrilladas y nivelación del terreno. Esta fase de la preparación del terreno es en la que se realizan las mayores labores sobre el suelo y tiene como fin, reducir la resistencia del suelo, retirar el material vegetal grande y redistribuir los agregados del suelo.

Labranza Secundaria: Son el conjunto de labores que se realizan con el propósito de perfeccionar el trabajo realizado en la labranza primaria, destruyendo los terrones grandes, pulir la capa superficial para lograr un adecuada nivelación de la superficie y refinar las condiciones del suelo antes de sembrar; estas actividades se realizan una vez se ha realizado la labranza primaria; la preparación de la cama dependerá del tamaño de la

semillas, siendo más fina en las capas superiores para las semillas pequeñas y más gruesa y profunda para semillas grandes.

Este tipo de labranza para preparación de los lotes de siembra y uso de maquinaria agrícola para la planificación de canales de drenaje es primordial realizarla para optimizar tiempo, recursos y obtener los mejores resultados productivos. Así mismo la instalación de sistemas de riego que provean las necesidades hídricas de las diferentes especies dispuestas en el lote.

INTRODUCCIÓN.

Este plan maestro del predio se realizó con la intención de diagnosticar el predio que cuenta con un área de 270 ha en los componentes técnicos, con temas como el suelo, el agua, además la parte forestal y socioeconómica con la que cuenta la región. Con el objetivo de proponer diferentes sistemas productivos y el aprovechamiento de los recursos naturales, respetando el querer hacer de los cooperantes de Agroprogreso, generando garantías de sostenibilidad y evitando impactar negativamente las comunidades aledañas.

Con este plan maestro y su diagnóstico se propone establecer sistemas productivos que sean eficientes, rentables y sostenibles, que cumplan con el objetivo de suscitar la sustentabilidad económica y la seguridad alimentaria a los excombatientes de las FARC a través de la cooperativa AGROPROGRESO.

A partir de un análisis e interpretación edafoclimático, de aguas y forestal se realizará su respectiva interpretación para de esta forma proponer sistemas productivos que sean sostenibles y sustentables, además de general actividades ocupacionales para los firmantes del acuerdo de paz dentro de los sistemas que generen empleo en pro de la reincorporación. Fomentar la protección de fauna, flora, bosque primario y a su vez potencializar los sistemas productivos acorde a las condiciones encontradas en los análisis.

OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO.

Objetivo General:

- Establecer un modelo productivo integrado en el predio ubicado en la vereda Taparales, occidente antioqueño, que permita integrar las necesidades de producción de alimentos de la comunidad, el potencial agropecuario de la finca y las actividades socioculturales de la región, con un enfoque agroempresarial bajo principios de sostenibilidad productiva.

Objetivos Específicos:

- Realizar un diagnóstico que permita interpretar estudios detallados de las características del suelo y agua bajo parámetros fisicoquímicos.
- Recolectar información *in situ* que permita el reconocimiento claro de los perfiles del suelo y sus propiedades estructurales para su descripción y clasificación
- Reconocer las diferentes fuentes hídricas que se encuentran en el predio, referenciando los puntos por medio del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Analizar el nivel freático de la finca, sus drenajes naturales y zonas de encharcamiento, como información para el desarrollo de sistemas de manejo hídrico
- Conocer la topografía de la finca, identificando sus curvas de nivel, límites naturales, estructuras y vías existentes para definir zonas con potencial agropecuario.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Desarrollo de la finca integrada sostenible (FIS)

El diseño de una finca busca que la utilización de los recursos de los diferentes sistemas implicados en el proceso permita desarrollar una integración, que servirá como un modelo a las posibilidades asociadas a la producción agrícola sostenible con el menor uso de energías y el mayor aprovechamiento de espacios y microclimas existentes.

La FIS se desarrollará estableciendo algunas infraestructuras como un vivero forestal utilizado para la propagación de especies arbustivas durante el establecimiento del proyecto y otros espacios que se destinarán a nuevos proyectos. Esto con el propósito de lograr un óptimo uso de los recursos presentes en la finca, evitar impactos negativos en el ambiente y generar ingresos económicos adicionales.

Para conocer mejor los componentes existentes en la finca, al igual que las áreas ocupadas por infraestructuras y la exacta ubicación de estas, se realizó un levantamiento tipo ortomosaico utilizando un DroneSokkia GRX2 doble frecuencia que permite tener imágenes de alta definición a 120 m de altura y coordenadas con corrección de vectores respecto a la red geodésica del IGAC. Con las imágenes se definió el uso actual del suelo, estado de la densidad de la vegetación, áreas de potencial uso, distancias entre vías de acceso, lugares destinados a los nuevos proyectos, densidades del bosque secundario y estado de las infraestructuras existentes. Una vez definidas las áreas existentes y proyectadas a los diferentes proyectos, se elaboró el mapa de acción que se presenta a continuación a través de Google EARTH en donde además de la georreferenciación, se generó el dato del área en metros cuadrados (m²) de la superficie que se utilizará para el desarrollo de cada uno de sus componentes y su ubicación.



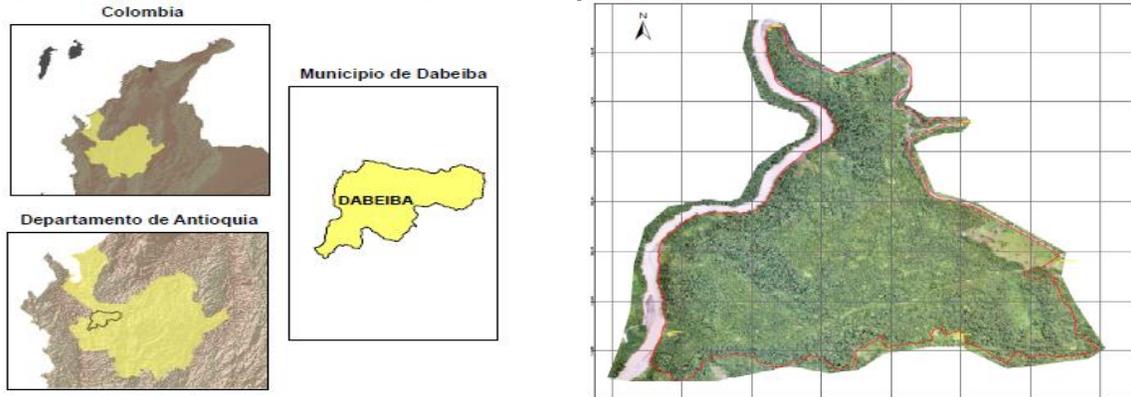
Figura 1. Drone Sokkia GRX2 doble frecuencia.

LOCALIZACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO.

Localización general.

El predio se encuentra localizada en la zona rural de la vereda Taparales del municipio de Dabeiba en la subregión occidente de Antioquia, en el km 35 vía Dabeiba (Ant.) – Mutatá (Ant.), en sector conocido como Chever debido al resguardo indígena Emberá, en la cuenca del Rio Sucio. El precio se encuentra identificado con la escritura No872 del 31 de marzo de 2004, código catastral 2681, con un área de 270ha, en la coordenada NO 1280968,012 EO 1074333,970 (Sistema de Coordenadas: Magna Colombia Oeste), cota 301 msnm – metros sobre el nivel del mar- (ver [Tabla1](#)).

Figura 2. Presentación ortofotográfica del predio.



Localización del proyecto “Taparales”.

Ortofoto Taparales. Mapa.

ORTOFOTO. HACIENDA TAPARALES	
Escala Gráfica:	
Elaboró: DataRock Ingeniería S.A.S	Revisó Fundación Salva Terra
Escala: 1:3.500	Fecha: Julio 24 de 2020
Archivo: OrtofotoTaparales.mxd	Origen de Coordenadas: Magna Colombia Oeste

	Predio Hacienda Taparales. Extensión de 263,204 Ha		
	Puntos geodésicos de fotocontrol		
Tabla de coordenadas puntos geodésicos de fotocontrol			
Nombre	Coordenada N [m]	Coordenada E [m]	Elevación [m] s.n.m
GCP-01	1280448,734	1073840,615	268,802
GCP-02	1280465,613	1072391,453	174,241
GCP-03	1282612,917	1072889,298	146,237
GCP-04	1281946,193	1073845,636	206,333
TAPARALES	1280968,012	1074333,970	301,474

información general de la ortofoto.

Convenciones Generales. Coordenadas.

Fuente: DATAROCK (2020).

Ecosistema.

El predio, se ubica en la zona de vida de bosque húmedo tropical con un promedio de temperatura anual de 24 °C y un promedio anual de precipitación, según Corpouraba, 2019, entre 4000 y 8000mm.

En la actualidad, el predio se encuentra sin actividad productiva, los lotes que eran potreros hoy se encuentran en estado de rastrojos altos y bajos. Se evidencia el descanso de los suelos por la acumulación de material orgánico mineralizado y presencia de abundante microfauna activa lo que favorece la disponibilidad de nutrientes y las interacciones biológicas ante la expectativa de la implementación de proyectos productivos de tipo agropecuario sostenibles.

ESTABLECIMIENTO DE LA FINCA.

Con el propósito de promover el turismo educativo sostenible, la formación y la sensibilización en prácticas amigables con el medio ambiente, un área de 140 Ha se destinará para la construcción e integración de sistemas productivos animales y vegetales que cumplan los principios de la sostenibilidad. La FIS podrá abastecer de productos de calidad a las necesidades alimenticias del proyecto con oportunidades y espacios educativos y ecoturísticos. Con base en una encuesta de demanda de hortalizas del mercado HORECA –hoteles, restaurantes y cafeterías- en la subregión y sistemas de producción a gran escala para la agroindustria y almacenes de grandes superficies de acuerdo con la proyección de cultivo, variedades y temporadas de alta demanda, se establecerán áreas productivas con sistemas de producción de hortalizas y vegetales adaptados para las condiciones de trópico húmedo.

ESTUDIOS REALIZADOS PARA ESTABLECER PROPIEDADES DEL SUELO

Análisis de las propiedades físicas de suelo Método de Calicatas.

La calicata que es una excavación de suelo en una sección mínima de 1m x 1 m y diferentes profundidades que van desde 0,3m a 1,2 m con el fin de conocer su componente estructural, su dinámica, el movimiento de fluidos. y pautar lo que se reconoce bajo una matriz establecida.

Para la elaboración de estas unidades de análisis se escogieron 30 sitios de estudio basados en tomar los datos de la finca cada 9 ha y una vez evaluados los componentes se procedió a tomar datos para su posterior análisis.



Desarrollo de calicata.



Determinación de
parámetros edáficos.



Toma de medidas para las
calicatas.



Medición de la dureza del
suelo.



Determinación de pH.



Determinación de color.

Figura 3. Actividades de reconocimiento geotécnico de una superficie de 1m x 1m x 1m.

INTERPRETACIÓN CALICATAS

En el trabajo diagnóstico del predio se realizaron 30 calicatas (ver imagen 1 de la figura 3.) para observación de condiciones *in situ* del suelo, estas siguiendo recomendaciones que realiza la empresa Uniban para perfilación. En donde se pueden tomar datos, como la conductividad eléctrica, el pH, la dureza del suelo, los colores del suelo y algunas de las características que se concluyen de forma subjetiva por él evaluador. Algunas de estas condiciones o datos se obtienen no solo por realizar la calicata si no por usar tecnología, como las siguientes: para hallar la conductividad eléctrica se usó un conductímetro portátil marca Hanna, para la medición del pH un pH-metro portátil de la misma marca (Hanna) (ver imagen 5 de la figura 3.). La dureza del suelo a partir del uso de un penetrómetro marca Spectrum Technologies (ver imagen 3 y 4 de la figura 3.), se usó la tabla de Munsell para determinar los colores del suelo presentes en el predio (ver imagen 2 de la figura 3.).

El sistema Munsell utiliza tonos, luminosidad y saturación para evaluar el color. Ya que el suelo refleja la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de oxidación-reducción del suelo a través de los colores. Esta determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo) óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental.

CALICATA 1	
Coordenadas	N 0708304 W 7624391
Altitud	292 msnm
Relieve	Llano
Rasgo Antropogénico	Potrero
Horizonte O	7 cm
Horizonte A	36 cm
Horizonte B	57 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	32 CMS
Presencia de rocas	3
Estructura	Bloques subangulares
C.E	0,014
pH	6,15
Dureza 3 pulgadas	300 psi
Dureza 6 pulgadas	320 psi
Dureza 9 pulgadas	340 psi
Munsell O	10 YR 7/8
Munsell A	10 YR 6/8
Munsell B	10 YR 6/4
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	2
Microorganismos	1

En el trabajo diagnóstico del predio se realizaron 30 calicatas para observación de condiciones *in situ* del suelo, estas siguiendo recomendaciones que realiza la empresa Uniban para perfilación. En donde se pueden tomar datos, como la de la conductividad eléctrica, el pH, la dureza del suelo, los colores del suelo y algunas de las características que se concluyen de forma subjetiva por el evaluador. Algunas de estas condiciones o datos se obtienen no solo por realizar la calicata si no por usar tecnología, como las siguientes: para hallar la conductividad eléctrica se usó un conductímetro portátil marca Hanna, para la medición del pH un pH-metro portátil de la misma marca (Hanna). La dureza del suelo a partir del uso de un penetrómetro marca Spectrum Technologies, se usó la tabla de Munsell para determinar los colores del suelo presentes en el predio.

El sistema Munsell utiliza tonos, luminosidad y saturación para evaluar el color. Ya que el suelo refleja la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de oxido reducción del suelo a través de los colores. Esta determinado generalmente por el

revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo) óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental.

Los suelos que predominan en el predio son los 10 YR en los cuales predominan los óxidos ferrosos. En los resultados presentados para el predio se determina el valor exacto de minerales presentes en el suelo mediante análisis químico en laboratorio.

En la calicata uno que se realizó en el potrero se encontró gran cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo por su disposición para la ganadería extensiva. Los suelos son arcillosos, arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola. Hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con alta dureza a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de pegajosidad. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es plano, lo que favorece la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a una profundidad de 1 metro. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se encuentra presencia baja de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8



10 YR 6/8



10 YR 6/4

CALICATA 2	
Coordenadas	N 0708318 W 7624410
Altitud	291 msnm
Relieve	Llano
Rasgo Antropogénico	Potrero
Horizonte O	6 cm
Horizonte A	39 cm
Horizonte B	55 cm
Textura	Arcillo – Arenoso
Presencia de raíces	27 cm
Presencia de rocas	3
Estructura	Bloques subangulares
C.E	0,01
pH	5,3
Dureza 3 pulgadas	310 psi
Dureza 6 pulgadas	340 psi
Dureza 9 pulgadas	350 psi
Munsell O	10 YR 7/8
Munsell A	10 YR 6/6
Munsell B	10 YR 8/6
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	Presente a 56 cm
Humedad	3
Microorganismos	1

En la calicata dos que se realizó en el potrero se encontró gran cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo por su disposición para la ganadería extensiva. Los suelos son arcillosos, arenosos compactos con un pH ácido y conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola. Hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con alta dureza a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de pegajosidad. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es plano, lo que favorece la tracción mecánica. Se presenta un nivel freático a 56 cm lo que indica que el agua surge a esta profundidad del suelo, se requiere realizar un plan de drenajes que evacue estas aguas. Se presenta una humedad alta al tacto del suelo. Se encuentra presencia baja de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8:



10 YR 6/6:



10 YR 8/6:

CALICATA 3	
Coordenadas	N 0708317 W 7624410
Altitud	286 msnm
Relieve	Llano
Rasgo Antropogénico	Potrero
Horizonte O	5 cm
Horizonte A	45 cm
Horizonte B	50 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	22 cms
Presencia de rocas	3
Estructura	Bloques subangulares
C.E	0,03
pH	4,6
Dureza 3 pulgadas	350 psi
Dureza 6 pulgadas	380 psi
Dureza 9 pulgadas	390 psi
Munsell O	10 YR 7/8
Munsell A	10 YR 7/6
Munsell B	10 YR 8/6
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se observa a 1 mt
Humedad	3
Microorganismos	1

En la calicata tres que se realizó en el potrero se encontró gran cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo por su disposición para la ganadería extensiva. Los suelos son arcillosos, arenosos compactos con un pH ácido y conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola. Hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con alta dureza a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación

y drenaje. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de pegajosidad. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es plano, lo que favorece la tracción mecánica. Se no se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad alta al tacto del suelo. Se encuentra presencia baja de microorganismos en el suelo donde se realiza la calicata.



10 YR 7/8



10 YR 7/6



10 YR 8/6

CALICATA 4	
Coordenadas	N 0708388 W 7624534
Altitud	288 msnm
Relieve	Cóncavo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo bajo
Horizonte O	10 cm
Horizonte A	42 cm
Horizonte B	48 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	36 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Bloques subangulares
C.E	0,01
pH	4,87
Dureza 3 pulgadas	120 psi
Dureza 6 pulgadas	180 psi
Dureza 9 pulgadas	240 psi
Munsell O	10 YR 6/8
Munsell A	10 YR 6/6
Munsell B	10 YR 5/6
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se presenta a 1 mts
Humedad	3
Microorganismos	1

En la calicata cuatro que se realizó en el potrero se encontró poca cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo por su disposición para la ganadería extensiva. Los suelos son arcillosos, arenosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola. Hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3 y 6 pulgadas y un suelo con dureza media a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de pegajosidad. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es cóncavo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1 mt de profundidad. Se presenta una humedad alta al tacto del suelo. Se encuentra presencia baja de microorganismos en el suelo.



10 YR 6/8



10 YR 6/6



10 YR 5/6

CALICATA 5	
Coordenadas	N 0708347 W 7624453
Altitud	294 msnm
Relieve	Cóncavo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo bajo
Horizonte O	10 cm
Horizonte A	46 cm
Horizonte B	54 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	38 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Bloques subangulares
C.E	0,02
pH	5,6
Dureza 3 pulgadas	110 psi
Dureza 6 pulgadas	180 psi
Dureza 9 pulgadas	200 psi
Munsell O	10 YR 8/8
Munsell A	10 YR 8/6

Munsell B	10 YR 7/6
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se presenta a 1 mt
Humedad	2
Microorganismos	2

En la calicata cinco que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo por su degradación. Los suelos son arcillosos, arenosos sueltos con pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de pegajosidad. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es cóncavo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se encuentra un grado medio de microorganismos en el suelo.



10 YR 8/8



10 YR 8/6



10 YR 7/6

CALICATA 6	
Coordenadas	N 0708401 W 7624535
Altitud	295 msnm
Relieve	Cóncavo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	7 cm
Horizonte A	42 cm
Horizonte B	51 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	36 cms

Presencia de rocas	1
Estructura	Bloques subangulares
C.E	0,02
pH	5,45
Dureza 3 pulgadas	120 psi
Dureza 6 pulgadas	190 psi
Dureza 9 pulgadas	210 psi
Munsell O	10 YR 6/4
Munsell A	10 YR 6/6
Munsell B	10 YR 8/8
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se presenta a 1 mts
Humedad	2
Microorganismos	1

En la calicata seis que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo por su degradación. Los suelos son arcillosos, arenosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3 y 6 pulgadas y una dureza media a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de pegajosidad. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es cóncavo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se encuentra presencia baja de microorganismos en el suelo.



10 YR 6/4



10 YR 6/6



10 YR 8/8

CALICATA 7	
Coordenadas	N 0707883 W 7625353
Altitud	312 msnm
Relieve	Convexo

Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	13 cm
Horizonte A	36 cm
Horizonte B	51 cm
Textura	Arcilloso
Presencia de raíces	42 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Bloques subangulares
C.E	0,03
pH	4,78
Dureza 3 pulgadas	150 psi
Dureza 6 pulgadas	200 psi
Dureza 9 pulgadas	250 psi
Munsell O	10 YR 8/8
Munsell A	10 YR 7/6
Munsell B	10 YR 8/6
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se presenta a 1 mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata siete que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos, arenosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3 y 6 pulgadas y una dureza media a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de pegajosidad. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se encuentra presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 8/8



10 YR 7/6



10 YR 8/6

CALICATA 8	
Coordenadas	N 0707819 W 07625279
Altitud	305 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	8 cm
Horizonte A	46 cm
Horizonte B	46 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	46 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Bloques subangulares
C.E	0,02
pH	4,97
Dureza 3 pulgadas	90 psi
Dureza 6 pulgadas	140 psi
Dureza 9 pulgadas	190 psi
Munsell O	10 YR 7/8
Munsell A	10 YR 7/6
Munsell B	10 YR 8/6
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se encuentra a 1 mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata ocho que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos, arenosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de pegajosidad. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se encuentra presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8



10 YR 7/6



10 YR 8/6

CALICATA 9	
Coordenadas	EO 1072693 No 1280761
Altitud	256 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	13 cm
Horizonte A	46 cm
Horizonte B	41 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	40 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Granular
C.E	0,01
pH	4,8
Dureza 3 pulgadas	200 psi
Dureza 6 pulgadas	250 psi
Dureza 9 pulgadas	300 psi
Munsell O	10 YR 6/8
Munsell A	10 YR 7/8
Munsell B	10 YR 6/8
Consistencia	Friable
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata nueve que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos

son arcillosos, arenosos semi compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3 pulgadas, a 6 pulgadas dureza media y a 9 pulgadas una dureza alta, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo friable el cual presenta condiciones de fácil laboreo. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se encuentra presencia de microorganismos media en los suelos.



10 YR 6/8



10

YR 7/8



10 YR 6/8

CALICATA 10	
Coordenadas	EO 1072666 No 1280910
Altitud	262 msnm
Relieve	Cóncavo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	17 cm
Horizonte A	44 cm
Horizonte B	39 cm
Textura	Arcilloso
Presencia de raíces	53 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Granular
C.E	0,01
pH	3,95
Dureza 3 pulgadas	150 psi
Dureza 6 pulgadas	200 psi
Dureza 9 pulgadas	220 psi

Munsell O	10 YR 5/6
Munsell A	10 YR 5/8
Munsell B	10 YR 6/8
Consistencia	Friable
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	1

En la décima calicata que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico medio que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos, arenosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3 y 6 pulgadas y dureza media a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo friable el cual presenta condiciones de fácil laboreo. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es cóncavo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se encuentra presencia baja de microorganismos en los suelos.



10 YR 5/6



10 YR 5/8



10 YR 6/8

CALICATA 11	
Coordenadas	EO 1072883 No 1280765
Altitud	262 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	19 cm
Horizonte A	51 cm
Horizonte B	30 cm

Textura	Arcilloso
Presencia de raíces	57 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Granular
C.E	0,02
pH	5,52
Dureza 3 pulgadas	200 psi
Dureza 6 pulgadas	220 psi
Dureza 9 pulgadas	250 psi
Munsell O	2,5 YR 3/1
Munsell A	2,5 YR 5/3
Munsell B	2,5 YR 5/2
Consistencia	Friable
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	1

En la onceava calicata que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3 pulgadas y dureza media a 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo friable el cual presenta condiciones de fácil laboreo. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se encuentra presencia baja de microorganismos en el suelo.



2,5 YR 3/1



2,5 YR 5/3



2,5 YR 5/2

CALICATA 12	
Coordenadas	EO 1073733 No 1280595
Altitud	272 msnm

Relieve	Cóncavo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	12 cm
Horizonte A	68 cm
Horizonte B	20 cm
Textura	Arcilloso
Presencia de raíces	26 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Subangular
C.E	0,01
pH	4,63
Dureza 3 pulgadas	60 psi
Dureza 6 pulgadas	100 psi
Dureza 9 pulgadas	120 psi
Munsell O	10 Yr 6/8
Munsell A	10 Yr 7/8
Munsell B	10 Yr 8/6
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	2
Microorganismos	2

En la doceava calicata que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo friable el cual presenta condiciones de fácil laboreo. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es cóncavo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se encuentra presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 6/8



10

YR 7/8

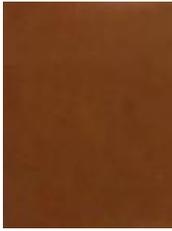


10 YR 8/6

CALICATA 13	
Coordenadas	EO 1073825 No 1280803
Altitud	284 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	15 cm
Horizonte A	38 cm
Horizonte B	47 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	23 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Subangular
C.E	0,02
pH	5,1
Dureza 3 pulgadas	85 psi
Dureza 6 pulgadas	110 psi
Dureza 9 pulgadas	250 psi
Munsell O	10 Yr 6/8
Munsell A	10 Yr 7/8
Munsell B	10 Yr 5/8
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	2
Microorganismos	2

En la treceava calicata que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos

son arcillosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con baja dureza a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de compactación. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se encuentra presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 6/8



10 YR 7/8



10 YR 5/8

CALICATA 14	
Coordenadas	EO 1073781 No 1280785
Altitud	293 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	12 cm
Horizonte A	46 cm
Horizonte B	42 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	25 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Subangular
C.E	0,02
pH	4,59
Dureza 3 pulgadas	250 psi
Dureza 6 pulgadas	320 psi
Dureza 9 pulgadas	350 psi

Munsell O	10 Yr 5/6
Munsell A	10 Yr 5/8
Munsell B	10 Yr 6/8
Consistencia	Plástico
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	2
Microorganismos	2

En la catorceava calicata que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con dureza media a una profundidad de 3 pulgadas y una dureza alta a 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de compactación. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en los suelos.



10 YR 5/6



10 YR 5/8



10 YR 6/8

CALICATA 15	
Coordenadas	N 7 8 28 W 76 24 55
Altitud	293 msnm
Relieve	Cóncavo

Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	9 cm
Horizonte A	44 cm
Horizonte B	47 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	23 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Subangular
C.E	0,06
pH	5,35
Dureza 3 pulgadas	200 psi
Dureza 6 pulgadas	245 psi
Dureza 9 pulgadas	310 psi
Munsell O	2,5 Y 6/6
Munsell A	2,5 Y 6/4
Munsell B	2,5 Y 6/3
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	2
Microorganismos	2

En la quinceava calicata que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos medio compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con dureza media a una profundidad de 3 y 6 pulgadas y alta a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es cóncavo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



2,5 Y 6/6



2,5 Y 6/4



2,5 Y 6/3

CALICATA 16	
Coordenadas	N 7 8 31 W 76 24 58
Altitud	281 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	11 cm
Horizonte A	36 cm
Horizonte B	53 cm
Textura	Arcillosa
Presencia de raíces	34 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Granular
C.E	0,01
pH	5,09
Dureza 3 pulgadas	90 psi
Dureza 6 pulgadas	125 psi
Dureza 9 pulgadas	150 psi
Munsell O	10 R 3/1
Munsell A	10 R 6/8
Munsell B	10 R 4/2
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1 mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la dieciseisava calicata que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1 mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia de microorganismos media en el suelo.



10 R 3/1



10 R 6/8



10 R 4/2

CALICATA 17	
Coordenadas	N 7 8 21 W 76 24 54
Altitud	310 msnm
Relieve	Cóncavo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	14 cm
Horizonte A	51 cm
Horizonte B	35 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	47 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Subangular
C.E	0,02
pH	4,98
Dureza 3 pulgadas	60 psi
Dureza 6 pulgadas	90 psi
Dureza 9 pulgadas	110 psi
Munsell O	7,5 Yr 6/6
Munsell A	7,5 Yr 5/8
Munsell B	7,5 Yr 4/6
Consistencia	Plástica

Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	2
Microorganismos	2

En la diecisieteava calicata que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es cóncavo, lo que dificulta la tracción mecánica. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en los suelos.



7,5 YR 6/6



7,5 YR 5/8



7,5 YR 4/6

CALICATA 18	
Coordenadas	EO 1073545 NO 1280607
Altitud	288 msnm
Relieve	Plano
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	12 cm
Horizonte A	56 cm
Horizonte B	32 cm
Textura	Arcilloso
Presencia de raíces	15 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Subangular

C.E	0,02
pH	4,25
Dureza 3 pulgadas	150 psi
Dureza 6 pulgadas	270 psi
Dureza 9 pulgadas	350 psi
Munsell O	10 Yr 5/8
Munsell A	10 Yr 6/8
Munsell B	10 Yr 4/6
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata dieciocho que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3 pulgadas, media a 6 pulgadas y alta a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es plano. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 5/8



10 YR 6/8



10 YR 4/6

CALICATA 19	
Coordenadas	EO 1073497 NO 1280447

Altitud	301 msnm
Relieve	Cóncavo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	9 cm
Horizonte A	44 cm
Horizonte B	47 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	31 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Subangular
C.E	0,03
pH	5,2
Dureza 3 pulgadas	80 psi
Dureza 6 pulgadas	150 psi
Dureza 9 pulgadas	190 psi
Munsell O	10 Yr 7/8
Munsell A	10 Yr 6/8
Munsell B	10 Yr 8/8
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	2
Microorganismos	2

En la calicata diecinueve que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es cóncavo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad media al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8



10 YR 6/8



10 YR 8/8

CALICATA 20	
Coordenadas	EO 1073492 NO 1280439
Altitud	307 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	13 cm
Horizonte A	58 cm
Horizonte B	29 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	37 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Subangular
C.E	0,01
pH	4,33
Dureza 3 pulgadas	100 psi
Dureza 6 pulgadas	220 psi
Dureza 9 pulgadas	290 psi
Munsell O	10 Yr 7/8
Munsell A	10 Yr 8/8
Munsell B	10 Yr 6/8
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata veinte que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos

son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3 pulgadas y dureza media a 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1 mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8



10 YR 8/8

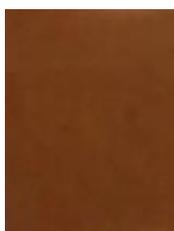


10 YR 6/8

CALICATA 21	
Coordenadas	N 7 8 10 O 76 25 17
Altitud	198 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	9 cm
Horizonte A	38 cm
Horizonte B	53 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	41 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Columnar
C.E	0,04
pH	5,05
Dureza 3 pulgadas	80 psi
Dureza 6 pulgadas	120 psi
Dureza 9 pulgadas	180 psi
Munsell O	10 Yr 7/8
Munsell A	10 Yr 7/4
Munsell B	5 Y 7/2

Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata veinte uno que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8



10 YR 7/4



5 Y 7/2

CALICATA 22	
Coordenadas	N 7 7 60 O 76 25 16
Altitud	210 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	13 cm
Horizonte A	48 cm
Horizonte B	39 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	50 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Columnar
C.E	0,01
pH	4,45
Dureza 3 pulgadas	190 psi

Dureza 6 pulgadas	260 psi
Dureza 9 pulgadas	320 psi
Munsell O	10 Yr 5/6
Munsell A	10 Yr 5/8
Munsell B	10 Yr 6/6
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata veinte dos que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3 pulgadas, media a una profundidad de 6 pulgadas y alta a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 5/6



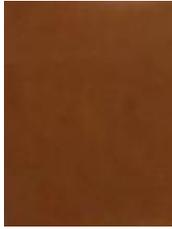
10 YR 5/8



10 YR 6/6

CALICATA 23	
Coordenadas	EO 1072508 NO 1280391
Altitud	265 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	8 cm
Horizonte A	38 cm
Horizonte B	54 cm
Textura	Arcilloso
Presencia de raíces	26 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Subangular
C.E	0,01
pH	4,66
Dureza 3 pulgadas	80 psi
Dureza 6 pulgadas	140 psi
Dureza 9 pulgadas	190 psi
Munsell O	10 Yr 7/8
Munsell A	10 Yr 6/8
Munsell B	10 Yr 8/4
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	1

En la calicata veinte tres que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces superficiales. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8



10 YR 6/8

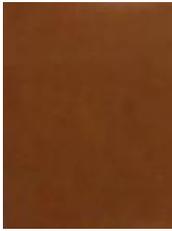


10 YR 8/4

CALICATA 24	
Coordenadas	EO 1072745 NO 1280468
Altitud	273 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	11 cm
Horizonte A	39 cm
Horizonte B	50 cm
Textura	Arenoso
Presencia de raíces	54 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Granular
C.E	0,01
pH	4,57
Dureza 3 pulgadas	100 psi
Dureza 6 pulgadas	240 psi
Dureza 9 pulgadas	290 psi
Munsell O	10 Yr 7/8
Munsell A	10 Yr 5/6
Munsell B	10 Yr 6/8
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	1

En la calicata veinte cuatro que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arenosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3, pulgadas y dureza media a 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de

suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia baja de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8



10 YR 5/6



10 YR 6/8

CALICATA 25	
Coordenadas	EO 1072974 NO 1280393
Altitud	317 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	8 cm
Horizonte A	51 cm
Horizonte B	41 cm
Textura	Arenoso
Presencia de raíces	40 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Granular
C.E	0,02
pH	4,27
Dureza 3 pulgadas	150 psi
Dureza 6 pulgadas	190 psi
Dureza 9 pulgadas	240 psi
Munsell O	10 Yr 5/6
Munsell A	10 Yr 6/8
Munsell B	10 Yr 7/8
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1

Microorganismos

2

En la calicata veinte cinco que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arenosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3 y 6 pulgadas y dureza media a 6 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.

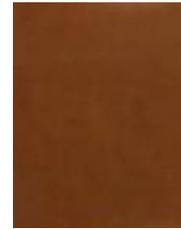


10 YR 5/6



10

YR 6/8



10 YR 7/8

CALICATA 26	
Coordenadas	EO 1073167 NO 1280508
Altitud	279 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	13 cm
Horizonte A	47 cm
Horizonte B	40 cm
Textura	Arcilloso
Presencia de raíces	63 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Subangular
C.E	0,02
pH	5,1
Dureza 3 pulgadas	150 psi
Dureza 6 pulgadas	260 psi

Dureza 9 pulgadas	340 psi
Munsell O	10 Yr 6/8
Munsell A	10 Yr 6/6
Munsell B	10 Yr 5/6
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata veinte seis que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos sueltos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3 pulgadas, dureza media a 6 pulgadas y dureza alta a 6 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 6/8



10

YR 6/6



10 YR 5/6

CALICATA 27	
Coordenadas	EO 1072609 NO 1280951
Altitud	204 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	9 cm
Horizonte A	36 cm
Horizonte B	55 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	34 cms

Presencia de rocas	1
Estructura	Subangular
C.E	0,02
pH	5,36
Dureza 3 pulgadas	140 psi
Dureza 6 pulgadas	190 psi
Dureza 9 pulgadas	240 psi
Munsell O	10 Yr 7/8
Munsell A	10 Yr 6/8
Munsell B	10 Yr 6/6
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata veinte siete que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces semi profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3 y 6 pulgadas y dureza media a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 7/8
6/6



10 YR 6/8



10 YR

CALICATA 28	
Coordenadas	EO 1073916 NO 1280894
Altitud	278 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	11 cm
Horizonte A	48 cm
Horizonte B	41 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	53 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Subangular
C.E	0,02
pH	5,54
Dureza 3 pulgadas	80 psi
Dureza 6 pulgadas	140 psi
Dureza 9 pulgadas	190 psi
Munsell O	10 Yr 5/6
Munsell A	10 Yr 6/6
Munsell B	10 Yr 6/8
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	2

En la calicata veinte ocho que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3, 6 y 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia media de microorganismos en el suelo.



10 YR 5/6

10



YR 6/6



10 YR 6/8

CALICATA 29	
Coordenadas	EO 1072510 NO 1280914
Altitud	307 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	14 cm
Horizonte A	42 cm
Horizonte B	44 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	47 cms
Presencia de rocas	1
Estructura	Subangular
C.E	0,01
pH	4,98
Dureza 3 pulgadas	150 psi
Dureza 6 pulgadas	195 psi
Dureza 9 pulgadas	230 psi
Munsell O	10 Yr 6/8
Munsell A	10 Yr 7/8
Munsell B	10 Yr 8/6
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	1

En la calicata veinte nueve que se realizó en bosque secundario se encontró baja cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3 y 6 pulgadas y dureza media a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se halla presencia baja de microorganismos en el suelo.



10 YR 6/8



10 YR 7/8



10 YR 8/6

CALICATA 30	
Coordenadas	EO 1072609 NO 1280456
Altitud	319 msnm
Relieve	Convexo
Rasgo Antropogénico	Rastrojo alto
Horizonte O	13 cm
Horizonte A	58 cm
Horizonte B	29 cm
Textura	Arcillo - Arenoso
Presencia de raíces	24 cms
Presencia de rocas	2
Estructura	Subangular
C.E	0,04
pH	4,46
Dureza 3 pulgadas	180 psi
Dureza 6 pulgadas	260 psi
Dureza 9 pulgadas	310 psi

Munsell O	10 YR 6/8
Munsell A	10 YR 6/6
Munsell B	10 YR 5/6
Consistencia	Plástica
Nivel Freático	No se encuentra a 1mt
Humedad	1
Microorganismos	1

En la calicata treinta que se realizó en bosque secundario se encontró media cantidad de rocas y un horizonte orgánico bajo que va en recuperación por su descanso. Los suelos son arcillosos arenosos compactos con un pH ácido y una conductividad eléctrica baja que deben ser mejorados a partir de enmiendas orgánicas para la producción agrícola, además hay presencia de raíces profundas. Se halla un suelo con dureza baja a una profundidad de 3 pulgadas, dureza media a 6 pulgadas y dureza alta a 9 pulgadas, se deben realizar trabajos de preparación de suelos que favorezcan la aireación y drenaje por sus condiciones de textura y alta precipitación de la zona. Se encuentra un suelo plástico el cual presenta condiciones de firmeza. El relieve del lugar donde se realiza la calicata es convexo. No se observa nivel freático o presencia de agua a 1mt de profundidad. Se presenta una humedad baja al tacto del suelo. Se encuentra baja cantidad de microorganismos en los suelos donde se realiza la calicata.

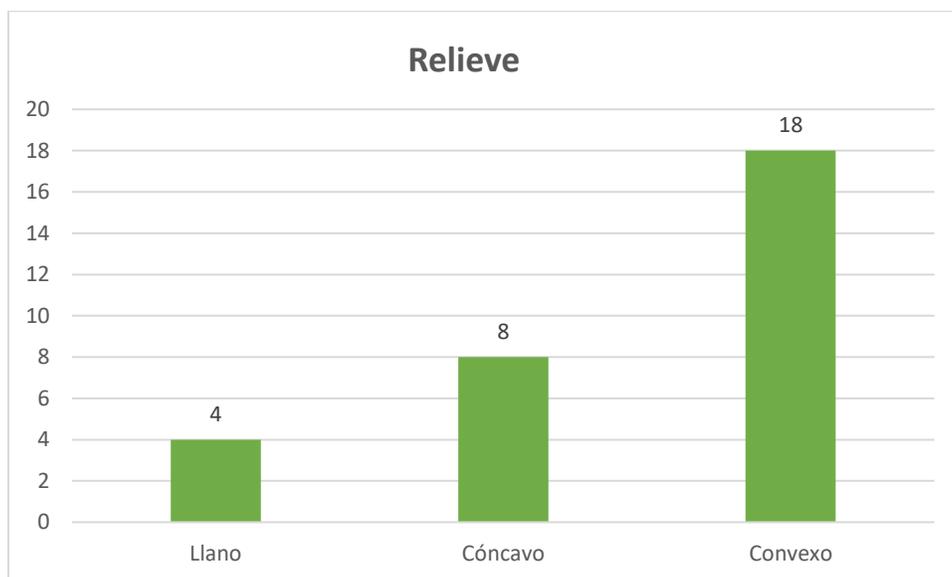


Gráfico 1. Tipos de relieve.

En el predio donde se realizaron las calicatas se encontró que 18 sitios presentan condiciones de relieve convexo, ocho cóncavos y cuatro llanos. Estas condiciones dificultan las labores mecánicas mediante el uso de tractor hasta que se realicen labores de acondicionamiento de vías de acceso. El sitio en el cual se puede hacer uso de maquinaria pesada es el potrero que presenta condiciones de relieve llano.

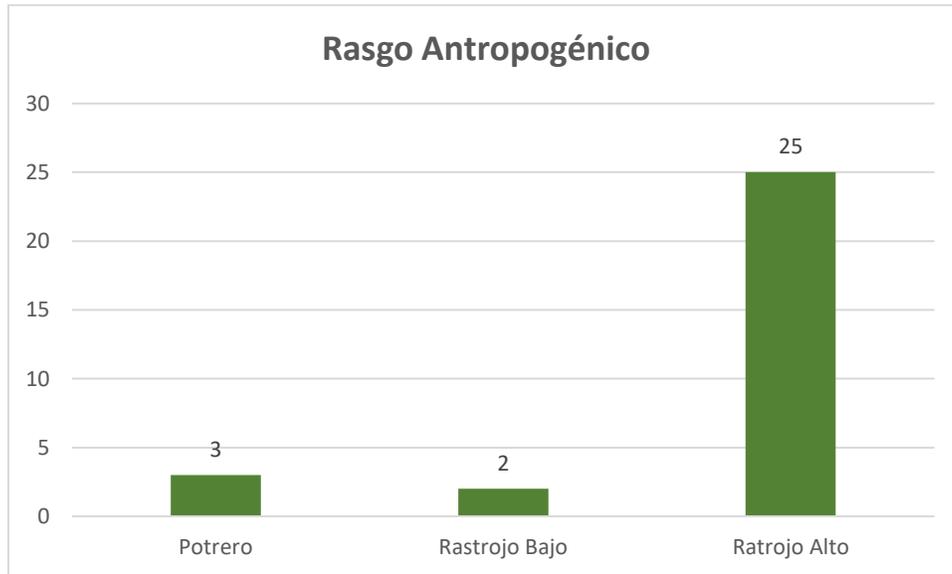


Gráfico 2. Rastro antropogénico en las diferentes áreas.

De los sitios donde se realizaron las treinta calicatas en el predio se encuentra que 25 son en lugares con un rasgo antropogénico donde el rastrojo es alto, 3 es potrero y dos rastrojos bajos. La situación de labranza y adecuación en sitios de rastrojo alto es de laboreo intenso por las condiciones de densidad de la vegetación. Para la intervención de estos sitios se solicitan permanentemente licencias de CORPOURABA.

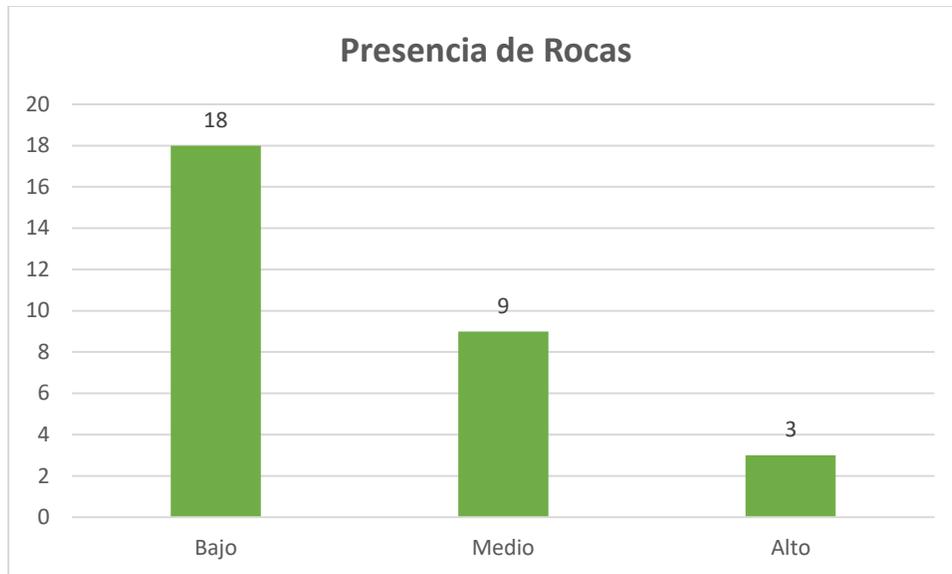


Gráfico 3. Presencia rocosa en las muestras.

Durante el proceso de desarrollo de las calicatas se evaluó el grado de rocas presentes en el suelo, se encontró un grado alto de existencia de rocas en tres sitios, presencia media de rocas en nueve y baja en dieciocho sitios. La presencia de rocas en altos índices dificultad las labores de adecuación por su gran tamaño y dificultad para arar los suelos.

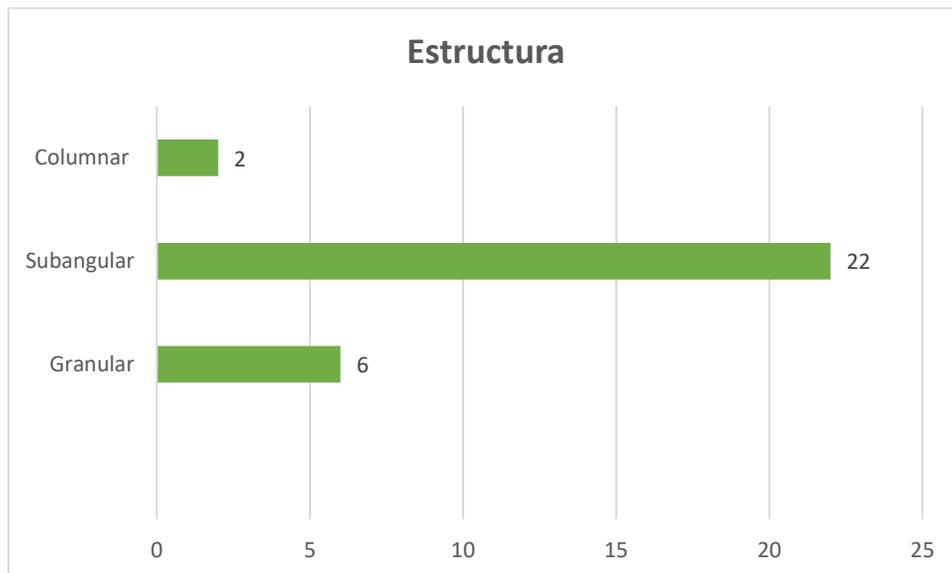


Gráfico 4. Tipo de estructura presente en el suelo.

Durante el proceso de realización de las calicatas se encontró 22 con estructura subangular, seis con estructura granular y dos con columnar. La estructura es la disposición de los agregados individuales del suelo, en el predio predomina una estructura subangular en la cual el suelo se resiste a la penetración y al movimiento del agua por su textura arcillosa.

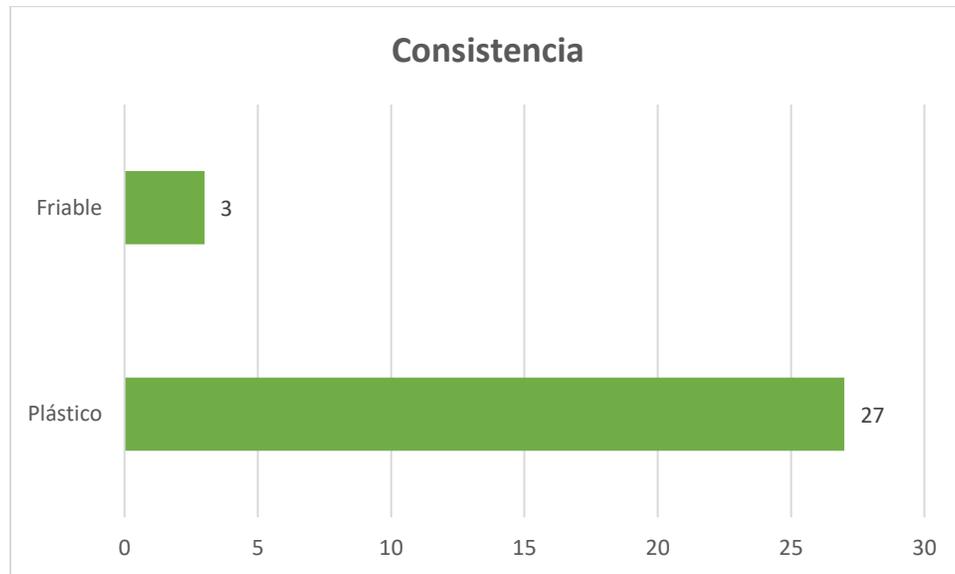


Gráfico 5. Consistencia del suelo.

En las calicatas realizadas en el predio se encontró que veintisiete son con estructura plástica y tres con friable. Los estados de consistencia de una masa de suelo plástica, en función del cambio de su contenido de humedad son: sólido, semisólido, plástico y líquido. Estos cambios se dan cuando la humedad en las masas de suelo varía. Se deben incorporar materiales orgánicos que mejoren la consistencia del suelo y aporten materia orgánica.

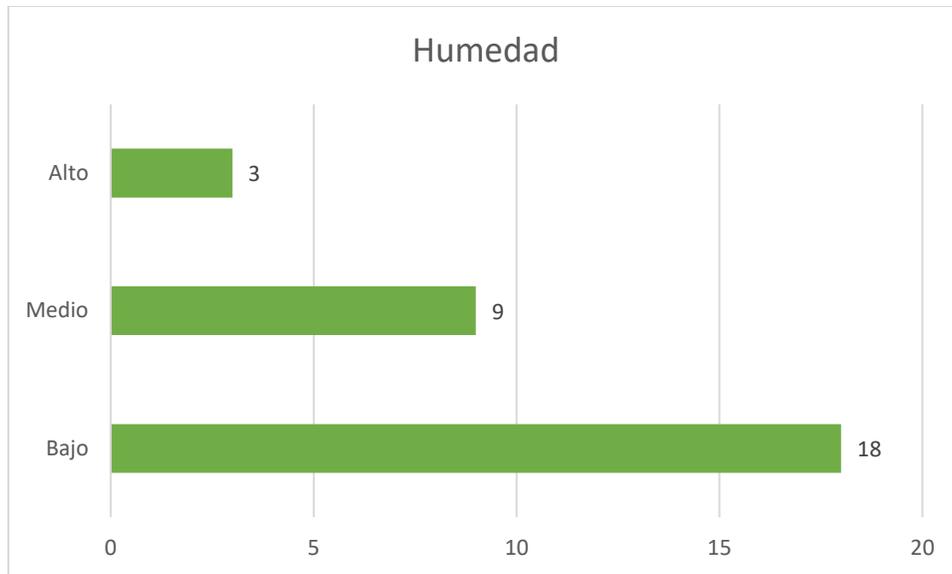


Gráfico 6. Humedad presente en el suelo.

En las calicatas realizadas en el predio se encontró que 18 presentan condiciones de humedad del suelo bajo, nueve medio y tres altos. Vale destacar que la pluviosidad en la región es alta y que la textura del suelo es arcillosa lo que dificulta el movimiento del agua en el suelo, se debe definir estrategias de montaje de canales de drenaje para conducción de láminas hídricas.

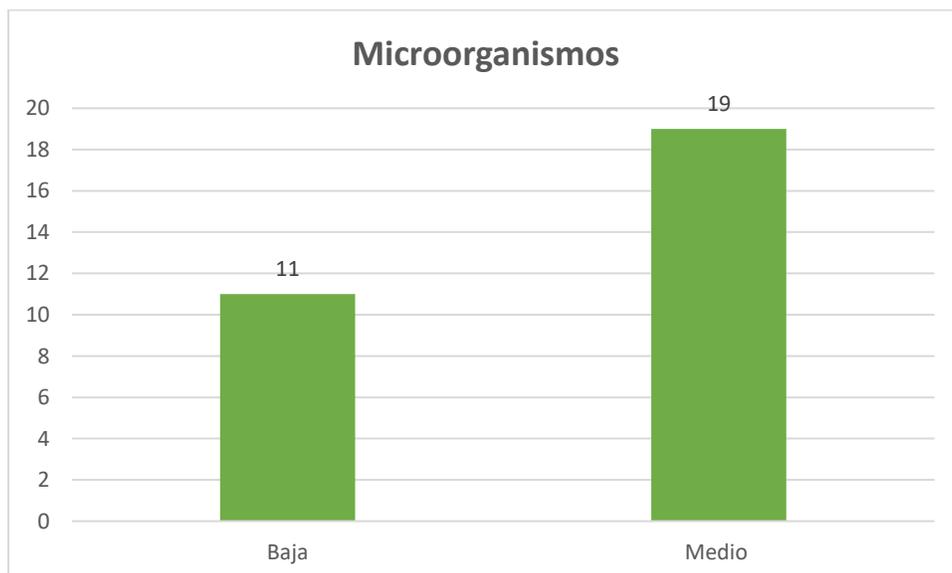


Gráfico 7. Microorganismos presentes en las muestras.

En las calicatas realizadas en el predio se hizo la prueba de presencia de microorganismos por efervescencia y se encontró que en 19 hay actividad media de microorganismos y en 11 actividad baja. Para obtener una buena acción de los microorganismos en el suelo se debe mejorar el pH mediante enmiendas orgánicas y suministrar otras cepas de organismos benéficos que colonicen los suelos.

Análisis de niveles freáticos

Método Pozos de Observación

Los pozos de observación permiten determinar la profundidad (cm), a la que se encuentra el nivel superior del agua subterránea y monitorear ascensos y descensos debido a los cambios en los niveles subterráneos del recurso hídrico.



Figura 4. Construcción de pozos de observación.

Tabla 1. Resultados de los diferentes pozos de observación del predio.

Pozos	Coordenadas		Altitud msnm	Nivel Freático	
	No	Eo		1	2
1	107 41 35	128 09 77	292	1,5 (m)	1,5 (m)
2	107 38 99	128 1355	240	0,6 (m)	0,4 (m)
3	107 33 67	128 09 77	317	1,6 (m)	1,8 (m)
4	107 37 34	128 06 01	303	2 (m)	1,8 (m)
5	107 35 05	128 06 68	287	1,24 (m)	0,8 (m)
6	107 31 54	128 05 58	288	1,8 (m)	1,72 (m)
7	107 25 68	128 09 22	240	1,58 (m)	1,62 (m)
8	107 25 71	128 09 22	286	1,74 (m)	1,62 (m)
9	107 32 56	128 06 77	275	1,90 (m)	1,90 (m)
10	107 32 21	128 06 07	225	1,7 (m)	1,65 (m)
11	107 41 54	128 08 49	344	1,40 (m)	1,35 (m)
12	107 30 77	128 04 76	276	1,80 (m)	1,80 (m)

Se instalaron 12 pozos de observación, en material de policloruro de vinilo comúnmente conocido como PVC (tipo sanitario) de 2 pulgadas de diámetro a 2 metros de profundidad y en el monitoreo se mide la distancia de la posición que ocupa el agua subterránea hasta la superficie del terreno, con un flexómetro.

Las mediciones de los pozos de observación se tomaron en el mes de agosto y septiembre del 2020. Para esta temporada se presentaron lluvias con intensidad todos los días, casi siempre después de las 2 pm.

En términos generales, los pozos de observación se encuentran en un nivel freático superior a 1,50 m de profundidad, salvo los pozos 2 y 5 que presentaron un nivel freático más superficial, con niveles de 0,4m y 0,8 respectivamente. superior en el pozo 2.

El monitoreo de las aguas subterráneas es importante a la hora de seleccionar un cultivo y mitigar posibles daños en ellos. Aunque la lectura de estos niveles freáticos se estableció en momentos de lluvias intensas durante el mes de agosto; buscando información histórica de los últimos 30 años se tiene un promedio de milímetros de lluvia durante el mes que se realizaron las lecturas de 235mm/mes, además de observar en los registros que hay meses en donde la precipitación es mayor como lo son los meses de mayo y octubre que alcanzan los 469mm/mes y 474mm/mes respectivamente (meteoblue, 2020). Es importante realizar un monitoreo de los pozos establecidos durante estos meses de mayor precipitación.

Para la selección del cultivo se define una altura máxima a la cual se permitirá mantener el nivel freático, permitiendo el correcto desarrollo radicular y evitar pérdidas en la producción de acuerdo con la susceptibilidad del cultivo, guardando un margen del 20% mayor que la profundidad de la raíz del cultivo seleccionado.

En los pozos en donde se encontró un nivel, freático superficial (pozos 2 y 5) se requiere realizar camas elevadas y evitar cultivos que requieran una gran profundidad radicular. De acuerdo con los análisis de curvas de nivel se observa que en los puntos escogidos para los pozos 2 y 5 confluyen las aguas provenientes de los niveles superiores sugiriendo estudios complementarios para descartar acuíferos o capas impermeables que este generando alteración en la lectura de los datos.

Análisis de infiltración

Método de doble anillo

El método consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos de 15cm y 30 cm, y a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior. Esta información nos ayudará a decidir cuál es el tipo de riego óptimo de un suelo determinado, que caudal deben aportar los goteros o qué medidas adoptar para evitar que las plántulas introducidas en una **reforestación** sufran un exceso de agua.

La tasa o velocidad de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie.



Figura 5. Montaje para determinar las características de la infiltración en el suelo mediante infiltrómetro de doble anillo.

Tabla 2. Resultados de las diferentes infiltraciones del predio.

#	Coordenada		Resultado	Tipo de suelo	Antropogenico
	EO	NO			
1	107 44 54	128 09 17	Rápida	Arcilloso - pedregoso	Potrero
2	107 40 28	128 10 71	Moderada	Arcilloso - pedregoso	Potrero
3	107 40 24	128 11 43	Moderadamente rápida	Arcilloso	Potrero
4	107 41 68	128 11 29	Moderada	Arcilloso - pedregoso	Potrero
5	107 25 81	128 09 13	Moderada	Arcilloso	Bosque
6	107 26 83	128 06 61	Muy Rápida	Arcilloso - pedregoso	Bosque
7	107 30 64	128 04 86	Muy Rápida	Arcilloso	Bosque
8	107 31 50	128 05 51	Moderadamente Rápida	Arcilloso	Bosque
9	107 36 39	128 06 58	Muy Rápida	Arcilloso	Bosque
10	107 37 29	128 06 15	Moderadamente rápida	Arcilloso - pedregoso	Bosque
11	107 33 59	128 12 96	Moderada	Arcilloso - pedregoso	Bosque
12	107 32 48	128 12 91	Rápida	Arcilloso - pedregoso	Bosque
13	107 35 66	128 07 13	Rápida	Arcilloso	Bosque
14	107 35 39	128 06 13	Lenta	Arcilloso	Bosque
15	107 41 10	128 08 89	Rápida	Arcilloso - pedregoso	Bosque
16	107 38 47	128 10 60	Moderadamente Rápida	Arcilloso - pedregoso	Bosque
17	107 38 36	128 08 55	Muy Rápida	Arcilloso - pedregoso	Bosque
18	107 40 12	128 08 88	Muy Rápida	Arcilloso	Bosque
19	107 41 11	128 08 93	Moderadamente Rápido	Arcilloso	Bosque
20	107 32 51	128 06 77	Lenta	Arcilloso	Bosque
21	107 42 49	128 07 97	Moderadamente Rápida	Arcilloso	Bosque
22	107 43 12	128 06 76	Moderada	Arcilloso	Bosque
23	107 33 24	128 06 28	Muy Rápida	Arcilloso	Bosque
24	107 31 70	128 08 03	Moderada	Arcilloso	Bosque

Interpretación	Infiltración cm/hora
Sin dato	
Muy lenta	< 0.1
Lenta	0.1 - 0.5
Moderadamente lenta	0.51 - 2.0
Moderada	2.01 - 6.3
Moderadamente rápida	6.311 - 12.7
Rápida	12.7 - 25.4
Muy rápida	> 25.4

Tabla 3. Clasificación de la velocidad de infiltración

Relacionando los datos de textura y de velocidad de infiltración se puede observar que existe una relación directa entre una textura arcillosa, y una infiltración lenta, debido a la mínima cantidad de poros que presenta este tipo de texturas, sin embargo, hay infiltraciones que no corresponden a este tipo de textura, pero debemos de tener presente que hay factores externos que pueden hacer que esta lectura cambie como el tipo de suelo, el contenido de materia orgánica, el contenido de humedad, la cobertura vegetal y la época del año en el que realice la prueba (saturación hídrica del suelo).

En las primeras cuatro lecturas de la tabla 2 se ven resultados diferentes a las esperadas esto se da principalmente por la presencia rocosa que genera una mayor cantidad de macroporos facilitando la infiltración, además de la presencia de cobertura vegetal que ayuda a tener un suelo más permeable por el desarrollo de un área radical más suelta.

En lecturas calificadas como rápidas o muy rápidas nos permite inferir que el suelo maneja una buena porosidad, esto puede deberse a una buena capa de materia orgánica y la presencia de cobertura vegetal reduciendo la compactación del suelo. Es importante correlacionar estos datos obtenidos con el registro obtenido de las calicatas, esto con el fin de evitar lecturas erróneas debido a que el suelo en el momento de la lectura puede encontrarse en condiciones muy secas o húmedas que alteren las lecturas.

En el momento de seleccionar el sistema de riego para un determinado cultivo, es importante tener presente la variable de infiltración debido a que todos los cultivos tienen un requerimiento diferente de agua y por ende una frecuencia diferente que evite el estrés hídrico en las plantas.

En la clasificación del tipo textura para cada una de las muestras se determinaron los % de arena, limo y arcilla, según la siguiente tabla donde tenemos los rangos de variación de las clases texturales.

CLASE TEXTURAL	RANGO (%) EN EL CONTENIDO DE		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
Arenosa	100 – 85	15 – 0	10 – 0
Arenosa franca	90 – 70	30 – 0	15 – 0
Franco arenosa	85 – 43	50 – 0	20 – 0
Franca	52 – 23	50 – 32	27 – 7
Franco limosa	50 – 0	87 – 50	27 – 0
Limosa	20 – 0	100 – 80	12 – 0
Franco arcillo arenosa	80 – 45	28 – 0	35 – 20
Franco arcillosa	45 – 20	53 – 15	40 – 27
Franco arcillo limosa	20 – 0	73 – 40	40 – 27
Arcillo arenosa	67 – 45	20 – 0	55 – 35
Arcillo limosa	20 – 0	60 – 40	60 – 40
Arcillosa	45 – 0	40 – 0	100 – 40

Tabla 4. Clases texturales.

El tipo de textura arcillosa presenta características limitantes en la agricultura causando efectos como:

- Los niveles óptimos de laboreo son altos y se requieren equipos con alta potencia para llevarlo a cabo.
- El suelo mojado es muy pegajoso y seco es muy duro.
- El suelo tiene una muy baja permeabilidad: es muy susceptible a encharcamiento y a problemas de mal drenaje y de acumulación de sales y de Na.
- Se presenta una alta incidencia de daño mecánico y muerte en las raíces por efecto de la trituración a que son sometidas cuando el suelo se seca.

En los lotes donde se da pastoreo se genera una mayor compactación del suelo, en texturas arcillosas se presenta pérdida de materia orgánica, encostramiento superficial del suelo y reducción de espacios vacíos disponibles para el desarrollo de las raíces. La compactación impide la penetración de las raíces, la infiltración y el drenaje.

Recomendaciones del Riego

Todas las actividades antrópicas que se realizan para la adecuación del suelo en el que se va a cultivar generan efectos tanto positivos como negativos, todo de acuerdo con los resultados esperados agronómicamente. A continuación, se presenta una tabla con las actividades que se realizan habitualmente y los efectos que estas tienen sobre el suelo.

ACTIVIDAD	EFECTO SOBRE EL SUELO
La fertilización	Mejora productividad, aumenta producción de biomasa y población de microorganismos, incrementa el aporte de materia orgánica; en exceso puede producir el efecto contrario al causar toxicidades y/o contaminación.
El abonado orgánico	Produce los mismos efectos que la fertilización. Además, mejora la estructura del suelo con todo lo que esto implica en las condiciones hídricas y mecánicas de él.
El enclavamiento	Mejora la nutrición vegetal y el ambiente para los microorganismos aunque es posible que se alteren las relaciones poblacionales entre grupos; puede mejorar la estructura y alterar las características del intercambio iónico de bases.
El riego	Cambia el comportamiento hídrico, incrementa la velocidad de procesos como solubilización, hidratación e hidrólisis, aumentando la alteración de minerales y de materia orgánica; si se hace bien mejora productividad; mal hecho puede producir salinidad o sodicidad y el consecuente deterioro físico y químico; también puede producir erosión.
El drenaje	Aumenta la aireación y por tanto acelera procesos de mineralización de materia orgánica y alteración de ciertos minerales; favorece la estructuración; en exceso, en ciertos suelos, puede causar dificultades para el humedecimiento posterior.
La mecanización	Mejora la aireación con todos sus beneficios, hecha adecuadamente; aumenta las posibilidades de la planta para explorar el suelo con el consiguiente aporte de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes; si se hace inadecuadamente, se deteriora la estructura y se puede llegar a compactar el suelo; además, se pueden generar problemas de erosión.
El uso irracional (Tipo y/o intensidad de uso no adecuados a las posibilidades del suelo).	Genera deterioro severo en sus propiedades, lo que se refleja en una pérdida de productividad y de cobertura vegetal, aumentando la susceptibilidad a la erosión; la aplicación intensiva de insumos a un suelo con baja productividad puede generar problemas de contaminación, tanto del suelo mismo, como de otros recursos como el agua.
Las construcciones	Eliminan el suelo completamente, casi siempre.

Tabla 5. Efectos de las actividades agrícolas sobre el suelo.

En gran proporción del área en donde se realizaron los muestreos se observa una textura arcillosa, para este tipo de textura la cantidad de humedad aumenta linealmente al aumentar el contenido de arcilla, conservándose constantemente las fuerzas de retención.

Una de las propiedades que se evalúa en el momento del diseño de un adecuado sistema de riego es la infiltración, propiedad que nos permite evaluar la velocidad de entrada del agua al suelo., definiendo cuanto tiempo debe de permanecer el agua sobre la superficie, esto con el fin de dar una adecuada humedad. En suelos de condiciones arcillosas se presentan dos fenómenos en cuanto a la cantidad de agua en la superficie: en exceso se generan encharcamientos y texturas pegajosas que generaran en nuestras plantas pudrición de la raíz, en momentos donde el suelo se encuentra completamente seco se genera el encostramiento superficial, este proceso comprende el desprendimiento o el quiebre del suelo generando limitaciones en la emergencia de las plántulas, reducción del intercambio gaseoso en el suelo y aumento de la escorrentía.

Para un manejo de los parámetros presentados anteriormente se recomienda tener precaución especial con la caída de gotas desde alturas considerables, la formación de gotas grandes y el secado del suelo. **Se propone un tipo de riego de baja intensidad, con alta frecuencia y con un tamaño de gota pequeño.** En este tipo de suelo ayuda el mulch para mantener la humedad en el suelo y evitar el encostramiento, además este tipo de texturas requieren niveles de laboreo altos y equipos con alta potencia, en donde un suelo mojado se presenta muy pegajoso y seco muy duro, susceptible a problemas de mal drenaje y acumulación de sales.

El riego consiste en suministrarle a la planta el agua que le haga falta, debido a que las condiciones de precipitación en la localidad de la producción no alcanzan a satisfacer su demanda hídrica. La forma en cómo se suministra depende del clima, el cultivo y el suelo.

Uno de los medios es el riego superficial, en donde se deja el agua correr dejando el suelo en contacto con esta un determinado tiempo, de modo que pueda penetrar. Este tipo de riego no es recomendable para el tipo de suelo con el que contamos ya que por sus condiciones se genera pudrición en las raíces y encharcamientos que propician texturas pegajosas y lisas que traen consigo daños en la estructura del suelo.

El riego por aspersión es un sistema que trata de aplicar el agua simulando la lluvia, para el tipo de suelo con el que estamos contando se debe de verificar que la gota de agua sea lo suficientemente pequeña que evite generar una mayor compactación en el suelo, Este sistema debe de evitar en caso de tener cultivos susceptibles a enfermedades fungosas (Dabeiba cuenta con una alta humedad condición benéfica para el desarrollo de hongos patógenos), sin embargo, mayor eficiencia y mejor uniformidad en la penetración del suelo, menor peligro de erosión, permite la aplicación de abonos líquidos o solubles en agua, mejora la distribución de agua en los cultivos, no hay escorrentía y tiene bajos costos de operación.

El riego localizado es el sistema que aplica el agua solo en aquella porción del suelo ocupada por las raíces. El riego por goteo es el más conocido, utilizando bajos caudales y una alta frecuencia en el riego, ajustable a cualquier pendiente y generando un control de malezas en el cultivo. Sin embargo, se requiere de un personal calificado para su manejo y es el sistema más costoso en equipos por hectáreas regada.

Los errores más comunes en el momento de la implementación en el sistema de riego esta dado en ocasiones por el sistema de drenajes implementado y el uso de aguas inadecuadas para llevar a cabo esta práctica. En caso de aplicar más agua de lo requerido se generará lixiviación o en caso contrario la planta va a sufrir estrés hídrico, en el suelo habrá solubilidad de sales y otros compuestos que se convertirán en limitantes químicos para el desarrollo radicular.

Según el tipo de cultivo se recomienda un tipo de sistema de riego. El sistema que mejor se adapta a los cultivos, que permite una eficiencia entre el 90 y el 95% del recurso hídrico, evita ambientes propicios para el desarrollo de hongos patógenos, que puede controlar la frecuencia y evita aumentar la compactación del suelo es el sistema por goteo, de esta forma y con los análisis antes mencionados se sugiere la implementación de este sistema.

Producto	Observación
Piña	<ul style="list-style-type: none"> • Buena humedad en el suelo. • Evitar el déficit hídrico en las primeras etapas de desarrollo. • Susceptible a exceso de agua principalmente un mes antes de la cosecha.
Jengibre	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar el riego en caso de excedernos podemos provocar pudrición. • Requiere un suelo húmedo.

Limón Tahití	<ul style="list-style-type: none"> • Indispensable el riego en el momento del trasplante. • Buena humedad y aireación en el suelo.
Vainilla	<ul style="list-style-type: none"> • Riego esporádico durante el primer mes. • Evitar que el suelo se seque completamente. • Evitar encharcamiento.
Cacao	<ul style="list-style-type: none"> • 1.500 a 2.500mm repartidos en el año en zonas cálidas. • 1.200 a 1.500mm repartidos en el año en zonas húmedas.
Maíz	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de fertirrigación. • Aumento de la producción.

Tabla 6. Observaciones según el tipo de cultivo.

Hay otros cultivos que requieren otro tipo de riego debido a sus condiciones, como lo es el arroz en el que se seleccionara el predio con mayor capa de arcilla en sus horizontes con el fin de permitir la inundación del cultivo, el cultivo de yuca y plátano nos permite usar sistema de riego por aspersión en donde las gotas del sistema sean lo más finas posibles.

Es necesario aclarar que un sistema de riego por goteo presenta un mayor costo debido al sistema de filtrado con el que este debe de contar. En caso de que el presupuesto no permita realizar un sistema de riego completo en el área de los cultivos, se puede optar por sistemas modulares que permita la rotación en los momentos donde los cultivos requieran del suministro hídrico; contemplando 2 condiciones:

1. Una buena planeación en los cultivos a implementar.
2. Considerar el módulo de acuerdo con la mayor área del cultivo correspondiente.

DRENAJE

El drenaje en sistemas productivos son técnicas que permiten eliminar en forma rápida y segura el agua libre en la superficie del suelo y/o de la zona radicular del mismo, con el fin de evitar daños a la planta y mantener unas condiciones óptimas en el suelo.

Hay 2 tipos de aguas que deben de ser controladas en el momento del establecimiento de cultivos, un tipo de agua son las superficiales que se dan por un aguacero o por el riego, otro control que se debe de realizar son los niveles freáticos. En caso de que no se realicen los drenajes pertinentes en los suelos se presentara la reducción de O₂ y el aumento de CO₂ reduciendo la respiración de la planta y, por ende, la absorción de nutrientes y agua, además la transformación de elementos a formas toxicas para las plantas y los microorganismos, incremento en las perdidas de nitrógeno por volatilización, deterioro en la estructura del suelo y reducción del desarrollo radicular.

El mantenimiento físico adecuado se da mediante la implementación de sistemas de riego y de drenaje, así como con el manejo de coberturas en el suelo. Estas prácticas nos ayudan a evitar la erosión, las quemadas, la sobre mecanización, entre otras. El tipo de textura presente en el análisis de suelo nos muestra que predomina un material arcilloso que por sus condiciones es de mal drenaje, conllevando a un déficit de aireación y presencia de algunos compuestos tóxicos para las plantas.

El tipo de textura arcillosa se presenta en un gran horizonte de los suelos con los que cuenta la finca, es importante corroborar las profundidades radiculares con los que cuentan los cultivos a implementar, mostrados a continuación.

Producto	Profundidad radicular (cm)
Piña	15 - 60
Vainilla	30
Jengibre	50 - 100
Limón Tahití	200
Cacao	120 - 200
Maíz	35 - 60
Yuca	60
Plátano	120 - 200

Tabla 7. Profundidad radicular según el cultivo.

Con esta información más los niveles freáticos presentes en los lotes, es importante disponer el tipo de cultivo en donde no se vea afectada su raíz por factores climáticos que pueden ser manejados solo con una planeación. El cultivo de limón, cacao y plátano requieren de una mayor profundidad en sus raíces para un mejor desarrollo y una buena producción por eso es necesario que estos sean localizados en puntos donde el nivel freático este por encima de los 240cm optando por un nivel preventivo del 20%. Esto con el fin de minimizar los posibles efectos adversos debido al aumento en el nivel freático. Los otros cultivos requieren de una menor profundidad radicular por eso se localizarán en áreas en donde los niveles freáticos no sean de una alta profundidad la piña en lugares donde tenga un nivel freático máximo de 72cm, vainilla 40cm, jengibre 120cm y el maíz 72cm.

Para la corrección del nivel freático en caso de ser requerido se necesita de un drenaje subsuperficial que consta de 3 tipos de drenes: laterales, colectores y dren principal. Los drenes laterales se disponen paralelos unos y otros y tienen como misión principal el control de la profundidad de la capa freática. Los drenes colectores, tienen como misión transportar el agua extraída por los laterales hasta el dren principal donde se produce la descarga del sistema. El dren principal puede ser natural o artificial.



Figura 6. Tipo de dren subsuperficial

Un drenaje superficial permite facilitar el flujo del exceso de agua hacia los colectores, ejecutar este es un poco más complicado debido al micro relieve con el que cuentan normalmente todo tipo de terreno. Se requiere manejar de forma adecuada las pendientes con el fin de evacuar el agua.



Figura 7. Tipo de dren superficial

Un mal drenaje puede traer consigo:

Son muchos factores que se ven afectados por temas de un mal drenaje, por eso se recomienda realizar un buen sistema, que permita minimizar los impactos generados por las fuertes lluvias que se dan en la zona y evitar la pérdida en los sistemas productivos a implementar (Tabla 8).

FACTOR	SUELO BIEN DRENADO	SUELO MAL DRENADO
Aireación del Suelo	15 – 20 % oxígeno	Menos de 5% de oxígeno
Temperatura del suelo	Normal	1 a 5 ° C más baja
Disponibilidad de nutrientes	Normal	Escasa a nula
Trabajabilidad y capacidad de soporte del suelo	Soporta peso sin destrucción de su estructura, ni compactación	Se destruye estructura del suelo y éste se compacta fácilmente
Mecanización	Preparación de suelos óptima en calidad y oportunidad	Deficiente preparación de suelo y con retraso.
Problemas Sanitarios	Normales	Se acentúan problemas en plantas, animales y humanos.
Daños a Infraestructura	Mejor mantención	Mayor daño y menor vida útil (Ej.: caminos)

Tabla 8. Comparativo de los beneficios de un buen drenaje.

Análisis fisicoquímico del suelo

El análisis de suelo es la forma más sencilla y económica de diagnosticar fisicoquímicamente un suelo y llegar a una buena recomendación de nutrientes para los diferentes sistemas productivos que se establezcan en los terrenos donde se tomaron las muestras de suelo. La propuesta de una buena nutrición vegetal es poder llevar la correlación y calibración de los minerales a la media de sus “niveles críticos”, la cual es la

teoría que relaciona la respuesta de los cultivos cuando se aplica un determinado nutriente. Llevando a entender que, si un nutriente se encuentra por debajo o por encima de sus niveles críticos, el crecimiento de las plantas se verá afectado en forma negativa o positiva según su concentración.

Por tal razón, los análisis de suelos nos ayudan a determinar qué grado de suficiencia o deficiencia se encuentran los nutrientes en el suelo y su disponibilidad, además de determinarnos condiciones adversas o positivas que nos perjudiquen o favorezcan los cultivos, así mismo condiciones como la acidez excesiva, la salinidad, la toxicidad de algunos elementos ya sea por excesos o porque son metales pesados que perjudican la salud animal y/o humana. Sin embargo, cabe resaltar que cuando se obtiene un suelo que cumple positivamente las condiciones químicas, puede afectar el potencial productivo las condiciones físicas, como el mal drenaje, el exceso de humedad entre otras. Esto llevando a que debemos tomar siempre en cuenta las dos condiciones: físicas y químicas, para determinar las labores a realizar y garantizar una buena productividad, determinando programas de fertilización y monitorear la extracción de los nutrientes por las explotaciones agropecuarias.

Método de Muestras de suelo.

El proceso del muestreo de los suelos es determinante para obtener datos más homogéneos, ya que el error que más se comete es la toma mínima de muestras y no se es consciente que el laboratorio recibe 0,5 kg de suelo como muestra lo cual va a representar millones de kg del terreno donde se tomó esta, por lo cual es recomendable tomar muestras cada 3.300 a 5.000 metros cuadrados y así disminuir la variabilidad del error y estar con datos más certeros del terreno y sus condiciones.

La porción de material seleccionado para la muestra de suelo se sustrajo con un barreno Holandés de 20 cm de profundidad en un área definida por coordenadas, donde se tomaron 3 submuestras en diferentes profundidades (20 cm, 40 cm, y 60 cm) para homogenizar una muestra representativa (1000 gramos aprox.) en un balde, posteriormente empacado en doble bolsa ziploc y por último el rotulado de la muestra siguiendo al pie de la letra los parámetros exigidos por el laboratorio. Este protocolo fue para las muestras de suelo para análisis físico, químico y metales pesados.

Figura 8. Recolección de muestras de suelo, empaque y rotulado.



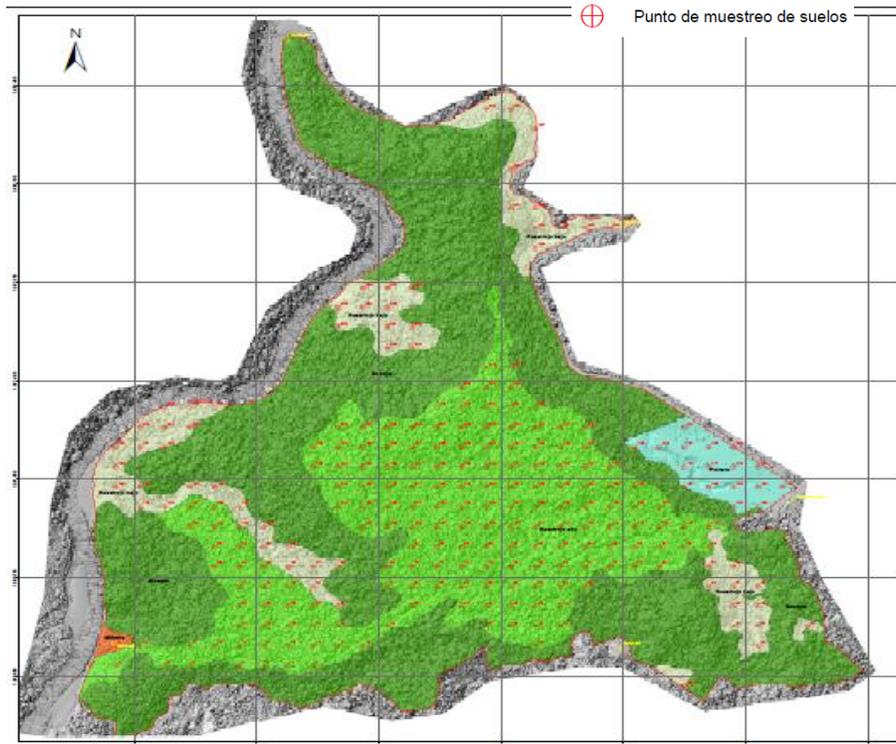


Figura 9. Puntos para la muestra de suelos en la ortofoto del predio en las zonas de producción agropecuaria.

Interpretación de los resultados

La interpretación de los resultados obtenidos en los análisis de suelo está basada en la teoría del “Nivel Crítico” de los minerales en el suelo y esta representados en el siguiente cuadro. Estas tablas se realizaron por la unión de diferentes investigaciones de invernaderos y campo en calibración y correlación de análisis de suelos, y con experiencia acumulada por laboratorios especialistas, la mayoría vinculados al sector público y académico. Estas tablas clasifican los contenidos de los minerales en varias categorías: bajo o deficiente, medio o suficiente, óptimo o adecuado y alto o excesivo. (Molina, 2011)

Tabla 9. interpretación de análisis de suelos (Molina y Mendez 2020).

	Bajo	Medio	Optimo	Alto
pH	<5	5-6	6-7	>7
N total %	<0,07	0,07-0,1	0,1-0,24	>0,24
Ca cmol/L	<4	4-6	6-15	>15
Mg cmol/L	<1	1-3	3-6	>6
K Cmol/L	<0,2	0,2-0,5	0,5-0,8	>0,8
Acidez Cmol/L		0,3-1	+0,3	
S.A %		10-30	-10	>30
P mg/L	<12	12-20	20-50	>50
Fe mg/L	<5	5-10	10-50	>50
Cu Mg/L	<0,5	0,5-1	1-20	>20
Zn mg/L	<2	2-3	3-10	>10
Mn mg/L	<5	5-10	10-50	>50
B mg/L	<0,2	0,2-0,5	0,5-1	>1
S mg/L	<12	12-20	20-50	>50
Na mg/Kg	<10.000	10.000-30.000	30.000-90.000	>90.000
MO %	<2	2-5	5-10	>10
Relaciones	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
	2-5	5-25	2,5-15	10-40

Tabla 10. interpretación de análisis de metales pesados (Icontec, 2011)

Referencia	Arsénico[ug/kg]	Mercurio[ug/kg]	Cadmio[ug/kg]	Cromo[ug/kg]	Niquel[ug/kg]	Plomo[ug/kg]
VERDE (PERMITIDO)	<25.000	<9.000	<20.000	<700.000	<200.000	<120.000
AMARILLO (MEDIANAMENTE PERMITIDO)	25.000-45.000	9.000-17.000	20.000-39.000	700.000-1.200.000	200.000-420.000	120.000-300.000
ROJO (NO PERMITIDO)	>45.000	>17.000	>39.000	>120.0000	>420.000	>300.000

El predio se dividió en 9 lotes para su mejor interpretación, sin embargo, es importante resaltar que a medida que se vayan seleccionando los diferentes sistemas productivos, se recomendará los terrenos más aptos para estos, de acuerdo con el ejercicio que se está planteando para trabajar mancomunadamente con los técnicos del PNUD, ARN, PROANTIOQUIA y SALVA TERRA.

Tabla 11. Clasificación de los suelos con base en su CE_e y el efecto general sobre los cultivos.

CE _e	Condiciones de salinidad y efecto sobre las plantas
<1	Suelo libre de sales. No existe restricción para ningún cultivo.
1-2	Suelo muy bajo en sales. Algunos cultivos muy sensibles pueden ver restringidos sus rendimientos.
2-4	Suelo moderadamente salino. Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en su rendimiento.
4-8	Suelo salino. El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
8-16	Suelo altamente salino. Solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
>16	Suelo extremadamente salino. Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

Tabla 12. Clasificación de densidades aparentes requeridas, de acuerdo con las texturas de los suelos

Textura de suelo	Densidad aparente ideal para el crecimiento de raíces (g/cm ³)	Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (g/cm ³)
Arenoso, franco arenoso	<1.6	>1.8
Franco arenoso, Franco	<1.4	>1.8
Franco arcillo arenoso, franco arcilloso	<1.4	>1.75
Limoso, franco limoso	<1.4	>1.75
Franco arcillo limoso	<1.4	>1.65
Arcillo arenoso, arcillo limoso, franco arcilloso	<1.1	>1.58
Arcilloso (>45% arcilla)	<1.1	>1.47

Fuente: USDA,2015.

Como recomendación para cuando se establezcan o se comience con la formulación de los cultivos a establecer, se debe tener en cuenta la siguiente fórmula para la nutrición de estos:

Cálculos de Necesidades de Fertilización:

$$NF = \frac{(Rcn - S)}{E} \times 100$$

NF: Necesidades de Fertilización

S: Disponibilidad de nutrientes en el suelo (Kg/ha)

Rnc: Requerimientos nutricionales del cultivo ponderado para su potencial de producción.

E: Eficiencia de la fertilización %

Tabla 14. Lote # 1 Potreros 10.15 hectáreas

[pH_unit]	Conductividad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla [%]	Arena [%]	Limo [%]	Textura [Adimensional]	Densidad Aparente [g/cm ³]
5,32	0,14	29,47	6,10	3,29	5,68	0,27	34,81	36,09	29,11	Arcilloso Arenoso	1,12

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganeso [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,16	4,11	0,74	50,89	1,14	66,20	23,47	8,67	2,16	0,07	16,91	10,62	32,20

El lote 1 son los potreros que se encuentran al ingreso del predio, este lote se encuentra con un pH de 5.32, el cual lo lleva a una clasificación moderadamente ácido. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando como resultado un suelo con un promedio de 1.14 meq/100 g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta y la solubilidad máxima de los nutrientes. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 32.2%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote #1 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Para lograr mejorar el suelo se recomiendan aplicaciones de sulfato de calcio (Yeso Agrícola – CaSO₄), silicato de magnesio (MgSiO₃), harina de rocas, carbonato de calcio (CaCO₃) y sulfato de potasio (K₂SO₄), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de gramíneas requiere suelos que tengan un pH entre 5.8 y 7.2. Lo que significa que en promedio requerimos que el suelo este en 6.5 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 1.18 unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocál, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$$1,18 \times 6.700 = 7.900 \text{ kg/ha} \times 10.15 \text{ ha} = 80.185 \text{ kg de carbonato de calcio para el lote 1}$$

Ya que el carbonato de calcio contiene el 40% de Ca, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 32.074 kg de Ca puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con 7.000 kg de Ca aplicando 30.450 kg de CaSO₄, más 4.000 kg de Silicio (Si) puro y 7.000 kg de Magnesio (Mg) puro

aplicando 27.000 kg de $MgSiO_3$, más 5.400 kg de harinas de rocas, más 14.000 kg de Ca puros aportados en 35.000 kg de $CaCO_3$. Para mejorar las 10.15 ha, si fuera de gramíneas y mantener una relación Ca/Mg de 3. Adicional, se recomienda incorporar 2.250 kg de K_2SO_4 para un aporte de 1.008 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 9 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 28 de (Ca y Mg) y 1 de (K), así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola. Cabe resaltar que a pesar con el poco contenido de nutrientes las relaciones de Ca/Mg; Mg/K; Ca/K y (Ca+Mg) /K están en una correcta proporción.

Tabla 15. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasio [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
4,55	21,63	5,37	24,36

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se considera que es **Bajo** cuando tienen menos de 15 meq/100g, **Mediana** entre 15 meq/100 g a 35 meq/100g, **Óptimo** entre 35 meq/100 g a 45 meq/100g y **Alto** mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICe baja por estar en 6.1 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están bajos. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, en un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.16 meq/100 g. lo cual es significativamente muy bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como el plátano; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 50.89 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,221 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra en el rango bajo, ya que contiene 0.74 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100 gr de igual forma se encuentra el catión de **Calcio (Ca)** que está en 4.11 meq/100g. y el rango óptimo es entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 1.14 meq/100g. el cual es muy necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 66.2 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. **El Zinc (Zn)** se encuentra en un rango mediana mente bajo con 2.16 ppm, ya que su rango óptimo es estar entre 3 y 10 ppm. **El cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm en el caso del Cu. El **Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos más altos del suelo, ya que se encuentra en 0.26% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos

óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra en un rango medio bajo con 16.91 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer una mineralización que nos puede costar altas sumas de dinero.

El Boro (B) se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.07 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 10.62 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en 5.68%, lo cual nos muestra que está en los rangos óptimos que requiere un suelo. Ya que estos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitaran problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,14dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento se ve afectado, el lote numero 1 cuenta con un tipo de textura Arcilloso Arenoso con una densidad de 1,12g/cm³ lo que favorece el crecimiento de las raíces y por ende el desarrollo de las plantas no se ve obstruido. Este índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.58g/cm³ para el tipo de textura que tiene el suelo.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167 que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 16. Contenido de metales pesados.

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Niquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
4.730	194	1.960	37.800	2.710	0

Tabla 17. Lote # 2 Seguridad Alimentaria de 5.07 hectáreas

[pH_unit]	Conductividad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica Efect [meq/100g]	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla[%]	Arena[%]	Limo[%]	Textura [Adimensional]	Densidad Aparente [g/cm3]
5,03	0,12	30,77	14,15	1,71	2,95	0,14	51,00	35,15	13,85	Arcilloso	1,28

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiabl e (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganes o [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,18	4,65	1,20	52,00	8,88	68,49	31,80	6,59	1,90	0,13	2,32	8,17	66,75

El lote 2 está destinado para seguridad alimentaria, se encuentra con un pH de 5.03, que está en el límite inferior de los suelos moderadamente ácido casi pasando a un suelo extremadamente ácido, lo cual es normal en los suelos tropicales. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando como resultado un suelo con un promedio de 8.88 meq/100 g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 66,75%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote #2 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Por otro lado, y tratando de correlacionar lo encontrado por el Ingeniero forestal Eliecer Valencia Ceballos en el diagnóstico de vegetación y forestal del predio, se encuentra coherente que exista rastrojo bajo ya que en este tipo de suelos es muy difícil que se desarrolle la flora.

Para lograr mejorar el suelo se recomiendan aplicaciones de sulfato de calcio (Yeso Agrícola – CaSO_4), silicato de magnesio (MgSiO_3), harina de rocas, carbonato de calcio (CaCO_3) y sulfato de potasio (K_2SO_4), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de maíz requiere suelos que tengan un pH entre 6 y 7.2. Lo que significa que en promedio requerimos que el suelo este en 6.9 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 1.87 unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocal, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$1,87 \times 6.700 = 12.529 \text{ kg/ha} \times 5,07 \text{ ha} = 63.522,03 \text{ kg}$ de carbonato de calcio para el lote 2

Ya que el carbonato de calcio contiene el 40% de Ca, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 25.408,812 kg de Ca puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con 5.400 kg de Ca aplicando 23.500 kg de CaSO_4 , más 4.000 kg de Silicio (Si) puro y 5.200 kg de Magnesio (Mg) puro aplicando 20.000 kg de MgSiO_3 , más 5.000 kg de harinas de rocas, más 10.800 kg de Ca aportados en 27.000 kg de CaCO_3 . Para mejorar las 5.07 ha, si fuera de maíz y mantener una relación Ca/Mg de 3. Adicional, se recomienda incorporar 2.250 kg de K_2SO_4 para un aporte de 1.000 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 5 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 21.4 de Ca y Mg y 1 K de 21.4 a 1 y así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola. Cabe resaltar que a pesar con el poco contenido de nutrientes las relaciones de Ca/Mg; Mg/K; Ca/K y (Ca+Mg) /K están en una correcta proporción.

Tabla 18. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasio [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
4,96	17,45	6,44	23,25

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se considera que es bajo cuando tienen menos de 15 meq/100g, Mediana entre 15 meq/100 g a 35 meq/100g, óptimo entre 35 meq/100 g a 45 meq/100g y alto mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICe baja por estar en 14.15 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están bajos. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, para un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.18 meq/100 g. lo cual es significativamente muy bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como el plátano; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 52 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,226 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra casi en el rango bajo a pesar de que se clasifica como medio, ya que contiene 1,2 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100 gr de igual forma se encuentra el catión de **Calcio (Ca)** que está en 4.65 meq/100g. y el rango óptimo es entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra muy alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 8.8 me/100g. el cual es muy necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 68.49 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. El **Zinc**

(Zn) se encuentra bajo en 1.9 ppm. ya que su rango óptimo es estar entre 3 y 10 ppm. El **Cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm. El **Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos óptimos del suelo, ya que se encuentra en 0.14% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra muy por debajo de estas cifras, puesto que está en 2.32 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer un encalado con este elemento.

El **Boro (B)** se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.13 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 8.17 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica también está limitada en este lote puesto que se encuentra en 2.95% y los rangos óptimos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitara problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,12dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento se ve afectado, el lote numero 2 cuenta con un tipo de textura arcilloso con una densidad de 1,28g/cm³ lo que favorece el crecimiento de las raíces y por ende el desarrollo de las plantas no se ve obstruido. Este índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.47g/cm³ para el tipo de textura que tiene este lote.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167

que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 19. Contenido de metales pesados.

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Niquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
1.905	145	1.082	30.663	12.554	0

Tabla 20. Lote # 3 de 18.21 hectáreas

[pH_unit]	Conductividad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla [%]	Arena [%]	Limo [%]	Textura [Adimensional]	Densidad Aparente [g/cm ³]
4,95	0,14	32,67	4,94	3,36	5,78	0,28	36,45	33,17	30,38	#DIV/0!	1,11

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganeso [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,19	1,63	0,84	45,91	2,12	77,75	29,78	8,71	2,50	0,16	9,31	10,25	45,48

El lote 3 de 18.21 ha, este lote se encuentra con un pH de 4.95, el cual lo lleva a una clasificación ácido. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando como resultado un suelo con un promedio de 2.12 meq/100 g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta y la solubilidad máxima de los nutrientes. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 45.48%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote #3 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Para lograr mejorar el suelo se recomiendan aplicaciones de sulfato de calcio (Yeso Agrícola – CaSO₄), silicato de magnesio (MgSiO₃), harina de rocas, carbonato de calcio (CaCO₃) y sulfato de potasio (K₂SO₄), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de Limón Tahití requiere suelos que tengan un pH entre 5.5 y 6.5. Lo que significa que en promedio requerimos que el suelo este en 6 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 1.05 unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocál, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$1,05 \times 6.700 = 7.035 \text{ kg/ha} \times 18.21 \text{ ha} = 128.107,35 \text{ kg}$ de carbonato de calcio para el lote 2

Ya que el carbonato de calcio contiene el 40% de Ca, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 51.242,94 kg de Ca puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con los siguientes minerales: 12.000 kg de Ca aplicando 52.174 kg de CaSO_4 , más 7.700 kg de silicio (Si) puro y 14.000 kg de magnesio (Mg) puro aplicando 53.850 kg de MgSiO_3 , más 8.000 kg de harinas de rocas, más 30.000 kg de Ca puros aportados en 75.000 kg de CaCO_3 . Para mejorar las 18.21 ha, si fuera de Limón Tahití y mantener una relación Ca/Mg de 3. Adicional, se recomienda incorporar 4.500 kg de K_2SO_4 para un aporte de 2.000 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 7 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 28 de Ca y Mg y 1 K de 28 a 1 y así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola. Cabe resaltar que a pesar con el poco contenido de nutrientes las relaciones de Ca/Mg; Mg/K; Ca/K y (Ca+Mg)/K están en una correcta proporción.

Tabla 21. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasio [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
2,07	8,82	5,03	13,40

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se considera que es **Bajo** cuando tienen menos de 15 meq/100g, **Mediana** entre 15 meq/100g a 35 meq/100g, **Óptimo** entre 35 meq/100 g a 45 meq/100g y **Alto** mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICe baja por estar en 4.94 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están bajos. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, en un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.19 meq/100 g. lo cual es significativamente muy bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como el plátano; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 45.91 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,2 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra en el rango bajo, ya que contiene 0.84 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100 gr de igual forma se encuentra el catión de **Calcio (Ca)** que está en 1.63 meq/100g. y el rango óptimo es entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 2.12 meq/100g. el cual es muy necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 77.75 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. **El Zinc (Zn)** se encuentra en un

rango mediana mente bajo con 2.5 ppm, ya que su rango óptimo es estar entre 3 y 10 ppm. **El cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm en el caso del Cu. El **Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos más altos del suelo, ya que se encuentra en 0.28% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra en un rango bajo con 9.31 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer una mineralización que nos puede costar altas sumas de dinero.

El Boro (B) se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.16 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 10.25 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en 5.78%, lo cual nos muestra que está en los rangos óptimos que requiere un suelo. Ya que estos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitara problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,14dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento se ve afectado, el lote numero 3 cuenta con un tipo de textura Franco Arcilloso con una densidad de 1,11g/cm³ la cual es una densidad óptima, lo que favorece el crecimiento de las raíces y por ende el desarrollo de las plantas no se ve obstruido. El índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.75g/cm³ para el tipo de textura que tiene este lote.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167 que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 22. Contenido de metales pesados.

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Níquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
3.440	190	1.534	32.745	8.833	0

Tabla 23. Lote # 4 de 32 hectáreas.

[pH_unit]	Conductividad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla [%]	Arena [%]	Limo [%]	Textura [Adimensional]	Densidad Aparente [g/cm3]
5,05	0,10	31,51	4,45	2,63	4,53	0,22	41,54	34,41	24,04	#1DIV/0!	1,17

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganeso [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,17	1,19	0,57	43,74	2,42	73,49	23,02	9,29	1,99	0,13	6,86	8,68	47,39

El lote 4 de 32 has, este lote se encuentra con un pH de 5.05, el cual lo lleva a una clasificación medio ácido. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando como resultado un suelo con un promedio de 2.42 meq/100g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta y la solubilidad máxima de los nutrientes. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 47.39%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote #4 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Para lograr mejorar el suelo se recomiendan aplicaciones de sulfato de calcio (Yeso Agrícola – CaSO₄), silicato de magnesio (MgSiO₃), harina de rocas, carbonato de calcio (CaCO₃) y sulfato de potasio (K₂SO₄), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de Plátano requiere suelos que tengan un pH entre 6.5 y 7. Lo que significa que en promedio requerimos que el suelo este en 6.75 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 1.7

unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocal, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$$1,7 \times 6.700 = 11.390 \text{ kg/ha} \times 32 \text{ ha} = 364.480 \text{ kg de carbonato de calcio para el lote 4}$$

Ya que el carbonato de calcio contiene el 40% de Ca, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 145.792 kg de Ca puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con los siguientes minerales: 30.000 kg de Ca aplicando 130.450 kg de CaSO_4 , más 30.770 kg de silicio (Si) puro y 40,000 kg de magnesio (Mg) puro aplicando 153.850 kg de MgSiO_3 , más 24.000 kg de harinas de rocas, más 90.000 kg de Ca puros aportados en 225.000 kg de CaCO_3 . Para mejorar las 32 has, si fuera de Plátano y mantener una relación Ca/Mg de 3. Adicional, se recomienda incorporar 14.300 kg de K_2SO_4 para un aporte de 6.400 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 8.75 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 25 de Ca y Mg y 1 K de 25 a 1 y así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola, en especial el cultivo del plátano. Cabe resaltar que a pesar con el poco contenido de nutrientes las relaciones de Ca/Mg; Mg/K; Ca/K y (Ca+Mg)/K están en una correcta proporción.

Tabla 24. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasio [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
2,19	8,07	3,64	11,71

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se considera que es **Bajo** cuando tienen menos de 15 meq/100g, **Mediana** entre 15 meq/100g a 35 meq/100g, **Óptimo** entre 35 meq/100 g a 45 meq/100g y **Alto** mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICe baja por estar en 4.45 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están bajos. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, en un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.17 meq/100 g. lo cual es significativamente muy bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como el plátano; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 43.74 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,19 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra en el rango bajo, ya que contiene 0.57 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100 gr de igual forma se encuentra el catión de **Calcio (Ca)** que está en 1.19 meq/100g. y el rango óptimo es entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 2.42 meq/100g. el cual es muy necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es

preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 73.49 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. **El Zinc (Zn)** se encuentra en un rango bajo mente bajo con 1.99 ppm, ya que su rango óptimo es estar entre 3 y 10 ppm. **El cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm en el caso del Cu. El **Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos óptimos del suelo, ya que se encuentra en 0.22% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra en un rango bajo con 6.86 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer una mineralización que nos puede costar altas sumas de dinero.

El Boro (B) se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.13 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 8.68 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en 4.53%, lo cual nos muestra que está en los rangos medios bajos que requiere un suelo. Ya que estos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitara problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,10dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento se ve afectado, el lote numero 1 cuenta con un tipo de textura Arcilloso con una densidad de 1,17g/cm³ que está en una densidad casi óptima, ya que esta densidad debería de estar por debajo de 1.1 g/cm³, lo que favorece el crecimiento de las raíces y por ende el desarrollo

de las plantas no se ve obstruido. Este índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.47g/cm^3 para el tipo de textura que tiene el suelo.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167 que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 25. Contenido de metales pesados.

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Níquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
4.037	172	1.786	38.211	8.127	0

Tabla 26. Lote # 5 de 14 hectáreas

[pH_unit]	Conductividad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla [%]	Arena [%]	Limo [%]	Textura [Adimensional]	Densidad Aparente [g/cm ³]
5,05	0,13	35,73	8,94	2,50	4,31	0,21	50,36	27,78	21,86	Arcilloso	1,16

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganeso [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,19	3,40	0,92	50,12	4,52	74,62	28,78	4,58	1,75	0,14	4,17	8,06	52,62

El lote 5 de 14 has, este lote se encuentra con un pH de 5.05, el cual lo lleva a una clasificación medio ácido. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando como resultado un suelo con un promedio de 4.52 meq/100g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta y la solubilidad máxima de los nutrientes. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 52.62%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote #5 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Para lograr mejorar el suelo se recomiendan aplicaciones de sulfato de calcio (Yeso Agrícola – CaSO_4), silicato de magnesio (MgSiO_3), harina de rocas, carbonato de calcio (CaCO_3) y sulfato de potasio (K_2SO_4), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de Piña requiere suelos que tengan un pH entre 4.5 y 5.5. Lo que significa que en promedio requerimos que

el suelo este en 5 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 0.05 unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocál, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$0,05 \times 6.700 = 335 \text{ kg/ha} \times 14 \text{ ha} = 4.690 \text{ kg}$ de carbonato de calcio para el lote 5

Ya que el carbonato de calcio contiene el 40% de Ca, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 134 kg de Ca puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con los siguientes minerales: 50kg de Ca aplicando 125 kg de CaSO_4 , más 30.8 kg de silicio (Si) puro y 40 kg de magnesio (Mg) puro aplicando 154 kg de MgSiO_3 , más 100 kg de harinas de rocas, más 70 kg de Ca puros aportados en 175 kg de CaCO_3 . Para mejorar las 14 has, si fuera de Piña y mantener una relación Ca/Mg de 3. Adicional, se recomienda incorporal 24.6 kg de K_2SO_4 para un aporte de 11 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 3.6 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 15 de Ca y Mg y 1 K de 15 a 1 y así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola, en especial el cultivo del plátano. Cabe resaltar que a pesar con el poco contenido de nutrientes las relaciones de Ca/Mg; Mg/K; Ca/K y (Ca+Mg)/K están en una correcta proporción.

Tabla 27. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasi o [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
3,60	19,16	5,31	24,34

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se considera que es **Bajo** cuando tienen menos de 15 meq/100g, **Mediana** entre 15 meq/100g a 35 meq/100g, **Óptimo** entre 35mq/100 g a 45 meq/100g y **Alto** mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICe baja por estar en 4.45 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están bajos. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, en un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.17 meq/100 g. lo cual es significativamente muy bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como el plátano; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 43.74 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,19 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra en el rango bajo, ya que contiene 0.57 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100 gr de igual forma se encuentra el catión de **Calcio (Ca)** que está en 1.19 meq/100g. y el rango óptimo es entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 2.42 meq/100g. el cual es muy

necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 73.49 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. **El Zinc (Zn)** se encuentra en un rango bajo con 1.99 ppm, ya que su rango óptimo es estar entre 3 y 10 ppm. **El cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm en el caso del Cu. **El Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos óptimos del suelo, ya que se encuentra en 0.22% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra en un rango bajo con 6.86 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer una mineralización que nos puede costar altas sumas de dinero.

El Boro (B) se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.13 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 8.68 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en 4.53%, lo cual nos muestra que está en los rangos medios bajos que requiere un suelo. Ya que estos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitaran problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,10dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento se ve afectado, el lote numero 5 cuenta con un tipo de textura Arcilloso con una densidad de 1,17g/cm³ que está en una densidad casi óptima, ya que esta densidad debería estar

por debajo de 1.1 g/cm³, lo que favorece el crecimiento de las raíces y por ende el desarrollo de las plantas no se ve obstruido. Este índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.47g/cm³ para el tipo de textura que tiene el suelo.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167 que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 28. Contenido de metales pesados.

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Níquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
1.100	151	1.223	20.955	15.316	0

Tabla 29. Lote # 6 de 4.7 hectáreas

[pH_unit]	Conductividad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica Efect	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla [%]	Arena [%]	Limo [%]	Textura [Adimensional]	Densidad Aparente [g/cm ³]
5,06	0,13	30,25	12,60	1,89	3,25	0,16	49,76	33,59	16,65	Arcilloso	1,23

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganeso [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,22	5,26	1,60	50,06	5,76	76,64	41,13	6,43	2,02	0,12	5,30	9,59	52,28

El lote 6 de 4.7 has, este lote se encuentra con un pH de 5.06, el cual lo lleva a una clasificación medio ácido. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando como resultado un suelo con un promedio de 5.76 meq/100g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta y la solubilidad máxima de los nutrientes. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 52.28%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote # 6 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Para lograr mejorar el suelo se recomiendan aplicaciones de sulfato de calcio (Yeso Agrícola CaSO₄), silicato de magnesio (MgSiO₃), harina de rocas, carbonato de calcio (CaCO₃) y sulfato de potasio (K₂SO₄), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH

requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de Jengibre requiere suelos que tengan un pH entre 5.5 y 6.5. Lo que significa que en promedio requerimos que el suelo este en 6 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 0.93 unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocál, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$$0,93 \times 6.700 = 6.231 \text{ kg/ha} \times 4.7 \text{ ha} = 29.286 \text{ kg de carbonato de calcio para el lote 6}$$

Ya que el carbonato de calcio contiene el 40% de Ca, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 11.694.4 kg de Ca puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con los siguientes minerales: 4.000 Kg de Ca puro aplicando 17.400 kg de CaSO_4 , más 2.310 kg de silicio (Si) puro y 3.000 kg de magnesio (Mg) puro aplicando 11.550 kg de MgSiO_3 , más 4.000 kg de harinas de rocas, más 5.000 kg de Ca puros aportados en 12.500 kg de CaCO_3 . Para mejorar las 14 has, si fuera de Jengibre y mantener una relación Ca/Mg de 3. Adicional, se recomienda incorporar 1.100 kg de K_2SO_4 para un aporte de 480 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 6,25 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 25 de Ca y Mg y 1 K de 25 a 1 y así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola, en especial el cultivo del plátano. Cabe resaltar que a pesar con el poco contenido de nutrientes las relaciones de Ca/Mg; Mg/K; Ca/K y (Ca+Mg)/K están en una correcta proporción.

Tabla 30. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasio [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
3,06	20,37	7,19	24,89

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se considera que es **Bajo** cuando tienen menos de 15 meq/100g, **Mediana** entre 15 meq/100g a 35 meq/100g, **Óptimo** entre 35 meq/100 g a 45 meq/100g y **Alto** mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICE baja por estar en 12.6 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están bajos. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, en un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.22 meq/100 g. lo cual está en un rango medio bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como el plátano; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 50.06 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,218 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra en el rango medio bajo, ya que contiene 1.6 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100 gr de igual forma se encuentra el catión de **Calcio (Ca)** que está en 5.26

meq/100g. y el rango óptimo es entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 5.76 meq/100g. el cual es muy necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 76.64 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. **El Zinc (Zn)** se encuentra en un rango medio bajo con 2.02 ppm, ya que su rango óptimo debe estar entre 3 y 10 ppm. **El cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm en el caso del Cu. El **Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos óptimos del suelo, ya que se encuentra en 0.16% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra en un rango bajo con 5.3 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer una mineralización que nos puede costar altas sumas de dinero.

El Boro (B) se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.12 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 9.59 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en 3.25%, lo cual nos muestra que está en los rangos medios bajos que requiere un suelo. Ya que estos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitara problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,13dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento

se ve afectado, el lote numero 6 cuenta con un tipo de textura Arcilloso con una densidad de $1,23\text{g/cm}^3$ que está en una densidad saliéndose de lo óptimo, ya que esta densidad debería de estar por debajo de 1.1 g/cm^3 , sin embargo, está por debajo de los límites de afectación de las raíces y por ende el desarrollo de las plantas no se ve obstruido. Este índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.47g/cm^3 para el tipo de textura que tiene el suelo.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167 que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 31. Contenido de metales pesados.

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Níquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
4.754	151	1.258	121.260	31.460	0

Tabla 32. Lote # 7 de 11.28 hectáreas

[pH_unit]	Conductividad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla [%]	Arena [%]	Limo [%]	Textura [Adimensional]	Densidad Aparente [g/cm3]
5,36	0,14	29,33	10,42	1,88	3,24	0,16	44,00	38,94	17,06	Arcilloso	1,29

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganeso [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,18	5,60	2,06	54,69	3,39	65,33	36,62	8,20	2,75	0,17	8,17	11,68	43,68

El lote 7 de 11.28 has, este lote se encuentra con un pH de 5.36, el cual lo lleva a una clasificación medio ácido. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando como resultado un suelo con un promedio de 3.39 meq/100g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta y la solubilidad máxima de los nutrientes. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 43.68%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote # 7 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Para lograr mejorar el suelo se recomiendan aplicaciones de sulfato de calcio (Yeso Agrícola CaSO_4), silicato de magnesio (MgSiO_3), harina de rocas, carbonato de calcio (CaCO_3) y sulfato de potasio (K_2SO_4), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de Yuca requiere suelos que tengan un pH entre 6 y 7. Lo que significa que en promedio requerimos que el suelo este en 6.5 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 1.14 unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocál, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$$1.14 \times 6.700 = 7.636 \text{ kg/ha} \times 11.28 \text{ ha} = 86.157 \text{ kg de carbonato de calcio para el lote 7}$$

Ya que el carbonato de calcio contiene el 40% de Ca, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 34.463 kg de Ca puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con los siguientes minerales: 7.498 Kg de Ca puro aplicando 32.600 kg de CaSO_4 , más 5.650 kg de silicio (Si) puro y 7.350 kg de magnesio (Mg) puro aplicando 28.250 kg de MgSiO_3 , más 8.000 kg de harinas de rocas, más 14.500 kg de Ca puros aportados en 36.250 kg de CaCO_3 . Para mejorar las 14 has, si fuera de Jengibre y mantener una relación Ca/Mg de 3. Adicional, se recomienda incorporar 3.300 kg de K_2SO_4 para un aporte de 1.478,4 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 5 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 20 de (Ca y Mg) y 1 (K) y así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola, en especial el cultivo del plátano. Cabe resaltar que a pesar con el poco contenido de nutrientes las relaciones de Ca/Mg; Mg/K y (Ca+Mg)/K están en una correcta proporción, a diferencia de la relación Ca/K que esta alta en el límite inferior de este rango.

Tabla 33. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasio [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
2,82	26,35	12,05	32,20

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se

considera que es **Bajo** cuando tienen menos de 15 meq/100g, **Mediana** entre 15 meq/100g a 35 meq/100g, **Óptimo** entre 35 meq/100 g a 45 meq/100g y **Alto** mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICE baja por estar en 10,42 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están bajos. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, en un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.18 meq/100 g. lo cual está en un rango bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como la Yuca; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 54.69 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,238 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra en el rango medio bajo, ya que contiene 2.06 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100g. de igual forma se encuentra el catión de **Calcio (Ca)** que está en 5.6 meq/100g. y el rango óptimo es entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 3.39 meq/100g. el cual es muy necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 65.33 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. **El Zinc (Zn)** se encuentra en un rango medio bajo con 2.75 ppm, ya que su rango óptimo debe estar entre 3 y 10 ppm. **El cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm en el caso del Cu. **El Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos óptimos del suelo, ya que se encuentra en 0.16% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra en un rango bajo con 8.17 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer una mineralización que nos puede costar altas sumas de dinero.

El Boro (B) se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.17 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 11.68 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en 3.24%, lo cual nos muestra que está en los rangos medios bajos que requiere un suelo. Ya que estos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se

recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitaran problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,14dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento se ve afectado, el lote numero 7 cuenta con un tipo de textura Arcilloso con una densidad de 1,29g/cm³ que está en una densidad saliéndose de lo óptimo, ya que debería estar por debajo de 1.1 g/cm³, sin embargo, está por debajo de los límites de afectación del crecimiento de las raíces y por ende el desarrollo de las plantas no se ve obstruido. Este índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.47g/cm³ para el tipo de textura que tiene este lote.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167 que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 34. Contenido de metales pesados.

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Níquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
3.641	133	1.220	91.825	29.275	0

Tabla 35. Lote # 8 de 16 hectáreas

[pH_unit]	Conductividad ad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla [%]	Arena [%]	Limo [%]	Textura [Adimensional]	Densidad Aparente [g/cm3]
5,00	0,17	29,73	6,89	2,41	4,04	0,20	40,83	36,93	22,24	Arcilloso	1,20

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganeso [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,20	2,91	1,12	47,51	2,73	62,24	27,80	7,29	2,24	0,15	4,55	10,79	53,83

El lote 8 de 16 has, este lote se encuentra con un pH de 5, el cual lo clasifica en un suelo ácido. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando como resultado un suelo con un promedio de 2.73 meq/100g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo

cual depende de las características genéticas de la planta y la solubilidad máxima de los nutrientes. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 53.83%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote # 8 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Para lograr mejorar el suelo se recomiendan aplicaciones de sulfato de calcio (Yeso Agrícola CaSO_4), silicato de magnesio (MgSiO_3), harina de rocas, carbonato de calcio (CaCO_3) y sulfato de potasio (K_2SO_4), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de Cacao requiere suelos que tengan un pH entre 5.5 y 6.5. Lo que significa que su punto óptimo requerido es de 6.2 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 1.2 unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocál, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$1.2 \times 6.700 = 8.040 \text{ kg/ha} \times 16 \text{ ha} = 128.640 \text{ Kg}$ de carbonato de calcio para el lote 8

Ya que el carbonato de calcio contiene el 40% de Ca, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 51.456 kg de Ca puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con los siguientes minerales: 10.994 Kg de Ca puro aplicando 47.800 kg de CaSO_4 , más 8.460 kg de silicio (Si) puro y 10.998 kg de magnesio (Mg) puro aplicando 42.300 kg de MgSiO_3 , más 10.000 kg de harinas de rocas, más 22.000 kg de Ca puros aportados en 55.000 kg de CaCO_3 . Para mejorar las 14 has, si fuera de Jengibre y mantener una relación Ca/Mg de 3. Adicional, se recomienda incorporar 3.700 kg de K_2SO_4 para un aporte de 1.657,8 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 6.6 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 26 de (Ca y Mg) y 1 (K) y así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola, en especial el cultivo del plátano. Cabe resaltar que a pesar con el poco contenido de nutrientes las relaciones de Ca/Mg; Mg/K; Ca/K y (Ca+Mg)/K están en una correcta proporción.

Tabla 36. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasio [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
2,26	12,76	5,14	17,90

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de

magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se considera que es **Bajo** cuando tienen menos de 15 meq/100g, **Mediana** entre 15 meq/100g a 35 meq/100g, **Óptimo** entre 35 meq/100 g a 45 meq/100g y **Alto** mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICe baja por estar en 6.89 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están bajos. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, en un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.2 meq/100 g. lo cual está en un rango bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como la Yuca; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 47.51 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,207 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra en el rango bajo, ya que contiene 0.2 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100g. de igual forma se encuentra el catión de **Calcio (Ca)** que está en 2.91 meq/100g. y el rango óptimo es entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 2.73 meq/100g. el cual es muy necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 62.24 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. **El Zinc (Zn)** se encuentra en un rango medio bajo con 2.24 ppm, ya que su rango óptimo debe estar entre 3 y 10 ppm. **El cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm en el caso del Cu. El **Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos óptimos del suelo, ya que se encuentra en 0.2% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra en un rango bajo con 4.55 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer una mineralización que nos puede costar altas sumas de dinero.

El Boro (B) se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.15 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 10.79 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en 4.04%, lo cual nos muestra que está en los rangos medios bajos que requiere un suelo. Ya que estos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitaran problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,17 dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento se ve afectado, el lote numero 8 cuenta con un tipo de textura Arcilloso con una densidad de 1,2g/cm³ que está en una densidad saliéndose de lo óptimo, ya que debería estar por debajo de 1.1 g/cm³, sin embargo, está por debajo de los límites de afectación del crecimiento de las raíces y por ende el desarrollo de las plantas no se ve obstruido. Este índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.47g/cm³ para el tipo de textura que tiene este lote.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167 que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 37. Contenido de materiales pesados.

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Níquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
3.650	0	1.870	24.000	8.050	0

Tabla 38. Lote # 9 de 5.62 hectáreas

[pH_unit]	Conductividad Eléctrica [dS/m]	Saturación Media[%]	Capacidad de Intercambio Catiónica	Carbono Orgánico Oxidable[%]	Materia Orgánica[%]	Nitrógeno Total[%]	Arcilla [%]	Arena [%]	Limo [%]	Textura [Adimensio nal]	Densidad Aparente [g/cm3]
5,61	0,17	25,93	17,03	1,63	2,82	0,14	41,20	44,20	14,60	Arcilloso Arenoso	1,32

Potasio Intercambiable (meq/100g)	Calcio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Magnesio Intercambiable (meq/100g Suelo)	Sodio Intercambiable [mg/kg]	Acidez Intercambiable (meq/100g)	Hierro [mg/kg]	Manganeso [mg/kg]	Cobre [mg/kg]	Zinc [mg/kg]	Boro [mg/kg]	Fósforo [mg/kg]	Azufre [mg/kg]	Saturación de Aluminio[%]
0,25	11,89	2,49	55,73	4,16	79,30	40,65	12,02	2,52	0,13	9,88	10,14	47,91

El lote 9 de 5.62 has, este lote se encuentra con un pH de 5.61, el cual lo clasifica en un suelo ácido. Sin embargo, nos lleva a analizar el índice de la acidez intercambiable, dando

como resultado un suelo con un promedio de 4.16 meq/100g, esto quiere decir que en este terreno las producciones, si no se corrige la acidez, van a presentar problemas de crecimiento y productividad, ya que los suelos deben tener estos índices de acidez intercambiable inferiores a 0.3 meq/100g. Cabe resaltar que, dependiendo de los cultivos a establecer, este índice óptimo del suelo puede variar de acuerdo con las necesidades fenológicas de los cultivos, ya que cada cultivo, variedad o cultivar tiene su grado de tolerancia a la acidez, lo cual depende de las características genéticas de la planta y la solubilidad máxima de los nutrientes. (Molina, 2011).

Así mismo, revisamos el % de saturación del aluminio que es igual al % de saturación de la acidez y notamos que se tiene una saturación por este elemento del 47.91%, lo cual es muy alto y en definitiva cualquier cultivo que se establezca en este lote # 9 tendrá dificultades en su crecimiento y productividad, a no ser, que se le hagan las debidas correcciones al suelo.

Para lograr mejorar el suelo de este lote se recomiendan aplicaciones de silicato de magnesio ($MgSiO_3$), harina de rocas y sulfato de potasio (K_2SO_4), ya que estos aumentan el pH y estabilizan en mayor tiempo los suelos, cuando ocurren las bajas de pH aceleradas por las intensidades de lluvias que se tienen en esta zona. Para estas aplicaciones se debe tener en cuenta el pH requerido óptimo para nuestros cultivos a establecer, ejemplo: un cultivo de **Vainilla** requiere suelos que tengan un pH entre 6 y 7. Lo que significa que su promedio es de 6.5 de pH. Para llegar a este pH se requiere subir 0.88 unidades de pH. Por lo que si se fuera a usar solo carbonato de calcio se tiene la siguiente fórmula para el encalado:

Diferencia del pH en el suelo con el pH esperado multiplicado por el factor de 6.700 que es para suelos rojo oxisoles (Soprocal, SF), y que se encuentran principalmente en los trópicos, esto es igual a los kg de carbonato de calcio que se requieren por hectárea.

$0.88 \times 6.700 = 5.896 \text{ kg/ha} \times 5.62 \text{ ha} = 33.135,52 \text{ Kg}$ de carbonato de calcio para el lote 9. De igual forma se podría aplicar en este caso por el alto contenido de Ca que tiene el suelo de este lote, Oxido de Magnesio (MgO) 19% menos de lo que se aplica de carbonato de calcio, llevando a una aplicación de 26.839 kg de MgO e incorporando el Magnesio para neutralizar el Aluminio.

Ya que el óxido de magnesio contiene el 60% de Mg puro, lo que se aporta para neutralizar el Al y poder así subir el pH son 16.103 kg de Mg puros.

De acuerdo con el dato anterior se podría realizar una mezcla que nos permita más estabilidad del suelo y que el pH no se precipite rápidamente con los siguientes minerales: 7.700 kg de silicio (Si) puro y 10.010 kg de magnesio (Mg) puro aplicando 38.500 kg de $MgSiO_3$, más 2.000 kg de harinas de rocas, más 5.010 kg de Mg puro aportados en 8.350 kg de MgO. Para mejorar las 5.62 has, si fuera de vainilla y mantener una relación Ca/Mg de 2,2. Adicional, se recomienda incorporal 3.350 kg de K_2SO_4 para un aporte de 1.500,8 Kg. de potasio puro, dejando una relación de 10 de Mg y 1 de potasio (K), y estabilizando el suelo en una relación de 32 de (Ca y Mg) y 1 (K) y así llevando al suelo a estar apto para la producción agrícola, en especial el cultivo de la vainilla. Cabe resaltar las relaciones de Ca/Mg y Ca/K están en una correcta proporción. Sin embargo, las proporciones del Mg/K y (Ca+Mg)/K están muy altas y con esta recomendación que se realizó para mejorar el pH de los suelos, llevaría a cumplir con las relaciones adecuadas. Ya que al tener 11.89 meq/100g

de Ca equivalen a que el suelo tiene 5.956,6 kg de calcio por ha y si esto lo multiplicamos por 5.65 hectáreas se tiene un total de 33.478 kg de Ca puro.

Tabla 39. Relación de minerales.

Relación Calcio/Magnesio [Adimensional]	Relación Calcio/Potasio [Adimensional]	Relación Magnesio/Potasio [Adimensional]	Relación (Ca+Mg)/K [Adimensional]
4,28	42,72	9,64	49,18

La capacidad de intercambio efectiva está dada por las bases intercambiables y sus relaciones catiónicas principalmente por los cationes de Ca y Mg, cuando estos dos se encuentran en cantidades óptimas y con una buena relación de 2 a 5 de calcio por uno de magnesio, esto hace que los suelos sean fértiles y equilibrados, ya que estos permiten mayor aprovechamiento de los otros nutrientes por las plantas. El intercambio catiónico se considera que es **Bajo** cuando tienen menos de 15 meq/100g, **Mediana** entre 15 meq/100g a 35 meq/100g, **Óptimo** entre 35 meq/100 g a 45 meq/100g y **Alto** mayor a 45 meq/100g. Por lo tanto, este lote tiene una CICE baja por estar en 17.03 meq/100 g. haciendo notar que los cationes están en la referencia medio bajo. Como lo son el **Potasio (K)** que debería estar, en un rango óptimo, entre 0.5-0.8 meq/100g y está en 0.25 meq/100 g. lo cual está en un rango bajo, lo que perjudicaría cualquier cultivo con alta demanda de potasio como la vainilla; seguidamente el catión de **Sodio (Na)** se encuentra en 55.73 ppm y debería estar entre 30.000 a 90.000 ppm lo que significa que se encuentra en 0,242 meq/g. y debería estar entre 130.5 meq/100g. a 391.5 meq/100g. El Catión de **Magnesio (Mg)** se encuentra en el rango medio bajo, ya que contiene 2.49 meq/100g y debería estar en su rango óptimo entre 3 y 6 meq/100g. a diferencia el catión de **Calcio (Ca)** está en 11.89 meq/100g., haciéndolo pasar el rango más alto, ya que lo óptimo debe estar entre 6 y 7 meq/100g. A diferencia y de forma grave se encuentra alto el catión de **Aluminio (Al)**, ya que está en 4.16 meq/100g. el cual es muy necesario mantenerlo lo más bajo que se pueda, ojalá en cero. De igual forma es preocupante el catión de **Hierro (Fe)**, por lo que se encuentra en 79.3 ppm y debería estar entre 10 y 50 ppm, esta gran cantidad de hierro puede afectar y provocar asfixia radicular de las plantas obstruyendo cualquier desarrollo de esta. **El Zinc (Zn)** se encuentra en un rango medio bajo con 2.52 ppm, ya que su rango óptimo debe estar entre 3 y 10 ppm. **El cobre (Cu)** y el **Manganeso (Mn)** se encuentran en los rangos óptimos de los suelos que es estar entre 10 y 50 ppm. en el caso del Mn y entre 1 y 20 ppm en el caso del Cu. El **Nitrógeno (N)** es un catión que se encuentra en los rangos óptimos del suelo, ya que se encuentra en 0.14% y debería estar entre 0.13% a 0.24%.

El **Fosforo (P)** es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, ya que con este se conforman parte de las estructuras de estas, además que es el encargado de producir ATP, la molécula donde se almacena la energía que la planta requiera para sus diferentes metabolismos. El contenido de Fosforo disponible en los suelos se expresa casi siempre en ppm y debería estar por encima de la 10 ppm, pero sus rangos óptimos se encuentran entre 20 y 50 ppm, por lo que en este lote se encuentra en un rango bajo con 9.88 ppm. Sin embargo, se recomienda la aplicación de Fosforo de acuerdo con el cultivo a establecer, ya que así podemos aplicar lo que realmente se requiere en vez de hacer una mineralización que nos puede costar altas sumas de dinero.

El Boro (B) se encuentra deficiente ya que esta con valores de 0.13 ppm y debería estar en su punto óptimo entre 0.5 a 1 ppm. Sin embargo, como muchos de los cationes y aniones estos son minerales que se pueden ir incorporando de acuerdo con el cultivo a establecer.

El anión de **Azufre (S)** es un limitante en los suelos aluviales con baja concentración de materia orgánica, en este caso se tiene de forma limitada, ya que se encuentra muy bajo puesto que está en 10.14 ppm y lo recomendado es que este entre 20 ppm a 50 ppm. Este se puede ir mejorando a medida que se le aplique el yeso agrícola, materia orgánica y/o enmiendas sulfatadas, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en 2.89%, lo cual nos muestra que está en los rangos medios bajos que requiere un suelo. Ya que estos deben estar entre 5% y 10%. Cabe resaltar que los suelos con buena materia orgánica tienen mayor retención de agua y de CO₂ lo que ayuda al cambio climático y a la cosecha de aguas.

Otra de las condiciones que nos presenta los análisis realizados es la conductividad eléctrica este valor es más alto cuantas más sales solubles presente el sustrato se recomienda una conductividad de 1dS/m; manteniendo este límite se facilitara el manejo de la fertilización y se evitaran problemas por citotoxicidad en el cultivo, con un valor de 0,17 dS/m, nos indica que no es necesario realizar un lavado para acondicionar este lote de la finca. Pero como se mencionó anteriormente, si se deben aumentar los minerales que cada sistema productivo requiera, teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia de los fertilizantes a usar para lograr obtener buena solubilidad de nutrientes y por ende buenas producciones.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en el suelo y es de suma importancia para el manejo de los suelos. Según el tipo de textura presente en el suelo se categoriza si es apto para el crecimiento de las raíces o si por el contrario su crecimiento se ve afectado, el lote numero 9 cuenta con un tipo de textura Arcilloso Arenoso con una densidad de 1,32g/cm³ que está en una densidad saliéndose de lo óptimo, ya que debería estar por debajo de 1.1 g/cm³, sin embargo, está por debajo de los límites de afectación del crecimiento de las raíces y por ende el desarrollo de las plantas no se ve obstruido. Este índice de afectación es cuando un suelo tiene una densidad aparente por encima de 1.58g/cm³ para el tipo de textura que tiene este lote.

Por otro lado, este lote tiene presencia de metales pesados como el Arsénico, Mercurio, Cadmio, Cromo y Níquel en bajas proporciones con respecto a los rangos exigidos por el país para abonos y fertilizantes. Con base en esta tabla de Icontec de la norma NTC 5167 que se logró definir que estas cantidades de metales pesados no son perjudiciales para la producción agropecuaria. Sin embargo, cada cultivo a establecer se le debe de estudiar la tolerancia de estos minerales para la producción.

Tabla 40. Contenido de metales pesados

Arsénico [ug/kg]	Mercurio [ug/kg]	Cadmio [ug/kg]	Cromo [ug/kg]	Niquel [ug/kg]	Plomo [ug/kg]
3.151	161	1.047	49.988	17.880	0

ANALISIS DE AGUAS.

Inventario de quebradas.

Se realizó el recorrido por las diferentes microcuencas que se encontraron en el predio y se realizó una marcación por Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Ortofoto: Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Oeste.

Las quebradas inventariadas presentes en el predio del predio que son afluentes al Rio Sucio, se encuentran en la siguiente tabla de quebradas, a las cuales se realizaron las muestras para análisis de aguas microbiológico y fisicoquímico en laboratorio.

Tabla 41. Quebradas presentes en el predio.

Nombre de la quebrada
El Zarro.
El Punte.
La Mina.
La Rica.
Tercer Camino.
Sabaletas.
La Guabina.
Taparales.

Fuente: Agencia para la Reincorporación y Normalización (ARN).

Figura 20. Recorrido por las 8 quebradas para el reconocimiento y marcación por Sistema Global de Posicionamiento (GPS).



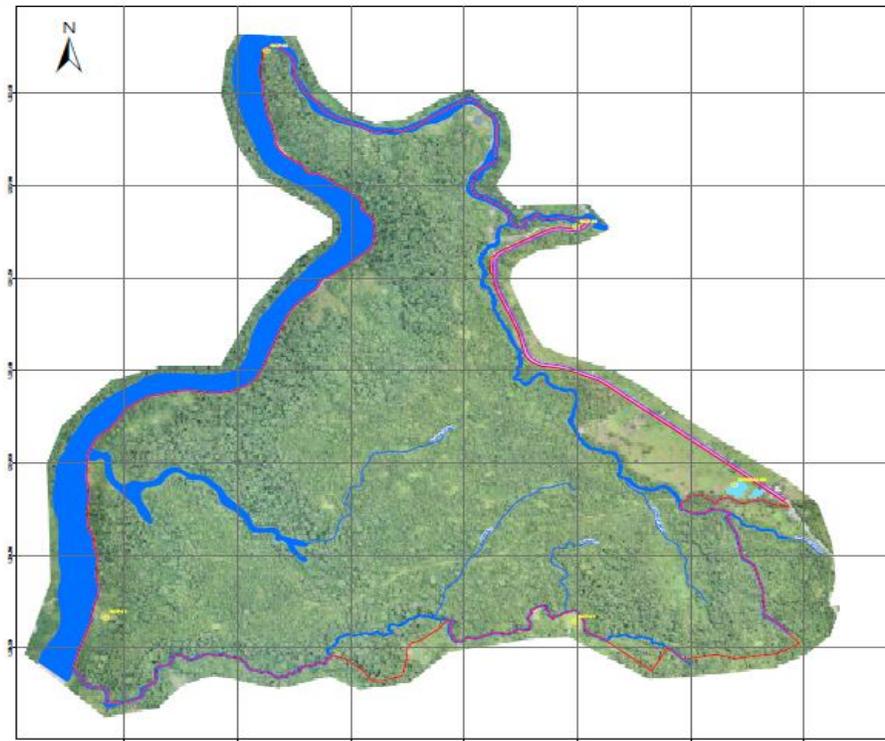


Figura 11. Ortofoto de afluentes del predio al Rio Sucio.

Generalidades:

La calidad del agua está condicionada por sus componentes orgánicos e inorgánicos y diferenciados del uso al cual estará destinada (agrícola, pecuario y doméstico). Será de buena calidad para las diferentes funciones básicas de producción agropecuaria y para consumo humano basadas en las normativas gubernamentales.

El agua potable es aquella que se puede ingerir y que abastece a los seres humanos y satisface sus necesidades, ya que su composición química no presenta contaminantes objetables. Estos contaminantes pueden tener efectos nocivos en las personas, convirtiendo al agua en un peligro, de ahí la necesidad de su potabilidad (Ramos, Sepúlveda & Villalobos, 2003).

Metodología:

Muestra de agua. Para Transportar las muestras de agua, es necesario utilizar recipientes limpios de cristal o plásticos, con cierre hermético. Cuando el agua esté en circulación, la toma de muestra se debe realizar en el mismo sentido de la circulación de agua, y no cuando está estacando o sin movimiento, libre de elementos sólidos en suspensión.

La porción de material seleccionado (5 litros por sitio) para la muestra de agua, se tomó con un recipiente (botella plástica sellada) saneado, procurando no alterar la muestra aplicando el protocolo del laboratorio, la toma consistió en tomar el recipiente, purgarlo con el mismo liquido donde se va tomar la muestra, con 3 repeticiones; posteriormente tomar la muestra,

rotularla y empacarla en una nevera de con hielo seco (de 2°C a 6°C) para proteger la muestra y no permitir alteraciones.

Se realizaron 8 muestras de agua de las principales quebradas para el análisis microbiológico y fisicoquímicos: Este procedimiento consistió en obtener un porción de agua (5 litros x sitio), en un recipiente saneado con el llenando del líquido a evaluar, purgando el recipiente previamente (capturar agua en el recipiente y vaciarlo por tres veces antes de la muestra de estudio), una vez obtenida la muestra se tapa, se sella, se rotula y se almacena en una nevera de poliestireno expandido con hielo seco.

Materiales: botella plástica, rotulo, lapicero, libreta, cámara fotográfica, guantes de látex, nevera, hielo seco y cinta.

NORMATIVA GUBERNAMENTAL.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por medio de la resolución 2115 del 22 de junio del 2007, resuelve:

CAPITULO I: definiciones:

ARTÍCULO 1º.- DEFINICIONES. Para los efectos de la presente Resolución, se adoptan las siguientes definiciones, además de las señaladas en el Decreto 1575 de 2007:

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

ANÁLISIS BÁSICOS: Es el procedimiento que se efectúa para determinar turbiedad, color aparente, pH, cloro residual libre o residual de desinfectante usado, coliformes totales y *Escherichia coli*.

ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS: Es el procedimiento que se efectúa para las determinaciones físicas, químicas y microbiológicas no contempladas en el análisis básico, que se enuncian en la presente Resolución y todas aquellas que se identifiquen en el mapa de riesgo.

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA: Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas

COLIFORMES: Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.

COLOR APARENTE: Es el color que presenta el agua en el momento de su recolección sin haber pasado por un filtro de 0.45 micras.

ESCHERICHIA COLI - E-coli: Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la b galactosidasa y b glucoronidasa. Es el indicador microbiológico preciso de contaminación fecal en el agua para consumo humano.

CAPITULO II: Características Físicas y Químicas del agua para consumo humano.

ARTÍCULO 2º.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Tabla 42. Características físicas.

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Resolución 2115/2007.

ARTÍCULO 3º.- CONDUCTIVIDAD. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitaria y ambiental competentes y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

ARTÍCULO 4º.- POTENCIAL DE HIDRÓGENO. El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

ARTÍCULO 5º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN RECONOCIDO EFECTO ADVERSO EN LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

Tabla 43. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7

Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y dissociable	CNO	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0.01

Fuente: Resolución 2115/2007.

ARTÍCULO 6º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro:

Tabla 44. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana.	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitratos	NO₂	0,1
Nitratos	NO₃	10
Fluoruros	F	1.0

Fuente: Resolución 2115/2007.

ARTÍCULO 7º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN CONSECUENCIAS ECONÓMICAS E INDIRECTAS SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan a continuación:

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO₃	200
Cloruros	Cl⁻	250
Aluminio	Al³⁺	0,2
Dureza Total	CaCO₃	300
Hierro Total	Fe	0,3

Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO₄⁻²	250
Zinc	Zn	0.3
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	0.5

Fuente: Resolución 2115/2007.

ARTÍCULO 11º.- CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) o 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra:

Tabla 45. Características microbiológicas.

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm³	< de 1 microorganismo en 100 cm³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Resolución 2115/2007.

Las pruebas de sustrato enzimático utilizan sustratos cromogénicos y fluorogénicos hidrolizables para detectar simultáneamente las enzimas producidas por coliformes totales y *Escherichia coli* (*E. coli*). Estas pruebas de coliformes de sustrato enzimático se recomiendan para el análisis de muestras de agua potable, agua de origen, agua subterránea y aguas residuales.

Resultados Discusión.

Coliformes totales y *Escherichia coli* (*E. coli*).

“La *Escherichia coli* forma la mayor parte de la flora comensal aerobia y anaerobia facultativa del tubo digestivo, y se elimina por las heces al exterior, por lo tanto, no es Infrecuente que se encuentre en el medio ambiente, donde son capaces de sobrevivir durante cierto tiempo en el agua y los alimentos, de manera que su aislamiento constituye un indicador de contaminación fecal reciente. Puede intervenir en proceso patológicos como la producción de cuadros intestinales, diarreas e infecciones extraintestinales diversas.

Los coliformes totales, se encuentran con más frecuencia en el medio ambiente, pueden estar en el suelo y en las superficies del agua dulce, por lo que no son siempre intestinales, sus identificaciones en estas fuentes sugieren fallas en la eficiencia del tratamiento y la integridad del sistema de distribución. La prueba de Enzima – sustrato definido se fundamenta en la actividad enzimática de los Coliformes totales y los Coliformes fecales (*E. Coli*). Los

Coliformes totales se diferencian según su capacidad para fermentar lactosa, así: Fermentadores Rápidos: *E. coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, poseen 2 enzimas, la betagalactósido-permeasa, su actividad es permitir que la lactosa se difunda a través de la membrana celular. La otra es la beta-galactosidasa la cual descompone por hidrólisis el enlace beta -galactósido que une las moléculas de glucosa y galactosa para formar el disacárido de lactosa, liberando así la glucosa que de esta manera puede ser fermentada. Los fermentadores lentos: Carecen de la enzima beta-galactósido-permeasa. Los no fermentadores, no poseen ninguna de las enzimas”. (IDEAM, 2007).

Se define análisis microbiológico a cada uno de los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para el consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismo. (Resolución 2115/2007).

La calidad de agua para el abastecimiento humano es un objetivo general de salud pública por medio de legislación gubernamental nacional con el fin de garantizar el consumo saludable y limpio, libre de agentes contaminantes microbiológicos y fisicoquímicos que afecten la salud.

La normativa colombiana que regula el agua para consumo en la resolución 2115 del 27 de junio de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

En el predio en las 8 zonas de muestreo de las diferentes quebradas del predio, se tomaron unas muestras para ser analizadas y conocer el contenido microbiológico para las muestras de agua en general, ya sea potable, de consumo humano, no tratado y residual.

En la [tabla 46](#) se demuestran los diferentes resultados de coliformes totales y *Escherichia Coli*, en los resultados de análisis de matriz aguas fueron cuantificadas en unidades de NMP/100 ml (Numero Más Probable) por el método Ensayo de sustrato enzimático - Colilert SM 9223 B. Prueba que contiene sustratos hidrolizables para la detección de las enzimas X-GAL de los Coliformes y de las enzimas MUG de la *E. coli*. El nutriente permite que los microorganismos objeto de la prueba, una vez incubados en un medio reactivo, produzcan color o fluorescencia, indicando y confirmando la presencia del microorganismo objeto de investigación. (LAS CEIBAS, 2017).

En Colombia, el reglamento por medio de la resolución 2115 del 22 de junio del 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Su objetivo es establecer los niveles máximos que deben tener aquellos componentes que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad o ser inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento. Tomando como referencia la [tabla6](#) donde se muestran los resultados del laboratorio de las 8 muestras de aguas superficiales del predio para análisis microbiológico, tanto para coliformes totales como para *E. coli*. Estos análisis dieron como resultado unos valores que no entran dentro los rangos permitidos o valores referenciados permitidos por la resolución 2115 de 2007.

En los resultados microbiológicos de *E. coli* en el 100% de las muestras de las 8 quebradas salieron con presencia de este coliformes anteriormente mencionado, esto indica que el agua está contaminada posiblemente con desechos de alcantarilla y/o con heces de humano o de animales de sangre caliente, que superan el valor de referencia (NPM / 100ml). La contaminación de agua tiene un gran impacto en la salud como en el medio ambiente según Morrel y Hernández (2000), por ende, puede causar enfermedades por la acción de las bacterias patógenas.

Por otro lado, los resultados microbiológicos de Coliformes Totales, de las 8 muestras, 5 aparecen en una conformidad negativa debido a que supera los valores de referencia. Las quebradas Tercer Camino (2420/5000 NPM / 100ml), La Rica (3873/5000 NPM / 100ml) y El Zarro (4110/5000 NPM / 100ml) están en 48.5%, 77.46% y 82.2% respectivamente, cercano al umbral permitido dentro de los valores de referencia, sin embargo, sus valores obtenidos están a con un porcentaje cercano a lo permitido, por lo tanto, no es un agua permitida para consumo.

Para el uso agropecuario en las diferentes quebradas, en su totalidad exceden los valores permitidos de coliformes como la *E. coli* (>1000 NPM / 100ml) no se pueden tal y como muestra la [tabla 46](#) manejar sistemas de riego si antes tratar el agua y se considera una restricción para uso agropecuario

Tabla 46. Resultados microbiológicos de los análisis de laboratorio de los diferentes afluentes presentes en el predio, las muestras se recolectaron el 28 de agosto de 2020.

Nombre de la Quebrada	Parámetro	Unidades	Metodología de referencia	Valores de referencia	Valores Obtenidos	Conformidad
Zarro	*Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM – 9223 B	5000	4110	C
	** <i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM – 9223 B	1000	2420	NC
El puente	*Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM – 9223 B	5000	6877	NC
	** <i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM – 9223 B	1000	6870	NC
La Mina	*Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM – 9223 B	5000	1986*10	NC
	** <i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM – 9223 B	1000	8164	NC
La Rica	*Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM – 9223 B	5000	3873	C
	** <i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM – 9223 B	1000	2981	NC
Tercer Camino	*Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM – 9223 B	5000	2420	C
	** <i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM – 9223 B	1000	1414	NC
Zarzal	*Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM – 9223 B	5000	9804	NC
	** <i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM – 9223 B	1000	3450	NC
La Guabina	*Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM – 9223 B	5000	1203*3	NC
	** <i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM – 9223 B	1000	8164	NC
Taparales	*Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM – 9223 B	5000	6131	NC
	** <i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM – 9223 B	1000	2064	NC
C: Conforme.			NC: No Conforme.		NA: No Aplica.	

La [tabla 46](#), de análisis microbiológico no permite que el agua sea para consumo humano y para la producción agropecuaria si se usa en su estado natural esta agua superficial del predio, por lo cual es necesario realizar un tratamiento antes de su uso. Vale resaltar que el uso que se le está dando a estas aguas superficiales, es debido a una comunidad

Emberá, que utiliza las quebradas como lugar para hacer las deposiciones fisiológicas, lavado de prendas y su baño diario. Además de vertimientos de aguas de alcantarillado en domicilios que no cuentan con un pozo séptico. La mala calidad bacteriológica del agua que se registró en Taparales, indica que existe un riesgo sanitario relacionado con las actividades que se realizan en las diferentes quebradas.

En los resultados generales, la Conformidad en todas las quebradas se encuentran en negativo, por la alta presencia de *E. Coli* ante la escasez de recursos hídricos, el uso de aguas residuales o aguas de ríos contaminados para el riego de zonas verdes, cultivos de legumbres y árboles frutales es cada día mayor. En consecuencia, el riesgo de contraer enfermedades intestinales es alto, sobre todo con los productos de consumo crudo (Mora Darne, 1998)

Son limitados los datos obtenidos y sobre el terreno respecto a los efectos sanitarios del empleo de aguas negras como fertilizantes en acuicultura, razón por la cual es muy prematuro establecer una norma definitiva sobre la calidad bacteriológica del agua para la piscicultura.

Parámetros Fisicoquímicos.

Se considera que el agua es el solvente universal y, según Teijón y Garrido (2006), esta propiedad está relacionada con su estructura molecular, que le permite disolver con facilidad compuestos iónicos y compuestos polares y solubilizar otros de carácter lipídico. Esta característica distintiva le confiere al agua una gran importancia, ya que puede tener diversas aplicaciones; sin olvidar que es un elemento esencial para el mantenimiento de la vida en el planeta.

Tabla 41. Resultados de pruebas fisicoquímicas para las quebradas del, El Zarro, El puente, La mina y La Rica. (Laboratorio Omniambiente SAS).

Parámetro	Unidades/ Expresadas	Método de Referencia	El Zarro	El puente	La Mina	La Rica
			VR/VO/C	VR/VO/C	VR/VO/C	VR/VO/C
pH	Unid de pH	Electrométrico SM – 4500 H+ B	6,5 - 9,0 / 6,94	6,5 - 9,0 / 7,06	6,5 - 9,0 / 7,60	6,5 - 9,0 / 7,34
			NA	NA	NA	NA
Conductividad	µS/cm	Potenciométrico SM – 2510 B	≤1000 / 26,7	≤1000 / 40,9	≤1000 / 86,9	≤1000 / 22,7
			NA	NA	NA	NA
Color Aparente	U. P. C	Espectrofotométrico SM - 2120 C	15/14,0	15 / 10,0	15 / 7,0	15 / 10,0
			NA	NA	NA	NA
Turbiedad	UNT	Nefelométrico SM - 2130 B	2/0,82	2 / 0,54	2 / 0,87	2 / 0,68
			NA	NA	NA	NA
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM – 2320 B	200/< 20,0	200 / <20,0	200 / 49,7	200 / < 20,0
			NA	NA	NA	NA
Dureza	mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM – 2340 C	300/13,9	300 / 15,5	300 / 39,6	300 / 11,9
			NA	NA	NA	NA
Cloruros	mg/L Cl ⁻	Titulométrico SM – 4500-Cl- B	250/< 6,0	250 / < 6,0	250 / < 6,0	250 / < 6,0
			NA	NA	NA	NA
Sulfatos	mg/L SO ₄ -	Turbibimétrico SM–4500-SO ₄ -2 E	250/ < 10,0	250 / < 10,0	250 / < 10,0	250 / <10,0
			NA	NA	NA	NA
*Hierro	mg/L Fe ⁺	Absorción Atómica SM – 3111 B	0,3/< 0,100	0,3 / 0,156 ± 0,031	0,3 / < 0,100 ± ND	0,3 / < 0,100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
Nitritos	mg/L NO ₂ -N	Colorimétrico SM –4500-NO ₂ - B	10/<0,050	10 / <0,050	10 / < 0,050	10 / < 0,050
			NA	NA	NA	NA
Nitratos	mg/L NO ₃ -N	Espectrofotométrico SM–4500–NO ₃ - B	10 / 0,232	10 / 0,200	10 / < 0,200	10 / <0,0200
			NA	NA	NA	NA
*Aluminio	mg Al /L	Absorción Atómica SM – 3111 B	0,2/<0,200	0,2 / <0,200	0,2 / < 0,200	0,2 / <0,200
			NA	NA	NA	NA
**Arsénico	mg As/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cobre	mg Cu/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND
			< 0,050 ± ND	NA	NA	NA
*Cobalto	mg Co/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cadmio	mg Cd/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,003 ± ND	NA / < 0,003 ± ND	NA / < 0,003 ± ND	NA / < 0,030 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Zinc	mg Zn/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,006 ± ND	NA / 0,071 ± 0,004	NA / <0,060 ± ND	NA / < 0,060 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cromo Hexavalente	mg Cr ⁺⁶ /L	Espectrofotométrico SM 3500 Cr B	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Plomo	mg Pb/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,150 ± ND	NA / < 0,150 ± ND	NA / < 0,150 ± ND	NA / < 0,150 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Manganeso	mg Mn/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Níquel	mg Ni/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
ND: No Determinado.			NA: No Aplica			

Tabla 42. Resultados de pruebas fisicoquímicas para las quebradas de: Tercer Camino, Zarzal, La Guabina y Taparales. (Laboratorio Omniambiente SAS).

Parámetro	Unidades / Expresadas	Método de Referencia	Terce Camino	Zarzal	La Guabina	Taparales
			VR/VO/C	VR/VO/C	VR/VO/C	VR/VO/C
pH	Unid de pH	Electrométrico SM – 4500 H+ B	6,5 - 9,0 / 7,01	6,5 - 9,0 / 7,06	6,5 - 9,0 / 7,30	6,5 - 9,0 / 7,66
			NA	NA	NA	NA
Conductividad	µS/cm	Potenciométrico SM – 2510 B	≤1000 / 24,9	≤1000 / 30,6	≤1000 / 69,7	≤1000 / 43,3
			NA	NA	NA	NA
Color Aparente	U. P. C	Espectofotométrico SM - 2120 C	15 / 33,0	15 / 24,0	15 / 20,0	15 / 8,0
			NA	NA	NA	NA
Turbiedad	UNT	Nefelométrico SM - 2130 B	2 / 3,01	2 / 1,58	2 / 1,24	2 / 0,74
			NA	NA	NA	NA
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM – 2320 B	200 / < 20,0	200 / <20,0	200 / 23,9	200 / 25,9
			NA	NA	NA	NA
Dureza	mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM – 2340 C	300 / 11,9	300 / 11,9	300 / 33,7	300 / 27,7
			NA	NA	NA	NA
Cloruros	mg/L Cl ⁻	Titulométrico SM – 4500- Cl- B	250 / < 6,0	250 / < 6,0	250 / < 0,6	250 / < 6,0
			NA	NA	NA	NA
Sulfatos	mg/L SO ₄ -	Turbibimétrico SM-4500- SO ₄ -2 E	250 / <10,0	250 / <10,0	250 / <10,0	250 / <10,0
			NA	NA	NA	NA
*Hierro	mg/L Fe ⁻	Absorcion Atomica SM – 3111 B	0,3 / 0.277 ± 0.055	0,3 / 0.150 ± 0.030	0,3 / 0.477 ± 0.095	0,3 / < 0.100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
Nitritos	mg/L NO ₂ - N	Colorimétrico SM –4500- NO ₂ - B	10 / < 0,050	10 / <0,050	10 / <0,050	10 / <0,050
			NA	NA	NA	NA
Nitratos	mg/L NO ₃ - N	Espectofotométrico SM-4500-NO ₃ - B	10 / <0,200	10 / 0,316	10 / 0,223	10 / 0,307
			NA	NA	NA	NA
*Aluminio	mg Al /L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	0,2 / 0.364 ± 0.033	0,2 / < 0.200 ± ND	0,2 / < 0.200 ± ND	0,2 / < 0.200 ± ND
			NA	NA	NA	NA
**Arsénico	mg As/L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	NA / < 0.005 ± ND			
			NA	NA	NA	NA
*Cobre	mg Cu/L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cobalto	mg Co/L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cadmio	mg Cd/L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	NA / < 0.003 ± ND			
			NA	NA	NA	NA
*Zinc	mg Zn/L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	NA / 0.256 ± 0.014	NA / < 0.060 ± ND	NA / < 0.060 ± ND	NA / < 0.060 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cromo Hexavalente	mg Cr ⁺⁶ /L	Espectrofotométrico SM 3500 Cr B	NA / < 0.050 ± ND			
			NA	NA	NA	NA
*Plomo	mg Pb/L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	NA / < 0.150 ± ND			
			NA	NA	NA	NA
*Manganeso	mg Mn/L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	NA / < 0.100 ± ND			
			NA	NA	NA	NA
*Níquel	mg Ni/L	Absorcion Atomica SM – 3111 B	NA / < 0.100 ± ND			
			NA	NA	NA	NA
ND: No Determinado.			NA. No Aplica			

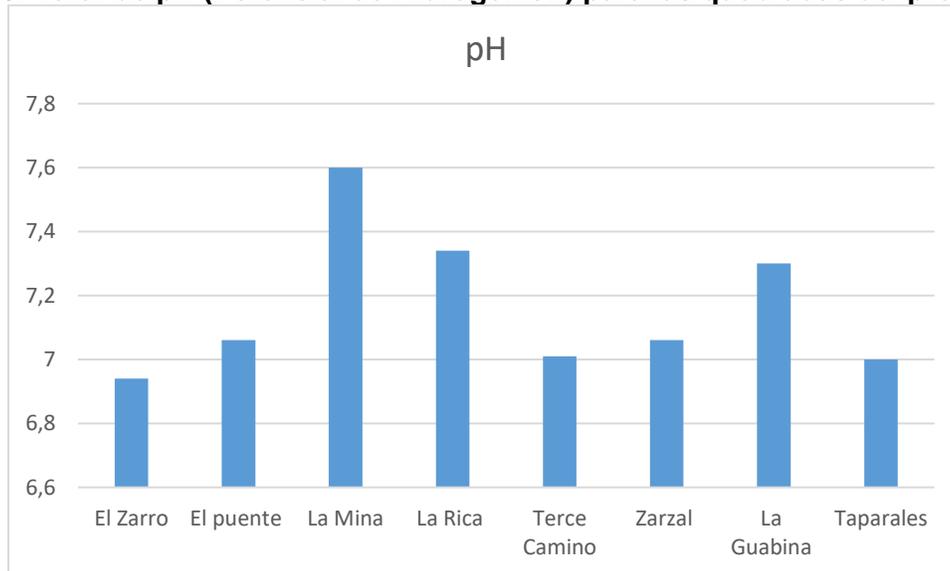
Parámetros Físicoquímicos.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio Omniambiente del municipio de Rionegro (Antioquia). Los resultados comprendieron la determinación de pH, Conductividad, color aparente, turbiedad, alcalinidad, dureza, cloruros, sulfatos, hierro, nitritos, nitratos, aluminio, arsénico, cobre, cobalto, cadmio, zinc, cromo hexavalente, manganeso y níquel. Las pruebas se efectuaron de acuerdo con las normas del laboratorio que se basaron en el cumplimiento de la resolución 2115/2007.

Se considera que el agua es el solvente universal y, según Teijón y Garrido (2006), esta propiedad está relacionada con su estructura molecular, que le permite disolver con facilidad compuestos iónicos y compuestos polares y solubilizar otros de carácter lipídico. Esta característica distintiva le confiere al agua una gran importancia, ya que puede tener diversas aplicaciones; sin olvidar que es un elemento esencial para el mantenimiento de la vida en el planeta.

Las pruebas comprendieron la determinación de pH, este es un factor importante ya que se puede identificar si una muestra carece de nutrientes o presenta niveles de toxicidad. (Raudel, 2003). Al analizar los valores obtenidos en la [tabla 50](#) y [tabla 52](#), de las 8 muestras, estas, se encuentran en entre los valores de referencia (6.5 – 9). Según Mora y Mata (2003), la variabilidad del pH de un sector a otro puede verse influenciada por el tratamiento aplicado al agua o por el tipo de cuenca del cual proviene, debido a la riqueza de minerales que esta posee, lo que altera el potencial de hidrógeno presente en el agua.

Tabla 49. Valor de pH (Potencial de Hidrogenión) para las quebradas del predio



Para las pruebas de Conductividad Eléctrica (CE), en todas las muestras no has diferencias significativas, con el objetivo de evidenciar la presencia de electrolitos disueltos (Cabrerizo, 2008)

La dureza total del agua corresponde a la suma de la concentración de iones polivalentes, y su determinación se realiza por medio de valoraciones complejométricas a pH cercano a 10 en un medio amoniacal; mientras que en la dureza cálcica se determina solo la concentración de calcio y el análisis se realiza a pH 13 sin amoníaco (Harris, 2007). La dureza total se mide como CaCO₃ y la presencia de aguas duras puede tener consecuencias económicamente importantes (Snoeyink, 1980). No hay diferencias significativas para la dureza en los valores de referencia de 300 mg/L CaCO₃ (11.9 – 36.9 mg/L CaCO₃), su clasificación de nivel de dureza (mg/L) está en el rango de aguas ligeramente duras (ver [tabla50](#)), todos los datos se encuentran por debajo de la concentración recomendada, es vital resaltar la importancia de controlar la dureza del agua potable, ya que las aguas blandas y duras han sido relacionadas con problemas cardíacos y cálculos renales, respectivamente. (Alfaro & Mora, 1999).

Tabla 50. Nivel de Dureza para aguas analizadas

Nivel de Dureza (mg/L)	Clasificación
0-17	Agua banda
17-60	Agua ligeramente dura
60-120	Agua moderadamente dura
120-180	Agua dura
>180	Agua muy dura

Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

Con los resultados de laboratorio para el análisis de CE, es evidenciar la presencia de electrolitos disueltos, ya que el agua pura no debería presentar conductividad eléctrica alguna, por su ausencia de electrolitos, a diferencia del agua potable, que presentan algunos electrolitos disueltos (Cabrerizo, 2008).

En total para las 8 muestras de las quebradas no se encuentran diferencias significativas para la CE, es decir que las sales disponibles en el agua para uso agrícola y pecuario no supera el rango de valores de referencia, por ello no representa una toxicidad tanto para el consumo humano o para el uso agropecuario.

Para los demás minerales y parámetros fisicoquímicos, en general se encontró que los límites son permisibles de acuerdo con la resolución 2115/2007, con fines agropecuarios y de consumo humano, los resultados de las concentraciones están en el rango de valor referenciado con bajo riesgo de salud y no hay restricción alguna para el uso de estas aguas superficiales para riego de los diferentes cultivos y además de que no hay toxicidad alguna para la producción pecuaria.

Tabla 51. Resultados de pruebas fisicoquímicas para las quebradas del, El Zarro, El puente, La mina y La Rica. (Laboratorio Omniambiente SAS).

Parámetro	Unidades / Expresadas	Método de Referencia	El Zarro	El puente	La Mina	La Rica
			VR/VO/C	VR/VO/C	VR/VO/C	VR/VO/C
pH	Unid de pH	Electrométrico SM – 4500 H+ B	6,5 - 9,0 / 6,94	6,5 - 9,0 / 7,06	6,5 - 9,0 / 7,60	6,5 - 9,0 / 7,34
			NA	NA	NA	NA
Conductividad	µS/cm	Potenciométrico SM – 2510 B	≤1000 / 26,7	≤1000 / 40,9	≤1000 / 86,9	≤1000 / 22,7
			NA	NA	NA	NA
Color Aparente	U. P. C	Espectrofotométrico SM - 2120 C	15/14,0	15 / 10,0	15 / 7,0	15 / 10,0
			NA	NA	NA	NA
Turbiedad	UNT	Nefelométrico SM - 2130 B	2/0,82	2 / 0,54	2 / 0,87	2 / 0,68
			NA	NA	NA	NA
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM – 2320 B	200/< 20,0	200 / <20,0	200 / 49,7	200 / < 20,0
			NA	NA	NA	NA
Dureza	mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM – 2340 C	300/13,9	300 / 15,5	300 / 39,6	300 / 11,9
			NA	NA	NA	NA
Cloruros	mg/L Cl ⁻	Titulométrico SM – 4500- Cl- B	250/< 6,0	250 / < 6,0	250 / < 6,0	250 / < 6,0
			NA	NA	NA	NA
Sulfatos	mg/L SO ₄ -	Turbidimétrico SM–4500- SO ₄ -2 E	250/ < 10,0	250 / < 10,0	250 / < 10,0	250 / <10,0
			NA	NA	NA	NA
*Hierro	mg/L Fe ⁺	Absorción Atómica SM – 3111 B	0,3/< 0,100	0,3 / 0,156 ± 0,031	0,3 / < 0,100 ± ND	0,3 / < 0,100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
Nitritos	mg/L NO ₂ - N	Colorimétrico SM –4500- NO ₂ - B	10/<0,050	10 / <0,050	10 / < 0,050	10 / < 0,050
			NA	NA	NA	NA
Nitratos	mg/L NO ₃ - N	Espectrofotométrico SM–4500–NO ₃ - B	10 / 0,232	10 / 0,200	10 / < 0,200	10 / <0,200
			NA	NA	NA	NA
*Aluminio	mg Al /L	Absorción Atómica SM – 3111 B	0,2/<0,200	0,2 / <0,200	0,2 / < 0,200	0,2 / <0,200
			NA	NA	NA	NA
**Arsénico	mg As/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cobre	mg Cu/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,005 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND
			< 0,050 ± ND	NA	NA	NA
*Cobalto	mg Co/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cadmio	mg Cd/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,003 ± ND	NA / < 0,003 ± ND	NA / < 0,003 ± ND	NA / < 0,030 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Zinc	mg Zn/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,006 ± ND	NA / 0,071 ± 0,004	NA / <0,060 ± ND	NA / < 0,060 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cromo Hexavalente	mg Cr ⁺⁶ /L	Espectrofotométrico SM 3500 Cr B	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND	NA / < 0,050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Plomo	mg Pb/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,150 ± ND	NA / < 0,150 ± ND	NA / < 0,150 ± ND	NA / < 0,150 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Manganeso	mg Mn/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Níquel	mg Ni/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND	NA / < 0,100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
ND: No Determinado.			NA: No Aplica			

Tabla 52. Resultados de pruebas fisicoquímicas para las quebradas de: Tercer Camino, Zarzal, La Guabina y Taparales. (Laboratorio Omniambiente SAS).

Parámetro	Unidades / Expresadas	Método de Referencia	Terce Camino	Zarzal	La Guabina	Taparales
			VR/VO/C	VR/VO/C	VR/VO/C	VR/VO/C
pH	Unid de pH	Electrométrico SM – 4500 H+ B	6,5 - 9,0 / 7,01	6,5 - 9,0 / 7,06	6,5 - 9,0 / 7,30	6,5 - 9,0 / 7,66
			NA	NA	NA	NA
Conductividad	µS/cm	Potenciométrico SM – 2510 B	≤1000 / 24,9	≤1000 / 30,6	≤1000 / 69,7	≤1000 / 43,3
			NA	NA	NA	NA
Color Aparente	U. P. C	Espectrofotométrico SM - 2120 C	15 / 33,0	15 / 24,0	15 / 20,0	15 / 8,0
			NA	NA	NA	NA
Turbiedad	UNT	Nefelométrico SM - 2130 B	2 / 3,01	2 / 1,58	2 / 1,24	2 / 0,74
			NA	NA	NA	NA
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM – 2320 B	200 / < 20,0	200 / <20,0	200 / 23,9	200 / 25,9
			NA	NA	NA	NA
Dureza	mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM – 2340 C	300 / 11,9	300 / 11,9	300 / 33,7	300 / 27,7
			NA	NA	NA	NA
Cloruros	mg/L Cl ⁻	Titulométrico SM – 4500-Cl- B	250 / < 6,0	250 / < 6,0	250 / < 0,6	250 / < 6,0
			NA	NA	NA	NA
Sulfatos	mg/L SO ₄ -	Turbibimétrico SM–4500-SO4-2 E	250 / <10,0	250 / <10,0	250 / <10,0	250 / <10,0
			NA	NA	NA	NA
*Hierro	mg/L Fe ⁺	Absorción Atómica SM – 3111 B	0,3 / 0.277 ± 0.055	0,3 / 0.150 ± 0.030	0,3 / 0.477 ± 0.095	0,3 / < 0.100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
Nitritos	mg/L NO ₂ -N	Colorimétrico SM –4500-NO ₂ - B	10 / < 0,050	10 / <0,050	10 / <0,050	10 / <0,050
			NA	NA	NA	NA
Nitratos	mg/L NO ₃ -N	Espectrofotométrico SM–4500–NO ₃ - B	10 / <0,200	10 / 0,316	10 / 0,223	10 / 0,307
			NA	NA	NA	NA
*Aluminio	mg Al /L	Absorción Atómica SM – 3111 B	0,2 / 0.364 ± 0.033	0,2 / < 0.200 ± ND	0,2 / < 0.200 ± ND	0,2 / < 0.200 ± ND
			NA	NA	NA	NA
**Arsénico	mg As/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0.005 ± ND	NA / < 0.005 ± ND	NA / < 0.005 ± ND	NA / < 0.005 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cobre	mg Cu/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cobalto	mg Co/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cadmio	mg Cd/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0.003 ± ND	NA / < 0.003 ± ND	NA / < 0.003 ± ND	NA / < 0.003 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Zinc	mg Zn/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / 0.256 ± 0.014	NA / < 0.060 ± ND	NA / < 0.060 ± ND	NA / < 0.060 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Cromo Hexavalente	mg Cr ⁶⁺ /L	Espectrofotométrico SM 3500 Cr B	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND	NA / < 0.050 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Plomo	mg Pb/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0.150 ± ND	NA / < 0.150 ± ND	NA / < 0.150 ± ND	NA / < 0.150 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Manganeso	mg Mn/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0.100 ± ND	NA / < 0.100 ± ND	NA / < 0.100 ± ND	NA / < 0.100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
*Níquel	mg Ni/L	Absorción Atómica SM – 3111 B	NA / < 0.100 ± ND	NA / < 0.100 ± ND	NA / < 0.100 ± ND	NA / < 0.100 ± ND
			NA	NA	NA	NA
ND: No Determinado.			NA. No Aplica			

RECOMENDACIONES

Lotes del Predio:



Lote 1 (10,15 ha)		Cultivo apto 
Nivel freático	0,6	
Textura del suelo	Arcillo - Arenoso	
pH	5,3	
Dureza (psi)	300	
Altitud	292	
infiltración	Moderada	

Lote 2 (5,07 ha)		Cultivo apto, plátano y limón Tahití 
Nivel freático		
Textura del suelo	Arcilloso	
pH	5,03	
Dureza		
Altitud		
infiltración		

Lote 3 (18,21 ha)		Cultivo apto piña o Maíz en donde para este último debe de realizarse una corrección de pH.
Nivel freático	mayor a 1m	
Textura del suelo	Franco - Arcilloso	
pH	4,95	
Dureza	250 - 350	
Altitud	293	
infiltración	rápida	

Lote 4 (32 ha)		Apto para cultivo de Arroz realizando corrección de pH.
Nivel freático	1,6 - 1,8	
Textura del suelo	arcillosa	
pH	5,05	
Dureza	340	
Altitud	279	
infiltración	lenta	

Lote 5 (14 ha)		Apto para cultivo de Arroz realizando corrección de pH.
Nivel freático	0,8 - 1,8	
Textura del suelo	arcilloso	
pH	5,05	
Dureza	120 - 350	
Altitud	272	
infiltración	lenta	



Lote 6 (4,7)		Apto para cacao con un buen manejo de drenajes o piña.
Nivel freático	1,3	
Textura del suelo	arcilloso	
pH	5,06	
Dureza		
Altitud		
infiltración	Moderada	



Lote 7 (16 ha)		Apto para Arroz, piña y cacao con un buen manejo de drenajes.
Nivel freático	1,6	
Textura del suelo	arcilloso	
pH	5,36	
Dureza	240	
Altitud	204	
infiltración	moderada	

Lote 8 (16 ha)		Apto para piña
Nivel freático	mayor a 1m	
Textura del suelo	arcilloso	
pH	5	
Dureza	310	
Altitud	319	
infiltración		



Lote 9 (5,62 ha)		Apto para limón Tahití bajo otras pruebas o piña.
Nivel freático		
Textura del suelo	arcillo-arenoso	
pH	5	
Dureza		
Altitud		
infiltración		

Al evaluar las características nutricionales de cada uno de los lotes nos permite determinar que los cultivos más aptos para estos son el plátano y el limón Tahití.

Sistema de riego:

Se recomienda tener precaución especial con la caída de gotas desde alturas considerables, la formación de gotas grandes y el secado del suelo. Se propone un tipo de riego de baja intensidad, con alta frecuencia y con un tamaño de gota pequeño. En este tipo de suelo ayuda el mulch para mantener la humedad en el suelo y evitar el encostramiento, además este tipo de texturas requieren niveles de laboreo altos y equipos con alta potencia, en donde un suelo mojado se presenta muy pegajoso y seco muy duro, susceptible a problemas de mal drenaje y acumulación de sales.

Según el tipo de cultivo se recomienda un tipo de sistema de riego. El sistema que mejor se adapta a los cultivos, que permite una eficiencia entre el 90 y el 95% del recurso hídrico, evita ambientes propicios para el desarrollo de hongos patógenos, que puede controlar la frecuencia y evita aumentar la compactación del suelo es el sistema por goteo, de esta forma y con los análisis antes mencionados se sugiere la implementación de este sistema.

- Sistema de Drenaje:
 - Implementar tanto drenajes superficiales como internos, con estos se realizará el control de aguas provenientes de lluvias como del control de los niveles freáticos que pueden generar pudrición de las raíces.
- Interpretación y mejora del suelo:
 - Corrección de pH.
 - Fertilización de los lotes de acuerdo a los requerimientos nutricionales de cada cultivo.

Según las condiciones climáticas con las que contamos en la región se seleccionan algunos cultivos entre ellos tenemos arroz, cacao, coco, limón Tahití, maíz, piña, plátano, vainilla, yuca y jengibre. Con las condiciones edáficas presentes en el suelo realizamos una selección óptima para cada lote.

CONDICION	Arroz	Cacao	Coco	Limon Tahiti	Maiz	Piña	Platano	Vainilla	Yuca	Jengibre
Adaptacion	regiones tropicales y subtropicales	Estrictamente tropical	regiones tropicales calido - humedas	regiones tropicales y subtropicales	regiones tropicales, subtropicales y templadas	regiones tropicales y subtropicales	regiones tropicales humedas	regiones tropicales humedas	regiones tropicos y subtropicos humedos	Tropico humedo
Ciclo de madurez	100 - 103 dias	150 - 180 dias	4.5 - 7.0 años	4 - 5 años	100 - 140 dias	17 - 24 meses	11 - 16 meses	3 - 10 años	9 - 24 meses	10 - 12 meses
Altitud	0 - 500 m.s.n.m	0 - 1000 m.s.n.m	0 - 1.300 m.s.n.m	500 - 1.800 m.s.n.m	0 - 3.300 m.s.n.m	0 - 800 m.s.n.m	0 - 800 m.s.n.m	0 - 1000 m.s.n.m	0 - 2000 m.s.n.m	0 - 1000 m.s.n.m
Fotoperiodo	10 horas	dia neutro	12 horas	Dia neutro	Dia corto (menor a 10 horas)	Dias cortos, 8 horas	Indiferente	Dia corto, 8 horas	Dia neutro (entre 10 y 12 horas)	Dia neutro (entre 10 y 12 horas)
Radiacion luz	Radiacion directa	Sombra	Soleados - no admite sombras	Plena radiacion solar	Mucha insolacion	Moderada a abundante iluminacion	Moderada iluminacion	Media sombra o sombra completa	Altamente iluminada	Parcial o totalmente sombreado
Temperatura	18 - 40 °C	21 - 35 °C	24 - 29 °C	23 - 30 °C	24 - 30 °C	15 - 32 °C	25 - 30 °C	21 - 32 °C	15 - 29 °C	25 - 30 °C
Precipitacion (agua)	1000 - 4000 mm/anales	1500 - 3000 mm/anales	1300 - 2300 mm/anales	900 - 1600 mm/anales	500 - 800 mm/anales	1000 - 1500 mm/anales	1200 - 2200 mm/anales	2000 - 2500 mm/anales	1000 - 2500 mm/anales	2000 mm/anales
Requerimiento	suelos humedos e inundados	No tolera fuertes vientos y constantes	Suelos aireados	No tolera sequia	No tolera encharcamiento	Evitar vientos fuertes	Vientos no fuertes y suelo aireado	No tolera sequias prolongadas, temperaturas altas y encharcamientos.	No tolera encharcamientos	No tolera sequia y vientos fuertes
Humedad relativa	Alta	80 - 90%	80 - 90%	75 - 82%	Moderadamente humedo	70 - 80%	Relativamente Alta	Relativamente humedo	70 - 85%	80%
Profundidad del suelo	Mayor a 60 cm	Mayor a 70 cm	Mayor a 80 cm	Mayor a 90 cm	entre 1 y 1,7 m	Entre 30 - 60 cm	Mayor a 1.8 m	Poco espesor	Mediana profundidad	Mayor a 50 cm
Textura del suelo	Arcillo-limoso o Franco - Arcilloso	Arcilloso o Arcilloso - Arenoso	Suelo suelto con alto contenido de arena y materia organica	Franco - Arenoso y Franco - Arcillosos	Franco - limoso, Franco - Arcillosos y Franco - Arcillo - limosos	Arcillosos - Arenosa, Areno - Arcilloso y arenosa	Franco, Franco - Arcilloso y Limoso	Ligeros	Ligeros, Franca o Franca - Arenosa	Franco - Arenosos
Drenaje	Pobre de drenaje	Buen drenaje, no tolera encharcamientos	buen drenaje	buen drenaje	buen drenaje	buen drenaje	buen drenaje	buen drenaje	buen drenaje	buen drenaje
pH	Suelo seco 5.5 - 6.5; Suelo inundado 7.0 - 7.2	5.5 - 7.5	4.5 - 8.7 optimo 6.0	6.0 - 8.3 optimo 7.0	5.5 - 7.5 optimo 6.0 - 7.0	4.5 - 6.5 optimo 5.9	6.0 - 7.5 optimo 6.5	4.3 - 8.0 optimo 6.2	5.8 - 6.5 optimo 6.0	5.5 - 7.5
Salinidad	Tolerante	No tolerante	Altamente Tolerante	Sencible a la salinidad	Tolera salinidad	No tolera salinidad	Medianamente tolerante a la salinidad	Tolerancia intermedia	Ligeramente tolerante	Ligeramente tolerante

BIBLIOGRAFIA

1. Corpouraba; 2009. Zonificación De Amenazas Y Riesgos De Origen Natural Y Antrópico Del Área Urbana Del Municipio De Dabeiba Como Herramienta Fundamental En La Planificación Del Territorio. Urabá, Antioquia.
2. Trigo, E; Kaimowitz, D; Flores, R 1991. Bases para una estrategia de desarrollo sostenido, San José, CR, IICA.
3. Manuel francisco Polanco puerta, 2007. maquinaria y mecanización agrícola. Universidad Nacional abierta y a distancia UNAD.
4. <https://www.meteoblue.com>
5. Molina, 2011. Análisis De Suelos Y Su Interpretación. Universidad de Costa Rica.
6. <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanaliseinterpretacion.pdf> San José, Costa Rica.
7. Castellanos, R. J. Z. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Ed. Intagri. Gto., México. 186 p
8. https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_14/st_14.pdf
9. Legaz, Análisis De Hojas, Suelos Y Aguas Para El Diagnóstico Nutricional De Plantaciones De Cítricos.
10. https://www.infoagro.com/citricos/diagnóstico_nutricional_citricos2.htm.InfoAgro
11. https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cdc5dda3aa85.pdf

12. Ramos, R., Sepúlveda, R. & Villalobos, F. (2003). El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. México: Universidad Autónoma de Baja California. [En línea] [Citado en 13, noviembre, 2020] Disponible en internet: <<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00003.pdf>.>
13. IDEAM, (2007). Determinación de Coliformes totales y E. Coli de aguas mediante la técnica de sustrato definido, colilert por el método de Numero Más Probable. [En línea] [Citado en 13, noviembre, 2020] Disponible en internet: <<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+e+n+agua+NMP+M%C3%A9todo+Colilert.pdf/463a6c8d-122c-4f75-8572-81bd64baa2d2>.>
14. LAS CEIBAS., (2017). Determinaciones de métodos microbiológicos. Huila. Empresas Públicas de Neiva E.S.P. [En línea] [Citado en 13, noviembre, 2020] Disponible en internet: <http://www.lasceibas.gov.co/sites/default/files/documentacion/lb-pr-08_determinaciones_de_metodos_microbiologicos.pdf.>
15. Morell, I. & Hernández, F. (2000). El agua en Castellón: un reto para el siglo XXI. Castellón de la Plana: Editorial de la Universidad Jaume. España. [En línea] [Citado en 13, noviembre, 2020] Disponible en internet: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-00003.pdf>.
16. Mora A.D. Criterios Microbiológicos para Evaluar las Aguas en sus Diferentes Usos. San José, Costa Rica. Revista Costarricense de Salud Pública. Año 5, N° 9, 1996. Pag. 23-33. [En línea] [Citado en 13, noviembre, 2020] Disponible en internet: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140914291998000200003#1
17. BIOTERRA. (2020). *bioterra fertilizantes*. Obtenido de www.bioterra.mx
18. DICTA. (2016). *manejo de suelos acidos de las zonas altas de Honduras*. Tegucigalpa.