

GESTIÓN INTEGRAL DEL SUELO, PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE
ESTABLECIMIENTO Y EL DESARROLLO EN LAS PRIMERAS FASES DEL
CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L)
Proyecto aplicado

YONY ARLEY CHAVEZ PARRA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMIA
CEAD PITALITO
2017

GESTIÓN INTEGRAL DEL SUELO, PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE ESTABLECIMIENTO Y EL DESARROLLO EN LAS PRIMERAS FASES DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L)
Proyecto aplicado

YONY ARLEY CHAVEZ PARRA

Trabajo de grado para optar al título de Agrónomo

Directora
Nelly María Méndez Pedroza
Ing. Forestal, Esp, Mág, Ph.D.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMIA
CEAD PITALITO
2017

Nota de Aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Pitalito, Agosto de 2017

DEDICATORIA

... A mi madre Luz Emilse por enseñarme con su ejemplo a trabajar por lo que se quiere, a mi esposa Liney por su tiempo y dedicación, a mi hijo Yony de quien me siento muy orgulloso.

AGRADECIMIENTOS

... A Dios por sus bendiciones, a mi esposa por su apoyo incondicional, al equipo de trabajo de Tutores del CEAD Pitalito de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, especialmente a la Dra Nelly María Mendez por sus orientaciones en este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pagina
1. Introducción	12
2. Planteamiento del problema	13
2.1 Antecedentes	13
2.2 Descripción del problema	14
2.3 Formulación del problema	14
3. Justificación	15
4. Objetivos	16
4.1 Objetivo general	16
4.2 Objetivos específicos	16
5. Marco de referencia	17
5.1 Marco teórico	17
5.1.1 Propiedad física del suelo	17
5.1.2 Propiedad química del suelo	21
5.1.3 Propiedad biológica del suelo	25
5.2 Marco contextual	26
5.3 Marco conceptual	27
6. Metodología	28
6.1 Medición de parámetros	28
6.1.1 Medición de parámetros de la propiedad física	28
6.1.2 Medición de parámetros de la propiedad química	31
6.1.3 Medición de parámetros de la propiedad biológica	31
7. Análisis de los resultados	32
7.3 Resultados de los parámetros físicos	32
7.2 Resultados de los parámetros químicos	33
7.3 Resultados de los parámetros microbiológicos	35
8. Conclusiones	36
8.1 Producción propia de los colinos del cafeto	36

	Pagina
8.2 Enmiendas minerales con base en análisis	38
8.3 Trasplante adecuado	40
8.4 Aporte de materia orgánica compostada	41
8.5 Control integral de arvenses	42
8.6 Fertilización con base en resultado de análisis	43
8.7 Asociación del cultivo	45
9. Recomendaciones	46
Bibliografía	47
Anexo (Resultado de análisis químico del suelo)	51

LISTA DE TABLAS

		Pagina
Tabla 1.	Resultado de análisis microbiológico	36
Tabla 2.	Dosis de fertilización	44

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del proyecto	26
Figura 2. Determinación de pendiente con Agronivel	28
Figura 3. Determinación de color con Carta de colores Munsell	28
Figura 4. Determinación de textura por método del tacto	29
Figura 5. Medición de espesor efectivo	29
Figura 6. Toma de muestras para densidad aparente	29
Figura 7. Procesamiento de muestras para densidad aparente	29
Figura 8 y 9. Procesamiento de muestras para densidad real	30
Figura 10. Procesamiento de muestras para humedad gravimétrica	30
Figura 11. Toma de muestras con barreno	31
Figura 12. Pruebas microbiológicas en laboratorio	31
Figura 13. Selección de semillas	36
Figura 14. Alistamiento de germinador	36
Figura 15. Distribución de la semilla en el germinador	37
Figura 16. Monitoreo del germinador	37
Figura 17. Enchapado	37
Figura 18. Manejo cultural del almácigo	37
Figura 19. Aplicación de cal por sitios	40
Figura 20. Colinos en óptimas condiciones	40
Figura 21. Trasplante con inoculación	40
Figura 22. Aporte de compost	42
Figura 23. Compost utilizado	42
Figura 24. Manejo de arvenses mediante poda	43
Figura 25. Uso de cortina para control focalizado de arvenses agresivas	43
Figura 26. Aplicación de fertilizantes en mezcla física	44
Figura 27. Fertilizante complejo de elementos menores	44
Figura 28. Asociación de cultivos, café, maíz, frijol, plátano y yuca	45
Figura 29. Cultivo de café con un año de desarrollo post trasplante	46

RESUMEN

Este proyecto apunta a la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos durante la carrera de agronomía, en áreas específicamente relacionadas con los suelos y su relación con el cultivo de café en sus primeras etapas. Incluye un diagnóstico integral de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas, la medición de cada uno de los parámetros y una apropiación conceptual para permitir un enfoque asertivo de manejo del suelo.

A partir de un diagnóstico integral del suelo, se analizaron las acciones a realizar en cuanto a la selección de materiales vegetales, enmiendas orgánicas y minerales, fertilizantes, manejo de arvenses, arreglos vegetativos, trabajo cultural, entre otros. Después de eso, estas técnicas agrícolas se utilizaron in situ y los efectos se observaron en los cultivos.

Al final del trabajo, se analizaron los posibles efectos en el suelo, evidenciados en la condición óptima de la plantación, su evolución morfológica y fisiológica; Concluyendo que el uso de parámetros técnicos en la gestión agrícola es esencial para evaluar la evolución o involución del sistema.

Palabras claves: suelo, caficultura, edafología, análisis integral, tecnificación.

ABSTRACT

This project aims for the enhancement of knowledge acquired during the agronomy career, in areas specifically related to soils and its relationship with coffee' crops in its early stages. It includes a comprehensive diagnostic of physical, chemical and microbiological properties, by measuring each one of the given parameters and carrying out a conceptual appropriation to allow an assertive approach of soil management.

Based on a comprehensive soil diagnostic the actions to be taken were analyzed regarding to the selection of vegetal material, organic and mineral amendments, fertilizers, arvenses management, vegetative arrangements, cultural labour, among others. After that, these agricultural techniques were used in-situ and the effects were observed on crops.

By the end of the year, the possible effects were analyzed in the soil, shown in the plantations' optimum condition and its morphological and physiological evolution; concluding that the use of technical parameters in agricultural management are essential to evaluate the evolution or involution of the system.

Key words: soil, coffee, edaphology, integral analysis, technification.

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto aplicado presenta la puesta en práctica de conocimientos de la carrera de agronomía principalmente en el ámbito de la edafología, en el cultivo de *Coffea arabica* L.

En este trabajo se realiza una descripción analítica del proceso de establecimiento del cultivo de café; se conceptualiza y se miden indicadores de la propiedad física como textura, color, densidad aparente, densidad real, porosidad total, fases del suelo; también indicadores de la propiedad química como el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de elementos; e indicadores de la propiedad microbiológica como las poblaciones de microorganismos presentes. Posteriormente a esta caracterización se toman decisiones aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera, en procura de mitigar inconvenientes sobre la plantación y que se pueden inferir del resultado de los análisis.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES

La caficultura se gestiona de múltiples formas, desde perspectivas empíricas y de subsistencia en la mayoría de los casos, hasta modelos altamente tecnificados en algunos casos; en términos generales a inicios del siglo XXI se identificó una necesidad de avanzar en la tecnificación de los sistemas productivos para lograr dos grandes objetivos, reducir los costos de producción, y mantener e incrementar la rentabilidad económica de las empresas cafeteras. Bertrand & Rapidel (1999). En el 2007 se identificó que un tercio de los caficultores de una muestra de los principales municipios caficultores Colombianos presenta condiciones de tecnificación, como también se evidencia que el tamaño de la producción no está directamente relacionado con el nivel de tecnificación, a diferencia del nivel de escolaridad del caficultor que si es influyente en la adopción de tecnología. Dussan, Duque, & González (2007). En el año 2010 con todo el esfuerzo institucional traducido en estrategias y programas de asistencia, e innovación a través de CENICAFE aún se identifica que un 36% del área cultivada no lo está de manera tecnificada. Muñoz (2010). En el 2014 se pone de manifiesto la necesidad de tecnificación cafetera que pese a los esfuerzos en: facilidades de acceso al crédito, las investigaciones de CENICAFE, y los incentivos para la renovación; no se masifica acorde a las intencionalidades de la agremiación. Silva (2014).

Este proyecto se gestó en el año 2016 por el interés de poner en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera de agronomía, es una iniciativa personal de emprendimiento en la caficultura de una manera tecnificada. Se adquirió un predio de 2 has, ubicado en una zona con potencial para el sistema productivo del cafeto, por lo que se optó por este tipo de cultivo. El cultivo se estableció, y su manejo agronómico planeado se postuló como propuesta de trabajo de grado para desarrollar un paso a paso de acuerdo con parámetros técnicos, que permitiera afinar procesos, para disminuir costos y mejorar la rentabilidad; tomando decisiones objetivas sobre cada parámetro estudiado del suelo.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Parte de la caficultura sigue presentando dificultades en la adopción de las tecnologías que llevarían al sector a un nivel de tecnificación adecuado, incluso cuando se evidencia una disminución de la edad de los caficultores y un nivel de escolaridad creciente, como condiciones que permiten inferir un mejor nivel de adopción. Burgos (2016). La tecnificación pese a ser una serie de condiciones “estandarizadas” que hacen más eficientes los recursos y más eficaces los procesos, debe contar con una contextualización en cada finca de acuerdo con sus condiciones agroclimáticas, su capacidad financiera, entre otros. Y aun se identifican falencias en ese sentido. Parada (2016).

Por consultas directas informales con caficultores del municipio de Pitalito existen versiones desde varias perspectivas en la administración de los cafetales en las primeras fases desde el establecimiento; estas son valiosas como referentes, sin embargo estas versiones son dadas por experiencias desarrolladas en condiciones agroclimáticas, socioeconómicas, y tecnológicas, heterogéneas y esto genera confusión para un caficultor principiante, o que los resultados obtenidos en los cultivos del café por las decisiones que se tomen no sean las mismas de los que cada autor o caficultor socializa. Posiblemente se incurra en gastos innecesarios, se produzca menos de la media regional, o se deteriore la base de los recursos naturales que soportan el agroecosistema, entre otros.

2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Las técnicas de manejo del suelo ejecutadas con criterio técnico, y datos objetivos; influyen en la fase de desarrollo vegetativo del café?

3. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto aporta una base conceptual y metodológica de la gestión de los suelos para el establecimiento y el manejo del café en el primer año del cultivo; este trabajo presenta una alternativa de manejo integral para el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas, mediante un análisis descriptivo evidenciar su influencia en el desarrollo del cultivar, y las posibles prácticas y técnicas a implementar de manera objetiva.

Se podrá establecer de manera descriptiva los efectos de las técnicas aplicadas (con criterios técnicos) al suelo sobre su evolución; y sobre las condiciones de desarrollo de la plantas.

Este trabajo hace un aporte teórico práctico sobre la importancia de tomar decisiones y ejecutarlas con base en criterios y en datos objetivos, específicamente en la edafología; pero en su esencia es extrapolable a cualquier área de influencia en la gestión agronómica del cultivo de café, donde deben primar desde una perspectiva profesional las cifras y los resultados para la trazabilidad tanto del producto como del proceso, y así realimentar con solvencia y eficacia los procedimientos en la empresa caficultora.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Documentar las prácticas agronómicas para el establecimiento y el primer año del cultivo del cafeto, según los resultados de análisis integral del suelo.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar procedimientos de diagnóstico Físico, químico y microbiológico del suelo, para la toma de decisiones en el establecimiento del café.
- Implementar prácticas agronómicas de mejoramiento de los indicadores del suelo, de acuerdo al diagnóstico realizado, y parámetros técnicos.
- Monitorear la evolución del suelo y el desarrollo del cultivo mediante registros de campo y datos observacionales sobre el terreno.
- Describir analíticamente las posibles relaciones entre las prácticas implementadas y los indicadores de suelo analizados.

5. MARCO DE REFERENCIA

El trabajo de grado, forma parte de una estructura teórica ya existente, ésta debe tomar en cuenta el conocimiento previamente construido. Para tal fin, se definen los marcos legal, contextual, teórico, conceptual.

5.1 MARCO TEORICO

A continuación se describen los indicadores tenidos en cuenta en este trabajo, primero una revisión de los que corresponden a la propiedad física del suelo, posteriormente los relacionados con la propiedad química, y por último los de la propiedad microbiológica.

5.1.1 Propiedad física del suelo

Los indicadores asociados a esta propiedad permiten inferir la calidad de los atributos físicos, las limitaciones o la favorabilidad de estas condiciones para el desarrollo de la raíz, el anclaje, y otras dinámicas morfológicas y fisiológicas de la planta, a continuación se presenta una revisión bibliográfica de los indicadores de esta propiedad.

Forma de relieve y pendiente: Son dos propiedades relacionadas estrechamente, que dan cuenta de la topografía del terreno. Cock, Alvarez & Estrada (2006), refieren que estos parámetros influyen en varias dinámicas edáficas que afectan la producción. En este sentido reviste importancia la hidrodinámica en el suelo, ya que la topografía es determinante en los movimientos de infiltración, percolación, capilaridad, y escorrentía. Este parámetro, indica la diferencia en elevación dentro de un área, o entre dos puntos de una zona (Ocampo, 2003). En cuanto al cultivo de café se puede decir que es una planta con cierta rusticidad que la hace adaptable a condiciones topográficas que son desfavorables para otros cultivos. Los suelos planos o ligeramente ondulados son los más aptos para el cultivo de café, por su profundidad, capacidad de retención de agua y nutrimentos (Alvarado & Rojas, 1994).

Para el cultivo de café lo ideal es no sobrepasar los 45% de pendiente, ya que los procesos erosivos deterioran el suelo y afectan el cafetal; aunque se puede minimizar el efecto negativo de esta condición realizando prácticas de conservación. (Alvarado & Rojas, 1994).

Las medidas de conservación para la producción en pendientes pronunciadas son: zanjales en contorno, cultivo en franjas y en contorno, siembras en línea, labranza reducida, sombrero y barreras vivas (Novoa & Posner, 1981).

Color: Se considera un parámetro visual, fácil de establecer en campo con el uso de la Carta de colores Munsell. Es un parámetro importante que puede dar cuenta de su evolución; los materiales constitutivos como carbonatos, o materiales orgánicos; y las dinámicas o fenómenos actuales que se estén presentando como mal drenaje, entre otros (Valenzuela & Torrente, 2013)

Textura: Es el indicador que da cuenta de la proporción de arenas, limos y arcillas, se determina mediante método de Bouyucos, o en campo mediante el uso de orientativos con la guía RASTA, Cook et al (2006). Este indicador es importante en el cultivo del cafeto porque influye en el desarrollo radicular, en la actividad biológica que participa en la mineralización de la materia orgánica, en la hidrodinámica, y determina en buena medida la CIC, ya que las arcillas hacen parte de las partículas químicamente activas de intercambio, de éstos.

Espesor efectivo: Se refiere a “la profundidad del suelo que puede proporcionar un medio adecuado para el desarrollo de las raíces, retener el agua disponible y suministrar los nutrientes existentes” (Hudson, 1982), y según Forsythe (1985) el valor crítico para este indicador es de 2,96 MPa, cuando el suelo está a capacidad de campo. Las raíces del cafeto como en los demás cultivos son el principal medio para la toma de nutrientes, y en esto radica la importancia de una buena profundidad efectiva.

La mayor cantidad de raíces activas del cafeto se encuentra muy cerca de la superficie del suelo, en los primeros 10 cm de profundidad, y se extiende entre 1 y 1,5 m desde el tronco, esto permite inferir que la planta necesita buena disponibilidad de agua y nutrimentos a esta profundidad del suelo.

Para el cafeto el espesor efectivo debe ser mayor de 50 cm, con horizonte orgánico igual o mayor de 20 cm, a mayor profundidad efectiva del suelo mejor será el desarrollo radical del cafeto. (Arcila *et al*, 2007). Cuando no se tiene éstas condiciones se requiere adecuar cada sitio de siembra con acondicionadores físicos (pulpa, gallinaza, y otros), repicando el fondo del hueco, y/o construyendo caballones. (Ocampo, 2003). Este indicador se mide con un penetrómetro en el terreno con una humedad de capacidad de campo.

Densidad aparente: Este indicador se define como como la unidad de masa sobre la unidad de volumen de un suelo seco completamente y en su condición y empaquetamiento natural. (Smith, Sims & O'Neil, 1994). Ya que la densidad aparente está estrechamente relacionada con la porosidad, el volumen de poros es una parte del volumen de suelo medido para la estimación de la densidad aparente (Thompson & Troeh, 1988). Las propiedades físicas del suelo tienen gran importancia en el desarrollo de las raíces en el cultivo de café, entre estas propiedades cabe destacar la densidad aparente.

En el café es importante este indicador porque influye en los determinantes de fertilidad del suelo, y por tanto su capacidad de proveer nutrientes y buenas condiciones al cultivo del cafeto documentadas. (Salamanca, Sadeghian & Amézquita, 2004)

La densidad depende del tamaño de las partículas constituyentes del suelo, así los que presentan una textura fina presentan una densidad entre 1 y 1.2 g.cm^3 por el contrario los suelos con partículas grandes del tipo de la arena está entre 1.2 y 1.6 g.cm^3 , por su parte si la densidad aparente aumenta, se incrementa la

compactación y se alteran las condiciones de hidrodinámica que limitan la dinámica radicular. (Salamanca & Sadeghian, 2005).

Para medir este indicador existen dos métodos principales: el de terrón parafinado para suelos con una alta pedregosidad, y el del cilindro biselado, que sirve para suelos como el de este estudio, y que presenta al parecer arcillas expandibles reconocidas visualmente por la grietas formadas en tiempos de sequía, por lo que las muestras se tomaron a capacidad de campo.

Densidad real: Es la relación de masa/volumen del suelo, y en este volumen no se incluye el espacio poroso; también se denomina el peso específico del suelo. Rucks, García, Kaplán, Ponce de León & Hill (2004) afirman: que ésta “varía evidentemente con la proporción de los elementos que constituyen el suelo, en tanto tienen diferentes densidades” (p.11). Este indicador por tanto da indicios de la constitución mineralógica del suelo. Este parámetro también se utiliza para determinar la porosidad total, en este sentido Castro (1998) refiere que se estima a partir de su relación con la densidad aparente. Y se mide en laboratorio por el método del picnómetro.

Porosidad total: Es el parámetro que da cuenta de los espacios vacíos que tiene el suelo Gonzales, Sanchez & Garcia, (2004). Ferreras, Magra, Besson, Kovalevski & García (2007) hacen referencia que estos espacios vacíos determinan en conjunto con otros indicadores la calidad física del suelo. Estos espacios pueden ser ocupados por aire que favorece la oxidación de los elementos y la respiración radicular; y por agua que forma la solución de la que la planta toma los nutrientes. Ésta se puede calcular de acuerdo con el planteamiento de Díaz, Cabrera, & Ruiz. (2009). Mediante la siguiente fórmula:

$$PT\% = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100$$

En el cultivo de café, Suarez de Castro (2001) expone que la porosidad es influyente en el proceso de drenaje, importante, dada la susceptibilidad de este cultivo al encharcamiento.

Las fases del suelo: son la proporción de volumen del suelo dispuesto para el agua, el aire, y los sólidos; para el cafeto al igual que para la mayoría de las plantas La proporción de las fases del suelo que optimizan su desarrollo, corresponde a un 50% de fase sólida, 25% de fase Líquida, y 25 % de fase gaseosa, y estas se pueden determinar mediante las siguientes fórmulas propuestas por Suarez (2001)

$$\text{Fase sólida} = 100 - PT\%$$

$$\text{Fase líquida} = HV \% \text{ CdC}$$

$$\text{Fase gaseosa} = PT\% - FL$$

Donde:

$$PT\% = \text{Porosidad total en porcentaje}$$

$$HV \% \text{ CdC} = \text{humedad volumétrica en porcentaje a capacidad de campo.}$$

$$HV\% \text{ CdC} = HG \% \text{ CdC} \times Da$$

$$HG \% \text{ CdC} = \text{Humedad Gravimétrica en porcentaje a capacidad de campo.}$$

$$Da = \text{Densidad aparente.}$$

$$HG \% \text{ CdC} = \frac{msh \text{ CdC} - mss}{mss} \times 100$$

$$FL = \text{Fase líquida}$$

5.1.2 Propiedad química del suelo

La propiedad química del suelo es el conjunto de atributos que actúan con la planta en complejos intercambios, los parámetros que se tuvieron en cuenta en este proyecto aplicado fueron determinados por el laboratorio Agrosoillab, en la ciudad de Bogotá; el sub muestreo se realizó en forma de zigzag propuesta de manera generalizada, se evitaron sitios poco representativos y alterados, como zonas de tránsito, árboles, paso de aguas de escorrentía, entre otros. (Duran, 2012). Se

tomaron 12 submuestras, con barreno tipo holandés, se homogenizaron en un balde limpio, y se enviaron 500 g al laboratorio.

pH: Es un parámetro químico del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos, incluidos los microorganismos y plantas (Fernández, 2006).

Una característica importante del suelo es su reacción, ya que determina la actividad de los organismos en se desarrollan en él como los micro, macroorganismos y las plantas superiores, con tres gradientes determinantes bien definidos: acidez, neutralidad, y alcalinidad. (Huerta, 2010).

Este es un parámetro importante, ya que su rango Optimo para el cultivo de cafeto está entre, 5.5 y 6.5, nominado de Mediano a ligeramente ácido y es en este rango, que la mayor parte de los elementos minerales están disponibles para su nutrición. (Quijano, 2008, p.2).

Del pino (2006) afirma: “El origen de la acidez, se da por la lixiviación de bases, formación de ácidos solubles como ácido carbónico (H_2CO_3) y otros ácidos producto de la acción de microorganismos, liberación de H^+ por las raíces de las plantas al absorber bases, disociación de H^+ por los coloides del suelo, hidrólisis del Al durante la meteorización de alumino-silicatos”(p.3).

Saturación de bases: Es la proporción de bases dentro del complejo de cambio del suelo, y es importante en la toma de nutrientes de la planta. Cantú, et al (2007). De igual manera este indicador permite inferir y calcular el tipo y la cantidad de enmienda mineral a utilizar. Los niveles de saturación de bases se pueden definir como <30 % bajo o desaturado; entre 30 y 50% nivel medio, y mayor a 50% es un suelo saturado. (Castro, 1.998).

Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica (CE), según Amezcua (2001), es un indicador de salinidad del suelo, y está influenciada por una combinación de propiedades físico-químicas del suelo como lo son: el contenido de materia orgánica, la humedad presente, y la capacidad de intercambio catiónico. De acuerdo con los criterios establecidos por Richards (1954) en el Manual 60 del USDA, y adoptado mundialmente hasta este momento, un suelo se clasifica como salino cuando la C.E. de éste sea igual o mayor a 4,0 dS/m, sin embargo refiere que un suelo empieza a presentar problemas de sales cuando su C.E. es superior a 2,0 dS/m y añade que el límite de la clasificación como salino depende de la especie de cultivo.

Capacidad de intercambio de cationes: Una de las propiedades químicas del suelo que repercute notablemente en el cultivo del café es la capacidad de intercambio catiónico (CIC). De acuerdo con Arcila *et al* (2007) el intercambio catiónico es un proceso reversible por medio del cual un catión que está adsorbido en la fase sólida del suelo, se intercambia con otros cationes presentes en la fase líquida” (p.203). Piedrahita (2011) afirma que la mayor influencia sobre la CIC viene de las arcillas y de la materia orgánica, donde los denominados cationes predominantes en los suelos agrícolas son K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Al^{3+} , e H^+ , por su parte, otros nutrientes que presentan carga positiva, tales como el NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} y Cu^{2+} , se encuentran en cantidades muy pequeñas (p.1). En particular, Castellanos (2012) refiere que conocer la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de un suelo es fundamental, pues este valor indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes; además, la CIC afecta directamente la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes.

Contenido de elementos mayores: El nitrógeno es un elemento mayor importante en la nutrición vegetal y esencialmente requerido con mayor nivel de demanda por unidad de biomasa seca en el café, en el suelo se encuentra dentro de la materia

orgánica (MO) y es absorbido por la planta en forma de nitrato y amonio (NO_3 y NH_4). (Sadeghian, 2011).

Este elemento mayor interviene en todo el proceso de formación de los tejidos, es portador de la información genética y responde a una mayor producción del fruto, además, de otras funciones como la nutrición, el crecimiento y desarrollo de toda la planta. (Sadeghian, 2008).

El Fósforo es el elemento que favorece la formación y el desarrollo radicular en la planta; y este es el órgano encargado principalmente de la nutrición y el anclaje de la planta. (Arcila *et al*, 2007).

El potasio es importante por los procesos metabólicos de la planta. “y hace parte de los elementos esenciales para el café, su mayor consumo se presenta en la época de producción. El tiempo máximo que dura el efecto del potasio, después de un abonamiento, es de 4 meses, por ello se requiere realizar varias fertilizaciones en el año”. Manual cafetero Colombiano (citado por Calambas, R, 2009, p.23). La importancia de este macronutriente se hace tan necesario para su buen crecimiento y reproducción. El potasio también es esencial en la translocación de azúcares y la formación de almidón. La apertura de las células oclusivas y el cierre en los estomas requieren de este elemento, y este proceso es de vital importancia en la dinámica hídrica de la planta, también es estimulante del crecimiento radicular y el incremento de la resistencia a enfermedades.

Contenido de elementos menores (Ca Mg, S): Estos elementos son importantes para el desarrollo y el crecimiento de la planta junto con los elementos mayores N P K, su requerimiento depende de la especie o variedad, el nivel de producción, las propiedades del suelo, los componentes ambientales y el manejo del cultivo; el Calcio es el elemento que permite la cohesión de las células mediante la pared celular, el Magnesio como elemento fundamental en la molécula de clorofila, y el

azufre ayuda a metabolizar el Nitrógeno entre otras funciones.(Sadeghian, Mejía & González, 2013).

Contenido de oligoelementos (B, Mn, Co, Cu, Zn, Mo)

Por la naturaleza de este proyecto aplicado, a continuación se mencionan algunas de las funciones más importantes de los oligoelementos en la planta; el Boro participa en los procesos de división celular, y en el metabolismo proteico; el Manganeso tiene su función principal en la respiración y en la activación de fermentos vitales en la planta; el Cobalto ayuda en el crecimiento de la pared celular y participa en el metabolismo oxidativo; el cobre ayuda en la formación de lignina, y del xilema; el zinc fortalece el funcionamiento de los cloroplastos, y participa activamente en la mitosis; el molibdeno favorece actividades enzimáticas, y la fosforilación. (Hanke, 2009)

5.1.3 Propiedad biológica del suelo

La dinámica biológica en el suelo incrementa la disponibilidad de nutrimentos para los cultivos por la transformación de los minerales en procesos biogeoquímicos, y movilizan nutrimentos desde capas profundas a capas más superficiales y viceversa. (Madero, 2013). Es importante también mencionar que las poblaciones biológicas en el suelo presentan procesos de regulación entre sí, por lo que resulta significativa su consideración en términos de la sanidad del cultivo, ya que hay poblaciones favorables y desfavorables. (Varela & Rueda, 2013). Por la naturaleza de proyecto aplicado en este trabajo se limitó el estudio a identificar y cuantificar las poblaciones potencialmente fitopatógenas.

5.2 MARCO CONTEXTUAL



Figura 1. Ubicación del proyecto. Fuente: Elaboración propia con Google Earth.

Este proyecto se desarrolló en la Finca Del Café, localizada a $1^{\circ}55'15''$ N, y $76^{\circ}02'12''$ O, en la Vereda Paraíso Acacos, del corregimiento de Regueros, Municipio de Pitalito Huila, con una altura media aproximada de 1.440 msnm, clima templado, temperatura media de 18°C , y un régimen hídrico subhúmedo con una precipitación anual de 1272 mm y 1526 mm (UNAL, 1999), la unidad de estudio se ubica en un suelos de Piedemonte de clima medio y húmedo, con ondulaciones suaves, y pendientes de ligeras a moderadas irregulares, que han provocado pequeñas zonas de acumulación en la parte baja, también presenta a una profundidad de 50 cm aproximadamente una capa de cascajo “caliche” que le confiere buenas propiedades de drenaje, pero limitaciones por presencia de hierro, suelo del orden Andisol que según el IGAC (2010) son: “suelos derivados de cenizas volcánicas, con poca a moderada evolución; características tales como la retención de humedad muy alta, los hace susceptibles a deslizamientos y con problemas para la nutrición de las plantas por la deficiencia de fósforo” (p.21). Este suelo estaba destinado desde hace aproximadamente 10 años a la ganadería sin un manejo técnico estandarizado.

5.3 MARCO CONCEPTUAL

AGROECOSISTEMA: Ecosistema modificado en el que se privilegia una o varias especies de interés agroalimentaria.

BIOGEOQUÍMICO: proceso cíclico por el que pasa un material desde formas biológicas orgánicas, a formas minerales; y viceversa.

CENIZA VOLCÁNICA: Material de origen de los suelos volcánicos o Andisoles.

COLOIDE: Partícula mineral u orgánica de $\varnothing \leq 0,002$ mm, con capacidad para retener iones o H_2O en el suelo, son coloides en el suelo las arcillas y el humus proveniente de la materia orgánica.

EDAFOLOGÍA: Ciencia que estudia el suelo con fines de producción agropecuaria.

MATERIA ORGÁNICA: Material formado por organismos vivos o muertos, y sus desechos, cuyo principal componente es el carbono.

METEORIZACIÓN: Descomposición o alteración de la roca causada por agentes físicos (temperatura, humedad...) químicos (hidrólisis, oxidación...) y biológicos (raíces, algas, hongos...)

MINERAL: Sustancia inorgánica natural con una forma cristalina característica. Existen los minerales primarios que son del tamaño de la arena, y los minerales secundarios del tamaño de la arcilla. Los minerales están compuestos de elementos nutrientes para las plantas como P, K, Ca, Mg, Fe, Al, Si, entre otros.

MINERALIZACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA: Proceso biológico que implica la transformación por parte de bacterias de las formas orgánicas de nitrógeno (aminoácidos, amidas) a forma inorgánicas o minerales (NH_4 , NO_2 , NO_3) asimilables por las plantas.

NUTRIENTE: Elemento o conjunto de elementos estructurados químicamente que sirven para hacer parte constituyente o funcional de un organismo.

PARÁMETRO: Condición que da cuenta del estado de un elemento, o componente sobre una escala estandarizada.

PIEDEMONTE: Posición geomorfológica o forma de relieve ligeramente inclinada conformada por suelos cuyo origen ha dependido de la acumulación o depósitos de materiales arrastrados por los ríos desde la parte alta hasta el límite con las llanuras.

6. METODOLOGÍA

6.1 MEDICIÓN DE PARÁMETROS

Se procedió a la medición de los parámetros de cada propiedad, con metodologías estandarizadas de campo implementadas por el autor; y otros debieron ser medidos por terceros en laboratorios.

6.1.1. Medición de parámetros de la propiedad física:

La pendiente se determinó con el uso del agronivel tipo A (Figura 2), y el color se determinó con el uso de la carta de colores Munsell en condición de humedad media (Figura 3)



Figura 2. Determinación de pendiente con agronivel.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Determinación del color con carta de colores Munsell.

Fuente: Elaboración propia.



La determinación de la textura por el método de Bouyucos fue solicitada al laboratorio AGROSOIL junto con el análisis químico; y también en el terreno con el fin de corroborar la información y aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera se determinó por el método del tacto con el apoyo en la guía RASTA (figura 4). Y el espesor o profundidad efectiva se determinó con el uso de un penetrómetro de marca Eijkelkamp con capacidad de hasta 10.000 KPa, aplicando presión hasta determinar una resistencia de 2 MPa. (Figura 5).



Figura 4. Determinación de textura por método del tacto.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Medición del espesor efectivo.

Fuente: Elaboración propia.



La densidad aparente se determinó en laboratorio por el método de cilindros biselados de marca Eijkelkamp de 100 cm³ (figura 6 y 7), y la densidad real se midió en laboratorio mediante método del picnómetro (figuras 8 y 9); ambos procedimientos ejecutados por el autor.



Figura 6. Toma de muestras para densidad aparente.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Procesamiento de muestras para densidad aparente.

Fuente: Elaboración propia.



La porosidad total se determinó a partir de los datos obtenidos de las dos estimaciones de densidad (aparente y real) por la fórmula:

$$Porosidad\ Total\ PT\% = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100.$$



Figuras 8 y 9. Procesamiento de muestra para densidad real.

Fuente: Elaboración propia.



La fase sólida se estimó a partir de la diferencia del total del volumen del suelo con respecto a los espacios vacíos con la fórmula: $Fase\ Sólida\ (FS) = 100 - PT\%$.

Y la fase líquida y gaseosa se determinaron a partir de fórmulas basadas en la gravimetría en los diferentes puntos de humedad (figura 10); la fase líquida corresponde al volumen de suelo que debe guardar o proveerle agua a la planta, es decir la que se almacena en los meso y micro poros, en este sentido se estimó la fase líquida como la humedad volumétrica a capacidad de campo:

$$Fase\ Líquida\ (FL) = HV\ \% \ CdC$$

Figura 10. Procesamiento de muestras para humedad gravimétrica.

Fuente: Elaboración propia.



Y la fase gaseosa por la diferencia entre la porosidad total y la fase líquida (meso y micro poros) a partir de la fórmula: $FASE\ GASEOSA = PT - FL$

Dónde: $PT =$ Porosidad total $FL =$ Fase líquida

6.1.2. Medición de parámetros de la propiedad Química:

Por la rigurosidad y especificidad de las pruebas químicas, se contrataron con el laboratorio AGROSOIL. Se le solicitó un análisis completo en fase intercambiable del contenido de elementos, capacidad de intercambio de cationes CIC, pH, CE, saturación de bases, y relaciones catiónicas; en la figura 11 se observa parte del proceso de toma de 20 submuestras en forma de zigzag, que se homogenizaron y de esta mezcla, se enviaron 500g al laboratorio.



Figura 11. Toma de muestras con barreno.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3. Medición de parámetros de la propiedad Biológica:

Las pruebas para determinar poblaciones potencialmente fitopatógenas se realizaron en el laboratorio de control biológico del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (sede Pitalito); mediante método de dilución seriada, con intervención del autor. (fig. 12)

Figura 12. Pruebas microbiológicas en laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.



7. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En este aparte se presentan los resultados obtenidos de cada indicador, y se realiza un análisis descriptivo de cada situación.

7.1 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS:

En la unidad de estudio predomina una **forma de relieve** en ondulaciones suaves, regulares, simples, y la **pendiente** se determinó con el agronivel tipo A en 20 puntos y se promedió, dando una pendiente media de 13% que reportan como ligeras, y que no revisten riesgo de importancia para movimientos en masa; sin embargo se estimó la posibilidad de arrastre laminar; para determinar el **color** se utilizó la carta de colores Munsell, en suelo húmedo, que arrojó como resultado un color 10YR 3/2, éste podría ser conferido por la materia orgánica, sin embargo el análisis químico reportó un bajo contenido de ésta (1,75%), por lo que es probable que sea influido por su mineralogía.

La **textura** reportada por parte del laboratorio Agrosoil fue FA, con una proporción de A: 76% L: 18% y Ar: 6%; y el método organoléptico ejecutado por el autor arrojó el mismo resultado (FA); la unidad en estudio presentó un **espesor efectivo** promedio de 43 cm, que para el cultivo de café no representa una impedancia considerable; la **densidad aparente** se tomó en 5 puntos, con los que se calculó una media de 1,41 g/cm³; se determinó una **densidad real** de 2,55 g/cm³, lo que permitió establecer que se trata de un suelo típico de la región con altos contenidos de minerales y poca materia orgánica (1,75%) como lo ratifica el análisis químico; la **porosidad total** se calculó en 44,7 %, es decir un poco más baja de lo ideal (50%) sin embargo no representa indicios de compactación considerables; la **fase sólida** se calculó en 55,3 % un poco más alta de lo normal (50%) esto se puede deber al uso histórico de la parcela del proyecto que se destinada a la ganadería; la **fase líquida** con un 16,86 % del volumen del suelo permite inferir una baja capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, según su punto ideal de 25%. La fase líquida se almacena en los meso y micro poros (Valenzuela & Torrente, 2013). Y estos

están influidos por el tamaño de las partículas predominantes (Castro, 1998). La **fase gaseosa** con un 27,84% del volumen del suelo es un poco más alta de su punto ideal (25%), máxime por la “baja” porosidad total que presenta este suelo (44,7%); es decir que la mayor parte de espacios vacíos son de gran tamaño, > 60 μ de \varnothing (Castro, 1998).

7.2 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS:

Los datos descritos a continuación corresponden a los resultados de análisis que se contrató con el laboratorio (anexo 1); se determinó un **pH** de 4,62, estimado como extremadamente ácido para uso agrícola, ya que el Al se torna tóxico para las plantas a este rango (Lora, 2013); una **saturación de bases** de 71,98% permite inferir un suelo saturado; sin embargo esta proporción se da con base en la capacidad de intercambio de cationes, y ésta es baja; por tanto la saturación reportada en el análisis no representa un buen contenido de bases totales en este suelo.

La **conductividad eléctrica** de 0,07 dS/m da cuenta del bajo contenido de sales, que confirman que históricamente a este suelo no se le realizaban fertilizaciones adecuadas, pero también que no hay efecto negativo de éstas sales para los procesos de toma de nutrientes por parte de las plantas; La **CIC** de 5,31 meq/100g es baja; y esto puede estar relacionados con el bajo contenido de arcillas (6%), y el bajo contenido de materia orgánica (1,75%); el **contenido de N** según el análisis de laboratorio fue de 0,09%, para efectos prácticos se determinó su contenido, así:

N Disponible en Kg/ha = N disponible en ppm x millón de partes de suelo.

N Disponible en ppm = N disponible en % x 10.000

N disponible en % = N Total en % x Tasa de mineralización (según piso térmico)

Tasa de mineralización para clima medio (1.440 msnm) = 2% \rightarrow 0,02

Millones de partes del suelo en estudio (Da 1,41 g/cm³, profundidad 20 cm) = 2,82

$$\begin{aligned} \text{N disp. \%} &= 0,09 \times 0,02 &&= 1,8 \times 10^{-3} \\ \text{N disp. ppm} &= 1,8 \times 10^{-3} \times 10.000 &&= 18 \\ \text{N disp. Kg/ha} &= 18 \times 2,82 &&= 50,76 \end{aligned}$$

Con estos resultados, se puede deducir que este suelo estaba en capacidad de aportar 50,76 Kg de N por ha, y a partir de este dato calcular los requerimientos de fertilización; el **contenido de P** según análisis fue de 7,05 ppm, y con el fin de determinar teóricamente su contenido por ha se calculó así:

$$\text{P en Kg/ha} = \text{P ppm} \times \text{millón de partes}$$

$$\text{P en Kg/ha} = 7,05 \times 2,82 = 19,74$$

Este contenido de fósforo por ha se puede calificar como bajo, lo que podía afectar negativamente el desarrollo radicular en la fase inicial del cultivo, suprimir su crecimiento por deficiencias en el metabolismo energético (Hanke, 2009), la formación de tejidos; además el pH bajo (4,62) se tornó como un agravante al inmovilizar posiblemente este elemento; el **contenido de K** de 0,13 meq/100g, se califica como bajo, y como en los anteriores elementos para efectos prácticos se debió determinar su cantidad por ha, así:

$$\text{Contenido de K en Kg/ha} = \frac{\text{Peso de la Capa arable en g} \times \text{g de K en 100 g de suelo}}{100} / 1000$$

$$\text{g de K en 100 g de suelo} = \text{meq de K en 100g de suelo} \times \text{peso del meq de K}$$

$$\text{Peso de meq de K} = \frac{\text{Peso equivalente de K}}{1000}$$

$$\text{Peso equivalente de K} = \frac{\text{Masa atómica}}{\text{Valencias}}$$

El desarrollo de las anteriores fórmulas para el cálculo del K:

$$\text{Peso equivalente de K} = \frac{39g}{1} = 39g$$

$$\text{Peso de meq de K} = \frac{39g}{1000} = 0,039 g$$

$$\text{g de K en 100 g de suelo} = 0,13 \times 0,039g = 0,00507g$$

$$\text{Contenido de K Kg/ha} = \frac{2,82 \times 10^9 \text{ g} \times 0,00507 \text{ g}}{100} / 1000 = 142.974 / 1000 = 142,9 \text{ Kg de K/ha}$$

Los elementos menores se calcularon con las formulas ampliamente expuestas anteriormente y dieron como resultado un **contenido de Ca** de 1.537 Kg/ha expresado en 2,72 meq/100g de suelo categorizado como bajo Ca < 5 meq/100g suelo; un **contenido de Mg** de 0,84 meq/100 g de suelo que representan 288 Kg/ha calificado como bajo Mg < 1 meq/100g suelo.

El **contenido de S** de 11,58 ppm, que equivalen a 32,6 Kg de S/ha, y según los estándares es un contenido alto > 10 ppm. (Castro, 1998); sobre los oligoelementos se agrupan los que reportan con un nivel medio, así el **contenido de Na** con 0,14 meq/100g que corresponden a 90,7 Kg/ha; el **contenido de Fe** con 33,13 ppm es decir 93,4 Kg/ha; el **contenido de Mn** con 138,2 Kg/ha representados en el resultado como 49,02 ppm; y el **contenido de Zn** con 3,79 ppm que equivalen a 10,7 Kg de Zn/ha. Y por otra parte los que reportan con un contenido bajo según los estándares, como el **Contenido de B** con 0,06 ppm (< 0,2 ppm), equivalentes a 0,169 Kg/ha; y el **contenido de Cu** con 0,49 ppm (< 1 ppm) que se calculan en 1,38 Kg de Cu/ha.

7.3 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS:

Se encontró variedad de géneros y especies de hongos filamentosos los cuales contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y a la nutrición del suelo por medio de intercambios metabólicos y producción de enzimas para una mejor asimilación de nutrientes.

Se encontraron también géneros de bacterias patógenas como: *Salmonella* sp. , *Clostridium* sp. y *E. Coli*, son microorganismos causantes de diferentes enfermedades que afectan la salud humana y animal. Sin embargo no representan un riesgo para la plantación del cafeto. La muestra también presentó esporas y estructuras reproductivas del hongo *Fusarium oxisporum*, dio positivo para coliformes totales, positivo para presencia de esporas de *Mucor* sp., *Penicillium* sp. como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de análisis microbiológico

Descripción de la muestra	Recuento Enterobacterias UFC/ml	Recuento <i>E. Coli</i> UFC/ml	Recuento <i>Salmonella</i> sp. UFC/ml	Recuento Coliformes totales	Recuento <i>Clostridium</i> sp. UFC/ml	Recuento Coliformes fecales UFC/ml	Recuento hongos filamentosos UFC/ml
Simple	<10	2,5X10 ¹	<10	2,4X10 ³	3,2X10 ²	<10	7X10 ⁸

Fuente. Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES

En términos generales se concluye que lo más adecuado para la gestión del suelo en el cultivo del café, es que sea de acuerdo a las mediciones diagnosticas de los parámetros que se tomen las decisiones y se ejecuten las prácticas con criterios técnicos, para disipar el efecto negativo de las condiciones desfavorables y potenciar los efectos positivos de las favorables; a continuación se describe la implementación de prácticas agronómicas, los indicadores que pudieron estar influenciados con estas, y los resultados evidenciados en el desarrollo óptimo y el estado ideal del cultivo.

8.1 PRODUCCIÓN PROPIA DE LOS COLINOS DEL CAFETO

De acuerdo con lo indagado ésta es una decisión importante con criterios técnicos; porque permite garantizar la calidad del material vegetal que se llevará a campo definitivo, este proceso inicia con una adecuada selección de la semilla (figura 13), sin defectos físicos, de una planta sana con buenos índices de producción; y un germinador con las condiciones de inocuidad, que provea humedad, y facilite el desarrollo radicular. (Figura 14).



Figura 13. Selección de semillas.
Fuente. Elaboración propia



Figura 14. Alistamiento de germinador.
Fuente. Elaboración propia

De igual manera una distribución adecuada en el germinador, cubierta levemente, y con buenas condiciones de penumbra que estimulen la nacencia (figura 15); y un monitoreo permanente de las condiciones físicas siguiendo de cerca los signos y síntomas de posibles afectaciones fitosanitarias que se deben atender de manera prioritaria en esta fase fenológica (figura 16)



Figura 15.
Distribución de la semilla en el germinador.
Fuente.
Elaboración propia



Figura 16.
Monitoreo del germinador.
Fuente.
Elaboración propia

Posteriormente un adecuado trasplante del germinador al almácigo “enchapolado” en procura de mantener una posición vertical de la raíz y conservar su buen estado (figura 17), y continuar con un adecuado manejo cultural en la fase de almácigo (figura 18), en el llenado de las bolsas de éste se utilizó tierra del mismo lote, inoculada en una quinta parte con hongos formadores de micorriza, mediante el producto de marca MICOFERT, con el fin de mejorar la capacidad de exploración de las raíces de los colinos.



Figura 17.
Enchapolado
Fuente:
Elaboración propia



Figura 18.
Manejo cultural del almácigo.
Fuente.
Elaboración propia

8.2 ENMIENDAS MINERALES CON BASE EN ANÁLISIS:

Se calculó de acuerdo al factor de encalamiento propuesto por Castro (1998). Con el objetivo de subir el pH y disipar el efecto tóxico del aluminio; sin embargo se tuvo en cuenta las características particulares del café a este respecto. Castro (2003) refiere dos alternativas para hacer llevaderos los problemas de acidez: el uso de enmiendas, y el uso de las especies tolerantes. Por lo que la dosis utilizada de CaCO_3 en este trabajo fue calculada con base en estos dos criterios.

También es importante esta decisión por considerar otras cuestiones como la toma del fósforo por las plantas. Castro (1998) afirma: “en suelos ácidos con $\text{pH} < 5.5$, las plantas presentan deficiencia de fósforo debido a la fijación o insolubilización efectuada por parte del aluminio intercambiable” (p.184). De acuerdo con este planteamiento las enmiendas minerales (CaCO_3) se realizaron 2 meses antes de la primer fertilización con fósforo.

Al reportar < 5.5 de pH, se calculó la cal necesaria para disipar el efecto tóxico del Al, que de acuerdo al análisis su contenido fue de 1,49 meq/100g; Los cálculos se hicieron teniendo en cuenta la referencia de Espinoza y Molina (1999) de que 1 meq/100g de Al se neutraliza con 1 meq/100g de Ca, así:

1,49 meq/100g Al requiere 1,49 meq de Ca/100g de suelo

$$\text{miliequivalente Ca} = \frac{\text{Peso equivalente Ca}}{1000} = \frac{20,04\text{g}}{1000} = 0,02004 \text{ g}$$

$$\text{Peso equivalente} = \frac{\text{Peso atómico}}{\text{Valencias}} = \frac{40,08\text{g}}{2} = 20,04 \text{ g}$$

Por tanto se requieren 0,02004 g por cada 100 g de suelo, para neutralizar 1 meq de Al, pero el análisis reportó 1,49 meq/100g, entonces se necesitan (1,49 meq Ca x 0,02004g) 0,0298596 g de Ca por cada 100g de suelo; para calcular el requerimiento de Ca por sitio con el fin de precisar gastos se debió calcular el peso de la capa arable de cada sitio, y se estimó un área de influencia de la raíz de 25cm de \varnothing , así:

Peso de capa arable por sitio = Volumen de la capa arable x Densidad Aparente

Volumen de capa arable por sitio = $\pi \times r^2 \times$ profundidad del cultivo

En este trabajo se calculó para 30 cm de profundidad, en los que se encuentran el 80% de las raicillas que permiten el consumo de nutrientes de la planta de café (Arcila, 2007). Entonces:

Volumen de la capa arable por sitio = $\pi \times 12,5 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ cm} = 14.726 \text{ cm}^3$

Peso de la capa arable por sitio = $14.726 \text{ cm}^3 \times 1,41 \text{ g/cm}^3 = 20.763 \text{ g}$

Entonces:	g suelo		g Ca
	100	0,0298596	
	20.763	X	X = 6,19 g de Ca por árbol

Se requirieron 7 g de Ca por sitio de siembra. Se utilizó una cal viva con un 92% de pureza en CaCO_3 , El IPNI (2014) refiere que el CaCO_3 contiene un 40% de Ca puro. Por lo que se realizaron las siguientes conversiones:

Cal Viva (92%) -----> CaCO_3 ----x 40% -----> Ca "Puro"

	100g	92g	36,8g	
Entonces:	g Cal viva		g Ca "puro"	
	100		36,8	
	X		7	X = 19,02 g de Cal Viva por sitio

En términos prácticos se tomó la decisión de aplicar 20g de cal viva por sitio a preparar (figura 19), esta aplicación se hizo con tres semanas de anticipación a la siembra.

Figura 19. Aplicación de cal por sitios.

Fuente: Elaboración propia.



8.3 TRASPLANTE ADECUADO:

Se estimó la importancia de este paso en el establecimiento del cultivo teniendo en cuenta la selección del colino a llevar a campo definitivo, seleccionado por óptimas condiciones morfológicas, de las que se infieren unas buenas condiciones fisiológicas de la planta (figura 20); la selección del día de siembra con aspectos climáticos como poca lluvia, una humedad del suelo estimada un poco más baja que capacidad de campo, y el refuerzo en la inoculación con hongos formadores de micorriza a razón de 20 g por planta del producto comercial MYCOFERT (figura 21).



Figura 20. Colinos en óptimas condiciones.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Trasplante con inoculación.
Fuente: Elaboración propia.

8.4 APORTE DE MATERIA ORGÁNICA COMPOSTADA:

Se decidió aplicar compost a razón de 1 l por árbol al año (figuras. 22 y 23), esta materia orgánica aporta a su consistencia estructural, cementa los agregados, y disminuye su susceptibilidad al desleimiento. La materia orgánica evita la dispersión de las partículas minerales, y ayuda a su estabilidad (Duran, 2013). Con esta cementación de las partículas del suelo, conferida por el compost, se propendió por evitar el arrastre en dirección de la pendiente como erosión laminar. Esta decisión también se tomó con el fin de incrementar la capacidad de intercambio de cationes (5,31 meq/100g) a mediano plazo cuando esta materia orgánica lábil se convierta en materia orgánica humificada, Sadeghian (2008) manifiesta que la CIC para el cultivo de café en la etapa productiva se encuentra entre 3.0 - 6.0 $cmol.kg^{-1}$.

En este sentido una buena capacidad de intercambio catiónico ofrece a los suelos la ventaja de reservar nutrientes que, posteriormente, se suministrarán a la planta para suplir las demandas de aquellos que se requieren. Piedrahita (2011) expone que una buena CIC está sujeta a la aplicación de enmiendas que incluyan material alcalinizante y nutrientes, agregando mejoradores de la CIC (p.29), como mejor opción, materia orgánica.

De igual manera esta conclusión se da en aras de subir la disponibilidad de N, porque se estima que el 5% de su contenido está constituido por este elemento (Castro, 1998), de igual manera activar la dinámica biológica para la movilización de nutrientes a partir de la mineralogía del suelo; y en términos físicos incrementar el espacio poroso (meso y microporos) y la retención de agua disponible para los cultivos. En este sentido Salamanca & Sadeghian (2005) afirman que: “a medida que aumentan los contenidos de materia orgánica, mejora la retención de humedad del suelo y disminuyen los valores de resistencia a la penetración y de densidad” (p. 393).



Figura 22. Aporte de compost.
Fuente: Elaboración propia



Figura 23. Compost utilizado. **Fuente:** Elaboración propia.

El aporte de compost también es importante porque de manera indirecta disipa los efectos negativos de las texturas extremas al propiciar la actividad biológica que participa en la meteorización de las partículas edáficas, y disipan los problemas que presentan los extremos como en este caso las arenas que pueden representar un riesgo de resecaamiento del suelo.

8.5 CONTROL INTEGRAL DE ARVENSES

Se concluye que las arvenses se deben podar de manera superficial (guadañado), mientras no compitan considerablemente con el cultivo; esto ayudaría a mantener un “amarre” natural de los agregados del suelo (figuras 24 y 25) por su sistema radicular; de igual manera las estructuras emergentes de estas plantas (arvenses) antes de la poda, y los restos que quedan posteriormente, sean una barrera física y disminuyan la fuerza de impacto de las gotas de lluvia sobre los agregados, y esto evita que se dispersen micro partículas del suelo y sean más vulnerables al arrastre, disipando los riesgos por la media de pendiente que se determinó inicialmente.

Las arvenses controladas adecuadamente mantienen más tiempo la humedad en el suelo al disminuir la evaporación por que cubren el suelo, protegiéndolo de los rayos directos del sol; ese control incluyeron dos estándares básicos: mantener el plato despejado para evitar competencia por nutrientes y luz, y las calles con vegetación baja para evitar competencia por luz.



Figura 24. Manejo de arvenses, mediante poda.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 25. Uso de cortina para control focalizado de arvenses agresivas. **Fuente:** Elaboración propia.

Las arvenses son un aporte constante de biomasa que entra a los ciclos biogeoquímicos que incrementan la capacidad de carga del suelo para mejorar y mantener la producción (Acevedo, 2007).

8.6 FERTILIZACIÓN CON BASE EN RESULTADO DE ANÁLISIS

Una conclusión aparentemente obvia pero que en la práctica aún no es comprendida y apropiada como debe ser por los productores. Este trabajo pone en valor la importancia de este aspecto además de ejecutar acciones para la mejora y conservación de las condiciones edáficas, se consideran fundamentales las reacciones químicas y los elementos del suelo como la CIC, el pH, y la CE, se concluye entonces poner en el suelo los elementos necesarios (figura 26), de acuerdo con los requerimientos nutricionales del cafeto, el contenido de elementos en el suelo según el análisis, y las recomendaciones dadas por investigadores de CENICAFÉ.

Las dosis de la Tabla 2, corresponden a las recomendaciones sobre elementos mayores NPK según resultado del análisis de suelos; las fuentes comerciales fueron seleccionadas arbitrariamente por el autor, y con una eficiencia estimada de 50% para N, 35% para P_2O_5 y 65% para K_2O . (Sadeghian, 2008).

Tabla 2. Dosis de fertilización

Fuente	Formulación	Meses					
		2	4	6	8	10	12
Urea g/planta	60 – 0 – 0	7,5	7,5	28	11	11	22
DAP g/planta	18 – 46 – 0	7	7	0	8	8	0
KCl g/planta	0 – 0 – 60				6	6	
Agrimins	8 – 5 – 0 – 6	2	4	6	6	8	8

Fuente. Elaboración propia

Sobre los elementos menores se concluyó incluir en la mezcla un producto comercial complejo de elementos menores marca AGRIMINS (Figura 27), en las dosis dadas en la tabla 2. Y adicionalmente a este aporte de menores una aplicación mensual de caldo super 4 con B, Cu, Mn y Fe, que reportaron con nivel medio y bajo en el análisis. Esta aplicación se realizó de manera foliar porque presenta ventajas sobre la aplicación de fertilizante al suelo. El fertilizante aplicado a las hojas es absorbido en una elevada proporción, no inferior al 90%. Por el contrario los fertilizantes aplicados al suelo se pierden en un 50% o más, por diferentes motivos. Leite et al (citado por Gudiel & Girón 1996, p.8).

Esta conclusión también permite inferir que la salinidad de este suelo mantendrá en un nivel bajo, lo que significa que no será desfavorable en los procesos de toma de nutrientes de la solución del suelo por parte de la planta.



Figura 26. Aplicación de fertilizantes en mezcla física
Fuente: Elaboración propia.



Figura 27. Fertilizante complejo de elementos menores.
Fuente: Elaboración propia

8.7 ASOCIACIÓN DEL CULTIVO

La fronda del cafeto en sus primeras fases, y las distancias de siembra que en este caso fueron de 1,7m x 1,3m, hacen que el suelo quede expuesto directamente al impacto de las gotas de lluvia, provocando posiblemente erosión. Acevedo (2007) afirma que los procesos hidrológicos del agroecosistema, entre ellos la precipitación, es alterado por la vegetación. Representa una barrera física que disipa la fuerza de caída de éstas.

Por uno de los cultivos asociados como el frijol se puede plantear una implementación de la tecnología del abonamiento verde. En este sentido, García (2006) afirma: “Los abonos verdes suprimen el impacto directo de las lluvias en el suelo, y reducen el escurrimiento del agua superficial”. Lo que redundará en beneficio para evitar el arrastre laminar. En este trabajo se implementó un sistema asociado de maíz, frijol, yuca y plátano (Figura 28), que además de sus beneficios frente a la erosión, aportan al abastecimiento alimentario, y/o generación de ingresos adicionales.

También se pensó en esta alternativa por la diversidad biológica que puede potenciar, en este sentido se planteó que a más poblaciones asociadas probablemente menor riesgo a agentes fitopatógenos por el equilibrio que se puede presentar, y efectivamente la sanidad del cultivo no presentó afectaciones significativas.

Figura 28. Asociación de cultivos, café, maíz, frijol, plátano, yuca.

Fuente: Elaboración propia.



9. RECOMENDACIONES

- La rentabilidad desde todo punto de vista, incluyendo la conservación de la base de recursos (SUELO, agua, biodiversidad, oferta agroclimática, y talento humano) que sustenta el sistema productivo agrícola; se debe conseguir a partir de un diagnóstico integral con parámetros e indicadores estandarizados, que permitan una toma de decisiones objetivas, y que también permitan medir el avance o retroceso del sistema, y realimentar la labor como profesionales del campo.
- Una gestión objetiva, trazable, y en mejoramiento continuo permite resultados productivos más favorables (figura 29) que la gestión empírica, e improvisada del sistema.



Figura 29. Cultivo con 1 año de desarrollo post trasplante.

Fuente: Elaboración propia

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, A. (2007). *Agricultura Sustentable*. Colombia: Silueta.
- Alvarado, M. & Rojas, G. (1994). *Cultivo y beneficiado del café*. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=15qrSG51l4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Amézquita, C. (2001). Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos. En: Silva F. (ed.). *Fertilidad de Suelos, diagnóstico y control*. 2a. edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 137 - 154 p
- Arcila, J. (2007). *Crecimiento y desarrollo de la planta del café*. Chinchiná, Colombia.
- Arcila, Farfán, Moreno, Salazar & Hincapié (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Recuperado de http://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf
- Bertrand, B., & Rapidel, B. (1999). *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. Agroamerica.
- Burgos, A. (2016). *Potencial del sector caficultor en Colombia, Nariño y la importancia de la responsabilidad social para su crecimiento económico*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Calambas, R. (2009). Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo, en sistemas de producción de café orgánico y tradicional en los municipios de Caldono, Morales y Piendamó en el departamento del Cauca. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J. & Schiavo, H. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante uso de indicadores e índice. *Ciencia del suelo*, 25(2), 173-178.
- Castellanos, J. (2012). La Capacidad De Intercambio Catiónico del Suelo. Intagri, 1.
- Castro, H. (1998). *Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas*. Tunja, Boyacá: Produmedios.
- Cook, J., Álvarez, D. & Estrada, M. (2006). *RASTA, Rapid Soil and Terrain assessment. Guía práctica para la caracterización del suelo y del terreno*. Cali Colombia.
- Del pino, A. (2006). Acidez de suelos y encalado. Bdigital. Recuperado de http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/docs/acidez_encalado_impr.pdf

- Díaz, G., Cabrera, J., & Ruiz, M. (2009). Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 30(3), 40-46.
- Duran, F. (Ed.). (2013). *Rehabilitación del suelo agrícola con compostaje*. Colombia: Grupo Latino Editores.
- Duran, F. (Ed.). (2012). *Análisis de laboratorio de suelos y aguas*. Colombia: Grupo Latino Editores.
- Dussan, C., Duque, H., & González, J. (2007). Caracterización tecnológica de caficultores de economía campesina de los principales municipios cafeteros de Colombia.
- Fernández, R. (2006). Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Recuperado de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones>
- Ferreras, L., Magra, G., Besson, P., Kovalevski, E., & García, F. (2007). Indicadores de calidad física en suelos de la región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. *Ci Suelo*. 25(2), 159-172.
- Forsythe, W., Schweizer, S. (2001). La resistencia a la penetración y la tasa de infiltración como indicadores de las condiciones físicas de un suelo de Costa Rica. Memorias del XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Varadero, 11 al 16 de noviembre, 2001.
- González, G., Sánchez, I, & García, D. (2004) Relaciones entre el manejo del huerto de nogal y la porosidad del suelo. *Terra Latinoamericana*, 22, (3), 279-287.
- Gudiel, K. & Girón, V. (2016). Evaluación de frecuencias de aplicación de potasio foliar sobre el rendimiento de café; Universidad Rafael Landívar- facultad de ciencias ambientales y agrícolas. Quetzaltenango, México.
- Hanke, F. (2009). La nutrición de la planta y su problema en la agricultura. Tunja, Boyacá.
- Hudson, N. (1982). *Conservación del suelo*. Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=u137pQPXYGAC&pg=PA156&dq=profundidad+efectiva&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjldal_L7PAhVGWh4KHdbECXoQ6AEIlzAB#v=onepage&q&f=false
- Huerta, E. (2010). Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, y su relación con el crecimiento bacteriano. Universidad Autónoma de Querétaro, México.

- IGAC, (2010). El ABC de los suelos para no expertos. Bogotá, Colombia.
- Madero, E. (2013). Principios elementales de génesis y clasificación de suelos. En Ciencia del suelo, principios básicos. Bogotá Colombia.
- Muñoz, L. (2010, Febrero). Perspectivas de la caficultura colombiana. En *III Conferencia Mundial del Café*.
- Novoa, A. & Posner, J. (1981). *Agricultura de ladera en América tropical*. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=afcOAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA313&dq=medidas+de++concervacion+de+grandes+pendientes+para+cultivo+de+cafe&ots=R1FXqj3lJd&sig=B-149cqmRLIQRp0EKsiYVbLe2Xw#v=onepage&q&f=false>
- Ocampo, L. (2003). *Avalúo de fincas de café y cultivo de cítricos*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Manizales, Caldas, Colombia. ISBN 958-9322-81-6. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/40006/#sthash.FaMAttTy.dpuf>
- Piedrahita, O. (2011). Capacidad De Intercambio Catiónico.
- Parada, P. (2016). La cultura del trabajo en el campesinado cafetero colombiano: el caso de Caldas.
- Quijano, J. (2008). Importancia del análisis del suelo cafetalero. Caficultor, sea usted, el doctor de su cafetal, 2. Recuperado de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.procafe.com.sv/menu/ArchivosPDF/importancia_del_analisis_suelo_procafe.pdf
- Richards, L. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Washington, Unite States Department of Agriculture. Agriculture Handbook. 60:160 p
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Recuperado de: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Sadeghian, S. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: Guía práctica. Cenicafé, Boletín Técnico No 32. 43p. Chinchiná Colombia.

- Sadeghian, S. (2011). Respuestas de cafetales al sol y bajo semisombra a nitrógeno y su relación con la materia orgánica. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). Sede Planalto, km 4 vía Chinchiná Caldas, Colombia.
- Sadeghian, S., Mejía, B., & González, H. (2013). Acumulación de calcio, magnesio y azufre en los frutos de café (*coffea arabica l.*) variedad castillo. *Cenicafé* 64(1):7-18.
- Salamanca, J., Sadeghian, S., & Amézquita, C. (2004). Densidad aparente de dos suelos de la zona cafetera y efecto sobre el crecimiento del cafeto. *Cenicafé*, 55 (4), 330-340.
- Salamanca, J. & Sadeghian, S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 56 (4), 381-397.
- Silva, S. (2014). Evaluación de Impacto de los Programas de Renovación de Cafetales 2007-11: Efectos Sobre la Capacidad Productiva de los Caficultores Colombianos.
- Smith, D., Sims B. & O'Neil, D. (1994). *Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas*. Recuperado de https://books.google.co.in/books?id=fekOj0_rHswC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Suarez de Castro, F. (2001). *Conservación de suelos*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José de Costa Rica.
- Thompson, L. & Troeh, F. (1988). *Los suelos y su fertilidad*. Recuperado de <https://books.google.co.in/books?id=AegjDhEIVAQC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Universidad Nacional de Colombia. (1999). *Plan de ordenamiento territorial POT* (Vol. 2). Recuperado de: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico_ii_pitalito_\(132_pag_1182_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico_ii_pitalito_(132_pag_1182_kb).pdf)
- Varela, A. & Rueda, D. (2013). Organismos del suelo. En Ciencia del suelo principios básicos. Bogotá, Colombia.
- Valenzuela, I., & Torrente, A. (2013). *Ciencia del suelo, principios básicos*. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Anexo 1. Resultado de análisis químico del suelo

RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO

No. de Laboratorio **68869**
 Fecha de Recipión 2016 3 3
 Fecha de Resultado 2016 3 17

F LAB 13017
MVA

TEXTURA BOUYOUCCOS **FA**
 Arena 75,00 %
 Limo 18,00 %
 Arcilla 6,00 %

TEXTURA AL TACTO
 -

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 0,07 dS/m
 DENSIDAD APARENTE - g/cm3
 CAP. INTERCAMBIO CATIONICO EFECTIVA 5,31636 meq/100g
 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO 9,3 meq/100g

Arenoso	A
Arenoso Franco	A F
Franco Arenoso	F A
Franco	F
Franco Limoso	F L
Franco Arcilloso	F Ar
Franco Arcilloso Limoso	F Ar L
Franco Arcillo Arenoso	F Ar A
Arcilloso	Ar
Arcillo Arenoso	Ar A
Arcillo Limoso	Ar L

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	INTERPRETACION			
			RANGO ADECUADO		RESULTADOS	
pH	4,62	-	-	-	-	-
MATERIA ORGA.	1,75	%	-	-	-	-
NITROGENO (N)	0,09	%	0,25	0,50	-	BAJO
FOSFORO (P)	7,05	ppm	15,00	40,00	-	BAJO
POTASIO (K)	0,13	meq/100g	0,20	0,60	-	BAJO
MAGNESIO (Mg)	0,84	meq/100g	1,00	2,00	-	BAJO
CALCIO (Ca)	2,72	meq/100g	5,00	10,00	-	BAJO
ALUMINIO (Al)	1,49	meq/100g	0,10	1,00	-	ALTO
SODIO (Na)	0,14	meq/100g	0,10	1,00	-	MEDIO
AZUFRE (S)	11,58	ppm	5,00	10,00	-	ALTO
HIERRO (Fe)	33,13	ppm	10,00	50,00	-	MEDIO
BORO (B)	0,06	ppm	0,20	0,40	-	BAJO
COBRE (Cu)	0,49	ppm	1,00	4,00	-	BAJO
MANGANESO (Mn)	49,02	ppm	5,00	50,00	-	MEDIO
ZINC (Zn)	3,79	ppm	3,00	6,00	-	MEDIO
RELACIONES CATIONICAS						
Ca/Mg	3,24		3,00	6,00	-	MEDIO
Ca/K	20,45		15,00	30,00	-	MEDIO
Mg/K	6,31		10,00	15,00	-	BAJO
(Ca+Mg)/K	26,76		20,00	40,00	-	MEDIO
% Sat. De Na	2,54		5,00	15,00	-	BAJO
% Sat. De K	2,50		2,00	3,00	-	MEDIO
% Sat. De Ca	51,16		50,00	70,00	-	MEDIO
% Sat. De Mg	15,78		10,00	20,00	-	MEDIO
% Sat. De Sates	71,98		35,00	50,00	-	ALTO
% Sat. De Aluminio	28,02		10,00	50,00	-	MEDIO

MÉTODOS ANALITICOS
 Aluminio Intercambiable * Expresado en términos de ácidos
 Azufre Turbidimétrico, extracción fufato monobásico de calcio 0,008M
 Boro Colorimétrico (Ascometra II), extracción fufato monobásico de calcio 0,008M
 Bases de cambio Absorción Atómica, Extracción con acetato de amonio
 Capacidad de Intercambio catiónico Valoración ácido base, Extracción con acetato de amonio
 Conductividad Eléctrica Electrométrico, extracto de saturación
 Nitrógeno disponible Colorimétrico, Bray II
 Micronutrientes Absorción Atómica, Extracción con DTPA
 Materia Orgánica Walkley Black
 pH Potenciométrico, reacción sulfato de zinc
 Textura Al Tacto o Bouyouccos según método



con ciencia por el agro

Apreciado Cliente: A partir de la fecha de emisión de los resultados, usted cuenta con sesenta (60) días para hacer alguna observación al respecto, el durante este tiempo no se recibe ninguna información de su parte; AGROSOCOL LAB asume la conformidad de los resultados del análisis.

Calle 30 N. 2-20 Entrada 2 Cazuca - Tel.: 619-4300 777-2411
 laboratorio@agrosoil.com.co - www.agrosoil.com.co
AURA MARCELA NIÑO R.
 Química - Colombia
 QUÍMICA PQ 2088 - LIDER DE LABORATORIO